

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

**ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E
DELTA DO JACUÍ**

ELISABETE WEBER RECKZIEGEL

Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Porto Alegre - 2018

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

**ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E
DELTA DO JACUÍ**

ELISABETE WEBER RECKZIEGEL

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andrea Valli Nummer (Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFSM)

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber (Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRGS)

Prof. Dr. Roberto Verdum (Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRGS)

Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial para a obtenção do
título de Doutora em Ciências.

Porto Alegre - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Reckziegel, Elisabete Weber

Áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. /
Elisabete Weber Reckziegel. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018.
[161 f.] il.

Tese (Doutorado).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de
Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2018.

Orientador(es): Jair Weschenfelder

1. Inundação. 2. Risco. 3. Lago Guaíba. 4. Delta do Jacuí. I.
Título.

CDU 556.3

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela fé, força e proteção.
- À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências pela oportunidade de realizar o Doutorado.
- Ao professor Dr. Jair Weschenfelder pela orientação, confiança e dedicação dispensada durante a realização do Doutorado.
- Aos professores Dr^a. Andrea Valli Nummer, Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber e Dr. Roberto Verdum pelo aceite em compor a banca examinadora da tese e pelas contribuições.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro no início do curso.
- Ao Thiago pelo carinho, companheirismo e por estar ao meu lado em mais esta etapa. Ao meu filho Gabriel por tornar os dias mais alegres.
- À minha irmã Bernadete pelo suporte e pelo incentivo. Aos meus pais pelo estímulo.
- À Regina, Ricardo, Adilson, Rodrigo, Daiane e Guilherme pela torcida.
- À Dionara e Bernardo pela amizade e incentivo.
- Ao Arquivo de Jornais do Correio do Povo por disponibilizar o acervo para consulta e ao Ramon Ferreira pela atenção dispensada.
- À Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH), ao Centro Integrado de Comando (CEIC) de Porto Alegre e à Secretaria Municipal de Urbanismo (SMURB) de Porto Alegre pela disponibilização de dados.
- À Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN), pela disponibilização das ortofotos e cartas. Ao geógrafo Vagner Mengue pela atenção dispensada.
- Aos colegas da Sala de Situação do CEMADEN pelo incentivo e contribuições.
- A todos que participaram desta trajetória.

Muito Obrigada!!!

RESUMO

As áreas urbanas dos municípios situados no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, no estado do Rio Grande do Sul (Brasil), são atingidas frequentemente por inundações, tornando-se fundamental a delimitação das áreas com risco de inundação. O risco inclui a avaliação do potencial de ocorrência das inundações e a avaliação da vulnerabilidade da população exposta aos eventos. Nesta pesquisa foi organizado um histórico de ocorrências de inundação e avaliada a distribuição espacial e temporal destes eventos. Foram delimitadas áreas com suscetibilidade a partir de variáveis do ambiente no qual está inserida a área de estudo. As áreas com perigo foram definidas a partir do tempo de retorno das inundações e pela presença ou inexistência de sistemas de proteção nas áreas com suscetibilidade. A vulnerabilidade foi definida com base na avaliação da exposição das moradias e estruturas do entorno e também com base em indicadores socioeconômicos da população exposta. A delimitação das áreas com risco de inundação foi realizada a partir da integração das informações de perigo e vulnerabilidade. Os resultados indicam que no período 1940-2015 foram registradas 46 inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, predominando aquelas classificadas como de baixa e média intensidade. Constatou-se que a partir da década de 1970 há redução das ocorrências de inundação nos bairros localizados no centro e no norte de Porto Alegre e aumento no número de registros na porção sul deste município e em Eldorado do Sul. Nas áreas com alta suscetibilidade as declividades são inferiores a 5% e as altitudes menores que 2 metros, a litologia é constituída por depósitos de origem aluvial, colúvio-aluvial e de planície lagunar e há registro de áreas inundadas. Estas áreas estão localizadas principalmente nas ilhas do Delta do Jacuí e junto à foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba. As áreas que apresentam restrição ambiental legal para ocupação abrangem aproximadamente 70% das áreas com alta suscetibilidade. Nas áreas com perigo alto o tempo de retorno das inundações é inferior a 10 anos e não apresentam sistema de proteção; já as áreas com perigo baixo apresentam sistemas de proteção. A expansão da ocupação urbana nas áreas com perigo de inundação ocorre em todos os municípios situados no entorno do Lago Guaíba principalmente a partir de 1970. Nas áreas com alta vulnerabilidade as moradias apresentam baixo padrão construtivo e precário estado de conservação, o acesso a serviços essenciais são limitados, a renda dos domicílios é inferior a um salário mínimo mensal e há elevado percentual de crianças ou idosos. As áreas com risco de inundação totalizam 40 km², destes 7 km² apresentam risco alto. As áreas com risco alto estão localizadas nas ilhas do Delta do Jacuí, porções dos bairros Belém Novo, Centro, Cristal, Farrapos, Guarujá, Humaitá, Lami, Marcílio Dias, Navegantes e Serraria em Porto Alegre, porções dos bairros Cidade Verde, Medianeira, Picada, Sans Souci, Sol Nascente e Vila da Paz em Eldorado do Sul e porções do bairro Passo Fundo e da Vila Ipê em Guaíba. A delimitação das áreas com risco é importante para a gestão das inundações. Além disso, indica os locais prioritários para o planejamento e monitoramento durante a ocorrência dos eventos.

Palavras-chave: Inundação; Risco; Lago Guaíba; Delta do Jacuí.

ABSTRACT

The urban areas of the municipalities located around Guaíba Lake and Jacuí Delta, in the state of Rio Grande do Sul (Brazil), are frequently hit by floods, making it essential to delimit flood risk areas. The risk includes assessing the potential for occurrence of floods and assessing the vulnerability of the population exposed to the events. In this research, a history of flood occurrence and the spatial and temporal distribution of these events were assessed. Areas with susceptibility were delineated from variables of the environment in which the study area is inserted. Hazard areas were defined from the time of return of floods and the presence or absence of protective systems in areas with susceptibility. Vulnerability was defined based on the assessment of the exposure of dwellings and surrounding structures and also based on socioeconomic indicators of the exposed population. The delimitation of areas with flood risk was done by integrating the information of hazard and vulnerability. The results indicate that during the period 1940-2015, 46 floods were recorded at Guaíba Lake and Jacuí Delta, most of them classified as low or medium intensity. Starting in the 1970s, we verified that there was a reduction in flood occurrences in the neighborhoods located in the center and north of Porto Alegre and an increase in the number of records in the southern portion of this municipality and in Eldorado do Sul. In areas with high susceptibility, the slopes are less than 5% and the altitudes less than 2 meters; the lithology consists of deposits of alluvial, colluvial-alluvial and lagoon plains, where floods have been recorded. These areas are located on the islands of the Jacuí Delta, and near the mouth of the tributary streams of Guaíba Lake. The areas that present environmental restriction for occupancy cover approximately 70% of the areas with high susceptibility. In high hazard areas, the flood return time is less than 10 years and does not have a protection system; whereas the areas with low hazard present protection systems. The expansion of urban occupation in hazard areas occurred in all municipalities located around Guaíba Lake mainly since 1970. In areas with high vulnerability, housing has a low constructive pattern and a precarious state of conservation, access to essential services are limited, household income is less than a monthly minimum wage and there is a high percentage of children or the elderly. Flood risk areas total 40 km², of which 7 km² are at high risk. High risk areas are located on the islands of the Jacuí Delta, portions of the neighborhoods Belém Novo, Centro, Cristal, Farrapos, Guarujá, Humaitá, Lami, Marcílio Dias, Navegantes and Serraria in Porto Alegre; portions of the neighborhoods Cidade Verde, Medianeira, Picada, Sans Souci, Sol Nascente and Vila da Paz in Eldorado do Sul and portions of the neighborhood of Passo Fundo and Vila Ipê in Guaíba. The delimitation of areas at risk is important for flood management. In addition, it indicates the priority locations for planning and monitoring during the occurrence of such events.

Keywords: Flood; Risk; Guaíba Lake; Jacuí Delta.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULOS 1 e 2

Figura 1:	Localização da área de estudo	17
Figura 2:	Localização das ilhas no Delta do Jacuí	18
Figura 3:	Rosas dos ventos anuais. Frequência X Direção	22
Figura 4:	Evolução da divisão territorial	23
Figura 5:	Bacias da Região Hidrográfica do Guaíba	28
Figura 6:	Altitudes da Região Hidrográfica do Guaíba	28
Figura 7:	Compartimentação geomorfológica da Região Hidrográfica do Guaíba	28
Figura 8:	Tipologia climática da Região Hidrográfica do Guaíba	28
Figura 9:	Perfil esquemático do processo de enchente e inundação	30
Figura 10:	Perfil esquemático das inundações costeiras	31
Figura 11:	Perfil esquemático do processo de inundação lacustre	31
Figura 12:	Localização das estações fluviométricas	43
Figura 13:	Principais etapas realizadas para a organização do histórico	45
Figura 14:	Principais etapas realizadas para a definição da suscetibilidade	46
Figura 15:	Principais etapas realizadas para a definição do perigo	46
Figura 16:	Principais etapas realizadas para a definição da vulnerabilidade	47
Figura 17:	Principais etapas realizadas para a definição do risco	48
Figura 18:	Principais etapas realizadas para a elaboração da tese	48

CAPÍTULO 3

Figura 1:	Localização da área de estudo	53
Figura 2:	Distribuição anual das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	56
Figura 3:	Distribuição por década das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ..	57
Figura 4:	Distribuição mensal das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	57
Figura 5:	Cotas fluviométricas máximas anuais na estação Praça da Harmonia (1940-2015) e na estação Ilha da Pintada (1985-2015)	59
Figura 6:	Intensidade e frequência das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	60

Figura 7:	Duração das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	61
Figura 8:	Locais com registro de inundação na década de 1940	63
Figura 9:	Locais com registro de inundação na década de 1950	64
Figura 10:	Locais com registro de inundação na década de 1960	66
Figura 11:	Locais com registro de inundação na década de 1970	67
Figura 12:	Locais com registro de inundação na década de 1980	69
Figura 13:	Locais com registro de inundação na década de 1990	70
Figura 14:	Locais com registro de inundação na década de 2000	73
Figura 15:	Locais com registro de inundação no período 2010-2015	75
Figura 16:	Pontos com registro de inundação antes de 1970	76
Figura 17:	Pontos com registro de inundação após 1970	76
Figura 18:	Municípios atingidos pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ...	77
Figura 19:	Mapa de densidade de ocorrência de inundação no período 1940-2015	78

CAPÍTULO 4

Figura 1:	Localização da área de estudo (Modelo Digital de Elevação do SRTM)	84
Figura 2:	Altitudes do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	88
Figura 3:	Declividades do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	89
Figura 4:	Topografia do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	90
Figura 5:	Unidades geológicas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	91
Figura 6:	Áreas inundadas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	92
Figura 7:	Suscetibilidade a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	94
Figura 8:	Área com suscetibilidade nos municípios	95
Figura 9:	Sentido predominante do vento durante a ocorrência de inundações	96
Figura 10:	Velocidade máxima do vento durante a ocorrência de inundações	96
Figura 11:	Ondas no Lago Guaíba que avançam no calçadão de Ipanema	97
Figura 12:	Mapa de Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente nas áreas suscetíveis a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	98
Figura 13:	Área (km ²) de APPs e UCs nos locais com suscetibilidade a inundação	99

CAPÍTULO 5

Figura 1:	Localização da área de estudo	107
Figura 2:	Síntese das etapas realizadas	112
Figura 3:	Sistema de proteção contra inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ..	113
Figura 4:	Tempo de retorno das inundações	114
Figura 5:	Áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	116
Figura 6:	Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 1956	118
Figura 7:	Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 1971	118
Figura 8:	Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 2015	118
Figura 9:	Ilha Grande dos Marinheiros e do Pavão - Delta do Jacuí	120
Figura 10:	Bairro Serraria - Porto Alegre	120
Figura 11:	Classes de uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação	121
Figura 12:	Mapa de uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	122
Figura 13:	Variáveis adotadas para a caracterização do acesso a serviços essenciais nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	124
Figura 14:	Variáveis socioeconômicas adotadas para a caracterização da vulnerabilidade nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	126
Figura 15:	Aglomerados subnormais nas áreas com perigo de inundação	128
Figura 16:	Vulnerabilidade a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	129
Figura 17:	Risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	130
Figura 18:	Extensão das áreas com risco de inundação nos municípios	131
Figura 19:	Detalhe das áreas com risco do Lago Guaíba e Delta do Jacuí	132

CAPÍTULO 6

Figura 1:	Integração das variáveis para a definição do risco de inundação	141
Figura 2:	Integração dos registros de eventos e áreas com risco de inundação	143

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULOS 1 e 2

Tabela 1:	Área de contribuição das bacias na Região Hidrográfica do Guaíba	26
Tabela 2:	Aplicações de imagens de sensores remotos no estudo de inundações ..	40

CAPÍTULO 3

Tabela 1:	Intensidade e frequência das inundações	55
-----------	---	----

CAPÍTULO 4

Tabela 1:	Síntese das informações para a definição da suscetibilidade	87
Tabela 2:	Datas de ocorrência de inundação	96

CAPÍTULO 5

Tabela 1:	Variáveis adotadas para a definição da vulnerabilidade	111
Tabela 2:	Integração das informações para a definição do risco de inundação	111
Tabela 3:	População dos municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ...	117

CAPÍTULO 6

Tabela 1:	Síntese do número de pessoas e moradias atingidas pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí no período 1940-2015	138
-----------	---	-----

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
CBERS – China-Brazil Earth Resources Satellite
CEIC – Centro Integrado de Comando
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DEP – Departamento de Esgotos Pluviais
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISDR – International Strategy for Disaster Reduction
LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite
MDE – Modelo Digital de Elevação
METROPLAN – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MNDWI – Modified Normalized Difference Water Index
MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDWI – Normalized Difference Water Index
PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental
PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEMA – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SMURB – Secretaria Municipal de Urbanismo
SPH – Superintendência de Portos e Hidrovias
SPOT – Système Pour l'Observation de la Terre
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission
TM – Thematic Mapper
TR – Tempo de Retorno
UC – Unidade de Conservação

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE SIGLAS.....	7
SUMÁRIO.....	8
ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA TESE	11
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	12
1.1. Considerações iniciais	12
1.2. Justificativa	13
1.3. Hipóteses.....	15
1.4. Objetivos.....	15
1.5. Área de estudo	16
1.5.1. <i>Evolução da divisão territorial dos municípios</i>	22
1.5.2. <i>Ocupação do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí</i>	23
1.5.3. <i>Região Hidrográfica do Guaíba</i>	26
1.6. Referencial teórico	28
1.6.1. <i>Inundações</i>	29
1.6.2. <i>Ocupação das áreas com suscetibilidade a inundação</i>	31
1.6.3. <i>Estudo das inundações</i>	34
1.6.4. <i>Risco de inundação</i>	36
1.6.5. <i>Ferramentas de apoio para o estudo das inundações</i>	39
CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS	42
2.1. Levantamento de dados.....	42
2.2. Síntese das etapas operacionais	44

CAPÍTULO 3 - DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES NO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS).....	50
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. ÁREA DE ESTUDO	52
3. METODOLOGIA	53
4. RESULTADOS	55
4.1. Dinâmica temporal das inundações	55
4.1.1. <i>Intensidade e frequência dos eventos</i>	60
4.2. Dinâmica espacial das inundações	61
4.2.1. <i>Década de 1940</i>	61
4.2.2. <i>Década de 1950</i>	63
4.2.3. <i>Década de 1960</i>	65
4.2.4. <i>Década de 1970</i>	66
4.2.5. <i>Década de 1980</i>	68
4.2.6. <i>Década de 1990</i>	69
4.2.7. <i>Década de 2000</i>	71
4.2.8. <i>Período 2010 - 2015</i>	73
4.2.9. <i>Locais atingidos pelas inundações</i>	75
5. CONCLUSÕES.....	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CAPÍTULO 4 - SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES ASSOCIADAS AO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS).....	81
1. INTRODUÇÃO.....	83
2. ÁREA DE ESTUDO	84
3. METODOLOGIA	85
4. RESULTADOS	87
4.1. Topografia do entorno.....	87
4.2. Unidades geológicas.....	90

4.3. Áreas inundadas.....	91
4.4. Suscetibilidade a ocorrência de inundações	93
4.5. Áreas de conservação e proteção em locais com suscetibilidade a inundaçã.....	97
5. CONCLUSÕES.....	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL/BRASIL.....	103
1. INTRODUÇÃO.....	105
2. ÁREA DE ESTUDO	106
3. METODOLOGIA.....	108
4. RESULTADOS	112
4.1. Sistemas de proteção	112
4.2. Tempo de retorno (TR)	114
4.3. Perigo de inundaçã.....	115
4.4. Expansão urbana nas áreas com perigo de inundaçã.....	117
4.5. Uso e ocupação nas áreas com perigo de inundaçã.....	121
4.6. Vulnerabilidade	123
4.7. Risco de inundaçã	130
5. CONCLUSÕES.....	133
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
6.1. Análise integradora.....	137
6.2. Conclusões.....	144
CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DA TESE

A tese de doutorado está estruturada em 7 capítulos, sendo os capítulos 3, 4 e 5 organizados na forma de artigos, conforme determina a Norma 103 do Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO/UFRGS).

No Capítulo 1 consta a introdução e a apresentação dos objetivos da pesquisa, assim como, a descrição da área de estudo e o referencial teórico sobre a temática do estudo das inundações.

No Capítulo 2 estão descritos os procedimentos adotados para o levantamento de dados e a síntese das etapas realizadas para o desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 3 é apresentada a análise da distribuição temporal e espacial das ocorrências de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí para o período 1940-2015.

No Capítulo 4 consta a delimitação da suscetibilidade a ocorrência de inundação com base em variáveis do ambiente no qual está inserida a área de estudo e com base nos locais com registro de eventos.

No Capítulo 5 é apresentada a delimitação das áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí a partir da integração dos dados de perigo e de vulnerabilidade.

No Capítulo 6 constam a análise integradora da tese de doutorado e as conclusões.

No Capítulo 7 estão listadas as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração dos Capítulos 1 e 2 da pesquisa.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Neste Capítulo consta a introdução sobre o tema da tese de doutorado, as justificativas e os objetivos do trabalho, a caracterização da área de estudo e o referencial teórico sobre a abordagem da pesquisa.

1.1. Considerações iniciais

As inundações ocorrem devido ao transbordamento dos corpos hídricos para as margens e áreas do entorno em decorrência de um evento meteorológico de intensa precipitação pluviométrica na bacia de um curso de água e seus tributários. As áreas no entorno dos cursos de água estão suscetíveis a ocorrência de eventos de inundação.

A expansão urbana em áreas suscetíveis a inundação ocorre historicamente. Com o desenvolvimento das cidades estes locais foram ocupados desordenadamente, muitas vezes, sem a implantação de medidas de proteção e, quando ocorrem eventos de inundação, podem ocorrer danos para a população afetada.

Dessa forma, a avaliação do risco de inundação torna-se fundamental para a identificação dos locais com maior exposição em relação às inundações. O risco, de acordo com BRASIL (2016), corresponde ao potencial de ocorrência de evento adverso sob um cenário vulnerável.

No Lago Guaíba e Delta do Jacuí há histórico de ocorrência de eventos de inundação. Entre os eventos históricos, destaca-se a inundação do ano de 1941, quando as águas do Lago Guaíba, de acordo com DEP (2017), atingiram a cota fluviométrica de 4,75 metros, em decorrência de aproximadamente 20 dias contínuos de chuva. Nesta inundação, com base em Guimaraens (2009), em Porto Alegre houve 15 mil residências inundadas, atingindo 70 mil pessoas e cerca de 200 indústrias de um total de 600 estabelecimentos comerciais teriam sido inundados. O valor dos prejuízos, de acordo com o autor, alcançou mais de 30 milhões de dólares.

Além deste evento de 1941, ocorreram picos históricos de cheia do Guaíba em 1873 (3,5 metros), 1914 (2,60 metros), 1928 (3,20 metros), 1936 (3,22 metros) e 1967 (3,13 metros), de acordo com DEP (2017). Ainda, nos anos de 1984 e 2015 foi registrada a cota fluviométrica de 2,60 e 2,94 metros, respectivamente, ocasionando inundação nos municípios situados nas margens do Lago Guaíba e nas ilhas do Delta do Jacuí.

Dessa forma, diante da relevância do tema associado as inundações, é fundamental a delimitação das áreas com potencial de serem atingidas, assim como, a avaliação dos locais em que os danos e impactos causados pelos eventos podem ser mais significativos. Neste contexto, esta pesquisa tem por objetivo delimitar as áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí a partir da avaliação das áreas com perigo de inundação e com base na vulnerabilidade da população e das ocupações urbanas.

Para tanto, foi organizado um histórico de registros de inundação e avaliada a distribuição espacial e temporal destes eventos. Foram delimitadas áreas com suscetibilidade com base em variáveis do ambiente no qual a área de estudo está inserida e áreas com perigo considerando o potencial de ocorrência dos eventos. As áreas vulneráveis foram definidas a partir da avaliação do grau de exposição da população e das moradias diante das inundações.

1.2. Justificativa

No Delta do Jacuí está localizado o exutório de importantes rios do estado do Rio Grande do Sul (rios Caí, Gravataí, Jacuí e Sinos), cujas águas afluem para o Lago Guaíba, fazendo com que este corpo hídrico aumente o nível de água em períodos de intensa precipitação pluviométrica na bacia de contribuição. Além disso, a predominância de relevos planos e de baixas altitudes no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí favorecem a ocorrência das inundações.

De acordo com o DEP (2017), as cheias que ocorrem no Lago Guaíba são decorrentes de vários fatores ambientais inter-relacionados, principalmente das chuvas intensas que ocorrem nas cabeceiras dos rios afluentes juntamente com o efeito de represamento decorrente do vento sul.

Neste contexto, Assis (1960) menciona que descendo a Serra Geral, as águas oriundas da região mais chuvosa do estado, para alcançar o Atlântico tem de se reunir, em primeiro lugar, no Guaíba que assim constitui verdadeiro ponto de estrangulamento para o seu rápido escoamento. Procurando a saída para o mar, a mais de 300 km de Porto Alegre, as águas infletem violentamente para o sul, atravessando então o Guaíba e a Lagoa dos Patos. Por outro lado, a estreita saída para o mar – o canal de Rio Grande – a Lagoa dos Patos e o Guaíba sofrem ainda os efeitos do vento sul, que ajuda a represar as águas, provocando a elevação do seu nível (ASSIS, 1960).

Conforme indicado no estudo desenvolvido por Reckziegel (2007) que realizou o levantamento dos desastres naturais no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980–2005, os municípios situados no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí são atingidos frequentemente por inundações. Risso e Giugno (1994) também identificaram áreas de inundação, alagamento e banhado na região metropolitana de Porto Alegre, incluindo aquelas do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. Além disso, o mapeamento das áreas com potencial de risco realizado para Eldorado do Sul e Porto Alegre (CPRM, 2012) indica a presença de áreas de risco de inundação nestes municípios.

Em relação aos sistemas de proteção existentes, implantados na década de 1970, estes não abrangem todo o entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí e a ocorrência de inundações pode afetar áreas ocupadas que não são protegidas. Além disso, em caso de não funcionamento do sistema de proteção uma significativa porção da área urbanizada situada nas margens poderia ser inundada.

Dessa forma, a escolha das inundações como tema da pesquisa e do Lago Guaíba e Delta do Jacuí como área de estudo justifica-se pela existência do problema e pelo potencial da área ser impactada por estes eventos. Neste sentido, o mapeamento do risco pode indicar os locais onde medidas de controle e mitigação devem ser direcionadas visando a redução de perdas e danos das populações em decorrência das inundações.

1.3. Hipóteses

Para a tese foram consideradas as seguintes hipóteses:

A ocupação decorrente do processo de urbanização nas áreas planas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, suscetíveis a ocorrência de eventos de inundação, sem o planejamento adequado, provocou o surgimento de áreas com risco de inundação.

Também foi considerada a hipótese de que a expansão das ocupações em locais com maior suscetibilidade de inundações ocorre pela falta de acesso da população às áreas mais seguras e livre das inundações. Esta população ocupa terrenos marginais caracterizados pelo alto risco e pela recorrência de inundação.

Além disso, considerou-se que a implantação de medidas estruturais de proteção reduzem os registros de inundação nas áreas suscetíveis, ao mesmo tempo em que intensificam o processo de urbanização nestes locais.

1.4. Objetivos

O objetivo geral da tese consiste em delimitar as áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, no Rio Grande do Sul.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- ✓ Organizar um histórico de registros de inundações¹ do Lago Guaíba e Delta do Jacuí para o período de 1940-2015 e analisar a distribuição espacial e temporal destes eventos;

¹ Foram consideradas as inundações que provocaram danos ou perdas nas áreas atingidas.

- ✓ Delimitar as áreas suscetíveis as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí a partir de variáveis do ambiente no qual a área de estudo está inserida e com base no mapeamento das áreas inundadas;

- ✓ Delimitar as áreas com perigo de inundação e avaliar a vulnerabilidade da população e das ocupações urbanas e ribeirinhas expostas a estes eventos.

1.5. Área de estudo

A área de estudo corresponde ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí e seu entorno. Está localizada na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente, entre as coordenadas 29°55'56"S e 30°21'24"S de latitude e 51°19'51"W e 51°1'29"W de longitude (Figura 1). O Lago Guaíba limita-se com os municípios de Porto Alegre à leste, Viamão à sudeste, Eldorado do Sul à noroeste, Guaíba e Barra do Ribeiro à oeste. No sul conecta-se com a Lagoa dos Patos, que possui ligação com o Oceano Atlântico. Ao norte do Delta do Jacuí, localizam-se os municípios de Canoas, Nova Santa Rita e Triunfo.

No entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí estão localizadas as áreas urbanas dos municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul, Guaíba e Porto Alegre. Conforme indicado no censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), nestas áreas urbanas reside uma população de aproximadamente 1.542.506 habitantes. Além disso, na margem leste do Lago Guaíba, localiza-se o distrito de Itapuã (pertencente ao município de Viamão) que possui aproximadamente 5.300 pessoas residentes.

O Lago Guaíba possui aproximadamente 50 km de extensão no sentido norte-sul e largura variável, de 1 a 18 km, no sentido leste-oeste, abrangendo uma área em torno de 485 km². Recebe as águas de importantes rios do estado do Rio Grande do Sul, como Rio Caí, Rio Gravataí, Rio Jacuí e Rio dos Sinos que formam o Delta do Jacuí, além de arroios situados nas suas margens leste e oeste.

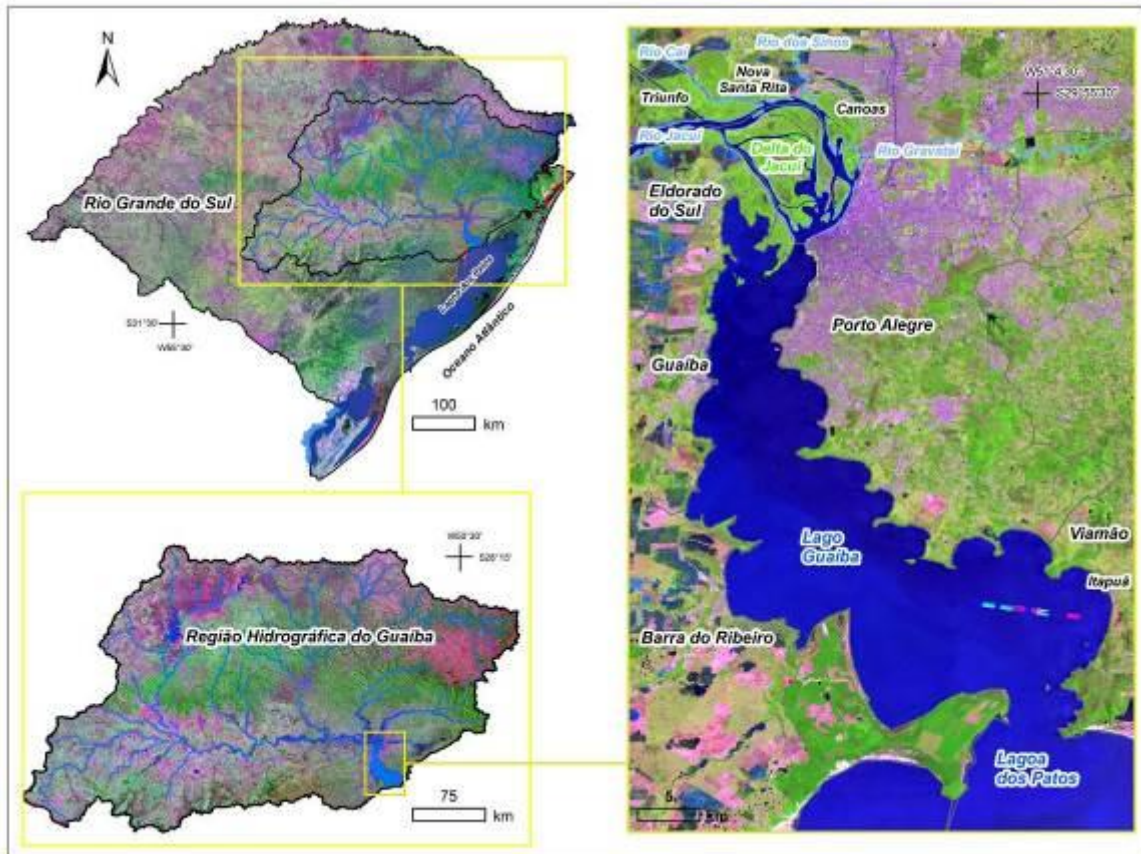


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Imagens do satélite Landsat disponibilizadas pelo INPE.

De acordo com o DMAE (2017) a vazão do Lago Guaíba é de 1,2 milhões de litros/segundo. Com base em Toldo Jr. e Almeida (2009) o tempo de residência das suas águas, entre a Usina do Gasômetro e a Ponta de Itapuã, é em média de 10 dias.

No Delta do Jacuí está localizado um arquipélago de ilhas, como a Ilha das Flores, Ilha Grande dos Marinheiros, Ilha do Pavão, Ilha da Pintada e Ilha da Casa da Pólvora (Figura 2). De acordo com Moura e Dias (2012), os rios Jacuí, Sinos, Caí e Gravataí, ao desaguardem no Guaíba (um grande reservatório de água), diminuem a sua competência, ocorrendo depósito de material areno-argiloso, formando bancos submersos de areia e lama. Ainda de acordo com as autoras, esses bancos evoluem até formar ilhas recortadas por inúmeros canais distributários.



Figura 2: Localização das ilhas no Delta do Jacuí.
 Fonte: Imagem de satélite disponibilizada pelo Google Earth (8/5/2017).

A região onde se localiza o Delta é bastante plana, portanto, com declividade muito pequena, que, em época de estiagem proporciona velocidades extremamente baixas (IPH, 1976). Neste contexto, Moura e Dias (2012) mencionam que as Planícies Deltaicas são áreas de terras baixas, alagadiças, com canais anastomosados, apresentam areias inconsolidadas de idade holocênica. Ainda de acordo com as autoras em seu interior existem banhados, meandros abandonados e indícios de paleocanais.

Em relação às margens do Lago Guaíba, estas são recortadas por pontas e enseadas. Na margem leste, as pontas são prolongamentos de espigões graníticos e também ocorrem como elevações rochosas isoladas. Na margem oeste, contudo, elas são comumente arenosas (MENEGATT, 1998). Com relação às enseadas do Lago Guaíba, para Moura e Dias (2012), estão relacionadas a circulação interna das águas e conseqüente erosão e deposição dos sedimentos.

Na margem leste do Lago Guaíba destacam-se também as formas de aterro que ocorrem no município de Porto Alegre. De acordo com Moura e Dias (2012), o aterro de Porto Alegre foi construído pela deposição de material retirado de outras áreas e do remanejamento de material do próprio local. Esse padrão é composto por uma alongada faixa plana, criada à margem leste do Guaíba. É uma forma construída a partir do aterramento e retificação da orla. Configura-se em uma superfície plana com declividade inferior a 2% e altitudes de, no máximo, 30 metros (MOURA e DIAS, 2012).

Neste contexto, Hausman (1961) menciona que a primeira ocupação foi o aterro da ponta da Cadeia, para a construção do cárcere (1855) seguindo-se no mesmo ano o aterro para a abertura da Rua 7 de setembro. Ainda de acordo com o autor, um logradouro público é construído em 1860, à Praça da Harmonia seguindo-se o Mercado Público em 1864, todos eles construídos sobre áreas conquistadas ao Guaíba.

Com relação à geologia da região, a área de estudo está inserida na Província Costeira do Rio Grande do Sul, proposta por Villwock (1972). De acordo com Villwock e Tomazelli, (2006) dois grandes elementos geológicos constituem a Província Costeira do Rio Grande do Sul: o Embasamento e a Bacia de Pelotas que sobre ele se instalou.

O pacote sedimentar que se acumulou na Bacia de Pelotas assenta sobre rochas antigas que constituem seu embasamento. Em sua maior parte elas pertencem ao Escudo Sul-Rio-Grandense, parte integrante da Plataforma Sul-Americana. Ao norte do paralelo que passa pela cidade de Porto Alegre, ele repousa sobre as seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas, integrantes da Bacia do Paraná (VILLWOCK e TOMAZELLI, 2006).

Dois grandes compartimentos geomorfológicos integram a Província Costeira, o das Terras Altas e o das Terras Baixas. As Terras Altas agrupam o Escudo Sul-Rio-Grandense, a Depressão Central Gaúcha e o Planalto das Araucárias. Planície Costeira e Plataforma Continental constituem as Terras Baixas. Sedimentos clásticos terrígenos provenientes da dissecação do primeiro chegam ao segundo onde, sob a ação dos processos costeiros, ventos, ondas, correntes e variações do nível do mar, acumulam-se numa ampla variedade de ambientes deposicionais transicionais e marinhos (VILLWOCK e TOMAZELLI, 2006).

Ainda com relação ao relevo, de acordo com o mapeamento de IBGE (2003), a geomorfologia no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, está associada aos Domínios Morfoestruturais de Depósitos Sedimentares e de Embasamentos em Estilos Complexos. Associado ao Domínio de Depósitos Sedimentares ocorrem as Regiões Geomorfológicas Planície Costeira Interna (Unidade de Planície Lagunar) e Planície Continental (Unidade Planície Alúvio-Coluvionar). Associado ao Domínio de Embasamentos em Estilos Complexos ocorre a Região Geomorfológica Planalto Sul Rio-grandense (Unidade Planalto Rebaixado Marginal).

Com base no mapeamento de IBGE (2003), a Unidade Planície Lagunar é predominante no entorno do Lago Guaíba e caracteriza-se por uma área plana, onde dominam os modelados de acumulação representados pelas planícies e terraços lacustres. Nas ilhas do Delta do Jacuí a geomorfologia está associada à Unidade Planície Alúvio-coluvionar e caracteriza-se como área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas.

Em relação à hidrodinâmica do Lago Guaíba, Nicolodi (2007) menciona que o regime hidrodinâmico do sistema lagunar, no qual se insere o Lago Guaíba, é complexo, tanto na época de cheias, como na época de estiagem. De acordo com o autor, as relações de causa e efeito dos diversos fatores que intervêm no escoamento do Guaíba, em especial, a forte influencia da ação dos ventos, mostram que o lago não é só um canal de extensão dos seus tributários, mas um tipo de reservatório, intimamente ligado à Laguna dos Patos.

As conclusões do relatório final do antigo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (1983) consideram que o Lago Guaíba tem um funcionamento similar a um reservatório, cuja seção de Itapuã funciona como um controle dirigido por condições de níveis de montante e jusante. Apesar de predominar o sentido natural de escoamento (Guaíba - Lagoa dos Patos) as águas do lago sofrem forte influência eólica, o que causa represamento e inversão dos fluxos, no caso de ventos do quadrante sul (CASALAS e CYBIS, 1985 *apud* NICOLODI 2007).

Neste contexto, IPH (1976) menciona que o Guaíba está sujeito a represamento por ventos e fenômenos de seixes que constituem como que um

aparente fenômeno de maré que se propaga Delta a dentro dado ao pequeno desnível próprio da linha d'água.

As oscilações diárias no nível do Guaíba são causadas pelas variações na velocidade do vento e apresentam características relativamente regulares, sendo que a direção do vento, a força de Coriolis e maré em Rio Grande, agem como fatores secundários de acréscimo ou decréscimo destas oscilações. No período de cheias, as variações de nível são menos sensíveis à velocidade eólica. Já em períodos normais ou de seca, ventos de aproximadamente 7 m/s podem produzir oscilações superiores a 50cm (NICOLODI, 2007).

Nicolodi (2007) também menciona que devido à grande extensão superficial do Guaíba e as diversas situações de variação do nível d'água, a ação do represamento imposto pela Lagoa dos Patos resulta em um complexo campo de correntes com predominância no sentido natural do escoamento para o sul.

Com relação ao clima, na região onde se localiza o Lago Guaíba e o Delta do Jacuí, de acordo com a classificação de Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima é subtropical úmido. Apresenta regularidade na distribuição anual da pluviometria (entre 1250 e 2000 mm), associada às baixas temperaturas do inverno. De acordo com os autores essas características são resultantes da associação entre a posição geográfica da área, seu relevo e a atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e polares. Ainda com base em Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a variabilidade térmica da região é bastante acentuada tanto espacial quanto temporalmente. As médias anuais situam-se entre 14 e 22°C. No inverno as médias mensais oscilam entre 10 e 15°C e no verão as temperaturas médias mensais variam de 26 a 30°C.

Sobre os ventos, conforme indicado no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (2014), na região da área de estudo predominam ventos de direção sudeste e leste, (Figura 3).



Figura 3: Rosas dos ventos anuais. Frequência X Direção.
Fonte: Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (2014).

Em relação ao clima do Rio Grande do Sul como derivador de enchentes, as sucessivas passagens frontais, que se tornam mais intensas no inverno em função do fortalecimento dos centros de ação tanto tropicais quanto polares, aliada à presença do Planalto da Bacia do Paraná, com maiores altitudes no Nordeste do Estado, podem contribuir para a ocorrência de enchentes nos rios que possuem suas nascentes localizadas nessas regiões (WOLLMANN, 2008).

1.5.1. Evolução da divisão territorial dos municípios

Com a evolução e desenvolvimento das cidades situadas no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí a divisão territorial dos municípios foi alterada. O município de Porto Alegre foi fundado no ano de 1772². O município de Viamão desmembrou-se de Porto Alegre em 1880². Com relação ao município de Guaíba, a emancipação política ocorreu em 1926². Já o município de Barra do Ribeiro desmembrou-se do município de Guaíba em 1959² e o município de Eldorado do Sul foi desmembrado do município de Guaíba em 1988².

Dessa forma, até o ano de 1959 a divisão territorial do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí era constituída pelos municípios de Porto Alegre e Viamão na margem leste e pelo município de Guaíba na margem oeste. A partir de 1988 a divisão territorial passa a ser a atual, constituída pelos municípios de Porto Alegre e

² Informação obtida na página eletrônica da prefeitura do município.

Viamão na margem leste e pelos municípios de Eldorado do Sul, Guaíba e Barra do Ribeiro na margem oeste (Figura 4).

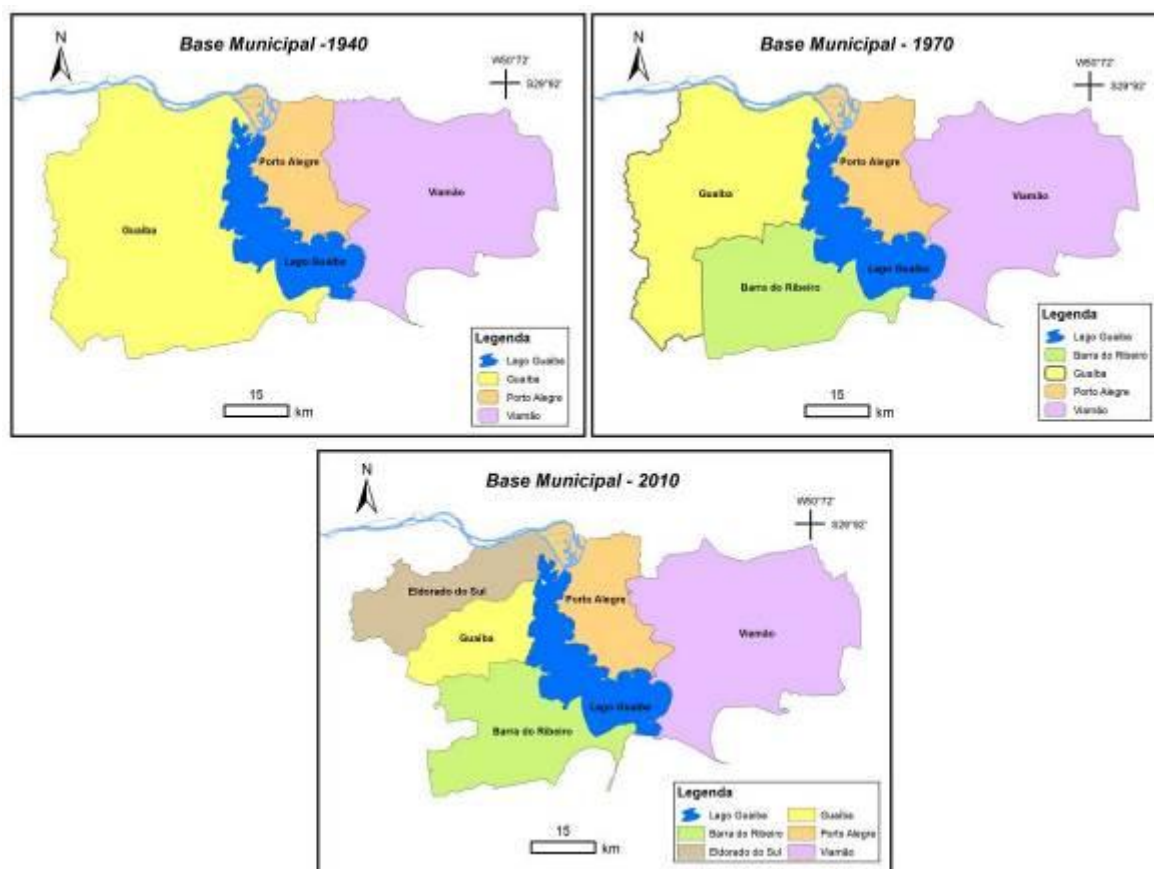


Figura 4: Evolução da divisão territorial.
Fonte: Arquivos vetoriais disponíveis no IBGE (2011).

1.5.2. Ocupação do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí

A caracterização da ocupação do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí é importante para a compreensão da expansão urbana nas áreas suscetíveis a inundação.

Sobre o município de Porto Alegre, de acordo com Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2017), o povoamento começou em 1752, com a chegada de 60 casais portugueses açorianos. A demarcação dessas terras demorou e os açorianos permaneceram no então chamado Porto de Viamão, primeira denominação de Porto Alegre.

Moschen (2015) afirma que foi fundamentalmente pela orla do Lago Guaíba que se originou o núcleo povoador e posteriormente urbanizador de Porto Alegre,

tendo a função comercial (apoio a produção agrícola resumida na área portuária) que se desenvolve juntamente a outras, tão importantes quanto na consolidação de Porto Alegre enquanto urbe, como a militar (localização estratégica de defesa) e a administrativa (capital da província e conseqüentemente centro político).

A evolução urbana de Porto Alegre pode ser dividida em cinco períodos: o primeiro, comportando o período de 1680 a 1772, corresponde ao início da ocupação do território e a formação do povoado. Concomitantemente, há o surgimento do porto. O segundo (1772-1820) é marcado pelo aumento da importância do porto devido ao escoamento do trigo plantado pelos colonos. No terceiro (1820-1890), ocorre a imigração de colonos alemães e italianos e a afirmação de Porto Alegre na condição de centro comercial, administrativo e militar. O quarto período (1890-1945) é caracterizado pelo desenvolvimento industrial, ocasionando o crescimento do comércio. No quinto período (1945 até hoje), observa-se, entre muitos fenômenos, o crescimento da região metropolitana com o aumento de populações de baixa renda residentes em subabitações (SOUZA e MÜLLER, 1997 *apud* MITCHELL *et al.* 2006).

Relativo ao distrito de Itapuã, localizado no município de Viamão, a Prefeitura Municipal de Viamão (2017) menciona que a partir de 1752 chegaram os primeiros casais de imigrantes açorianos, que desembarcaram na região de Itapuã. Esses açorianos são os mesmos que colonizaram a região do Porto dos Casais, atual capital do Estado.

Sobre a ocupação da margem oeste, no município de Guaíba, a Prefeitura de Guaíba (2017) afirma que o povoado das Pedras Brancas, ao que tudo indica, surgiu na segunda metade do século XIX, por ser ponto de parada obrigatória para o gado. Surgiu então, um pequeno vilamento com infraestrutura voltada para a economia pastoril. Ao mesmo tempo, as terras do atual município de Guaíba eram passagem para todos aqueles que, da região Sul e Oeste, desejassem chegar até Porto Alegre (Prefeitura de Guaíba, 2017). Becker (2010) acrescenta que a partir da industrialização da região teve início um período de migração que chegou a índices superiores a 5% a.a na década de 1970.

Em relação ao município de Barra do Ribeiro, o início do povoamento da sede data de 1800 com a chegada dos açorianos. Em 1874 reinicia-se no Rio Grande do Sul a corrente migratória que iria atrair para localidades da região

colônias de poloneses, alemães e italianos que tiveram grande influência na formação étnica da população do município de Barra do Ribeiro (IBGE, 2017).

O território onde está situado o município de Eldorado do Sul, de acordo com a Prefeitura Municipal de Eldorado do Sul (2017), foi inicialmente ocupado por estancieiros açorianos na metade do século XVIII. Ainda de acordo com autor, a partir de 1930, a região à margem direita do Rio Guaíba passou a servir de balneário turístico à população de Porto Alegre e de porto para os barcos que iam para a capital, como meio de transporte.

A região era composta de propriedades particulares que se dedicavam integralmente à pecuária e à cultura do arroz até a década de 1960. Nesse período as áreas passaram a ser fracionadas em chácaras e lotes menores e vendidas para fins de moradia. Devido à proximidade da Capital e ao seu fácil acesso através da BR 116, que há pouco tempo havia sido construída, na década de 70 houve um incremento na procura por terrenos para residência nesta localidade. O crescimento populacional nestas regiões foi intenso na década de 70 e início da década de 80 (Prefeitura Municipal de Eldorado do Sul, 2017).

Com relação à ocupação do Delta do Jacuí, Chiappetti (2005) destaca que as ocupações das áreas do Delta do Jacuí são remotas e acompanham o processo de ocupação dessa região do Estado desde a segunda metade do século XVIII, mais especificamente 1752, pela vinda dos açorianos. De acordo com o autor, historicamente, o Delta do Jacuí foi acompanhando o município de Porto Alegre, Canoas e Guaíba no processo de expansão urbana.

Ainda de acordo com Chiappetti (2005), foi com a evolução dos sistemas de transportes e devido à construção das pontes sobre o Lago Guaíba, a do Canal Furado Grande, a do Saco da Alemoa e a do canal do Jacuí, que as ilhas do Delta do Jacuí e suas áreas continentais tornaram-se área de atração populacional, sobretudo para a população de baixa renda.

Diante do exposto, é possível observar que o início da ocupação dos municípios situados no entorno do Lago Guaíba está relacionada à sua posição geográfica estratégica, inicialmente para garantir a ocupação efetiva do território. Além disso, a via de transporte oferecida pelo Lago Guaíba e pelos rios que afluem para o Delta do Jacuí e a localização do porto no município de Porto Alegre permitia a passagem e a propagação da ocupação para o interior do Estado do Rio Grande

do Sul. A partir da década de 1940 ocorre um intenso processo de expansão urbana em Porto Alegre, se estendendo para os demais municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, principalmente a partir da década de 1970.

1.5.3. Região Hidrográfica do Guaíba

O Lago Guaíba e o Delta do Jacuí integram a Região Hidrográfica do Guaíba, de acordo com a divisão apresentada pela SEMA/RS. A Região Hidrográfica do Guaíba possui extensão de 85.250 km², aproximadamente 29% do estado, e é constituída pelas bacias hidrográficas dos rios Alto Jacuí, Baixo-Jacuí, Caí, Gravataí, Lago Guaíba, Pardo, Sinos, Taquari-Antas e Vacacaí/Vacacaí-Mirim (Figura 5). A bacia do Rio Jacuí corresponde a aproximadamente 84% da Região Hidrográfica do Guaíba. Já a bacia do rio Taquari-Antas, afluente do rio Jacuí, abrange em torno de 31% da Região Hidrográfica (Tabela 1).

Tabela 1: Área de contribuição das bacias na Região Hidrográfica do Guaíba.

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Região Hidrográfica (%)
Alto Jacuí*	16.095	18,9%
Baixo-Jacuí*	14.422	17%
Caí	4.976	5,8%
Gravataí	2.027	2,4%
Lago Guaíba	2.861	3,3%
Pardo*	3.635	4,2%
Sinos	3.702	4,3%
Taquari-Antas*	26.380	31%
Vacacaí/Vacacaí-Mirim*	11.152	13,1%

*Afluentes do Rio Jacuí

Fonte: Área extraída a partir do arquivo vetorial (*shapefile*) das bacias hidrográficas.

Pelas áreas das bacias, pode-se observar que o Jacuí e o próprio Taquari são os principais rios. O primeiro pela sua área de drenagem e o segundo pela rapidez do escoamento de uma bacia de características radiais, grande declividade e pequena capacidade de infiltração (DEP, 2002).

Durante as enchentes na bacia, o rio Jacuí tem um tempo de deslocamento da onda de cheia de 3 a 5 dias, enquanto que o rio Taquari de 1 a 2 dias. Numa bacia deste porte as inundações ocorrem pela contribuição isolada de cada um destes dois grandes rios ou pela contribuição conjunta. Esta última é a situação mais

desfavorável. Para que isto ocorra é necessário um período chuvoso prolongado, de pelo menos 5 dias, com precipitações altas, ou, como, geralmente ocorre no inverno, períodos chuvosos com um intervalo de 5 a 7 dias de precipitações altas (DEP, 2002).

A amplitude altimétrica da Região Hidrográfica do Guaíba é superior a 1200 metros (Figura 6). As maiores altitudes ocorrem a nordeste, nas porções de montante dos rios Taquari-Antas, onde são superiores a 1200 metros. Junto ao canal principal do Rio Jacuí ocorrem altitudes em torno de 20 metros. No entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ocorrem as altitudes mais baixas, inferiores a 5 metros.

Sobre os compartimentos de relevo (Figura 7), na porção norte da Região Hidrográfica do Guaíba, à montante dos rios Alto-Jacuí, Caí, Pardo, Sinos e Taquari-Antas, ocorrem áreas do Planalto Meridional, constituídas por rochas ígneas extrusivas. Junto ao canal principal do Rio Jacuí destacam-se áreas da Depressão Central do Rio Grande do Sul onde predominam rochas sedimentares e depósitos sedimentares. Na porção sul da Região Hidrográfica ocorrem áreas do Escudo Sul-rio-grandense, onde predominam rochas metamórficas e ígneas intrusivas. No entorno do Lago Guaíba predominam áreas da Planície Costeira.

Sobre o clima da Região Hidrográfica do Guaíba (Figura 8), as nascentes do Rio Jacuí, Rio Pardo e Rio Taquari, de acordo com a classificação de Rossato (2011), localizam-se na região de clima Subtropical III úmido, onde as precipitações são entre 1700 e 1800 mm anuais. Já as nascentes do Rio Caí, Rio das Antas e Rio dos Sinos estão localizadas na região de clima Subtropical IV muito úmido, definida por Rossato (2011), onde as precipitações são abundantes e oscilam entre 1700 e 2000 mm anuais. Estas correspondem as maiores precipitações médias do Rio Grande do Sul.



Figura 5: Bacias da Região Hidrográfica do Guaíba.

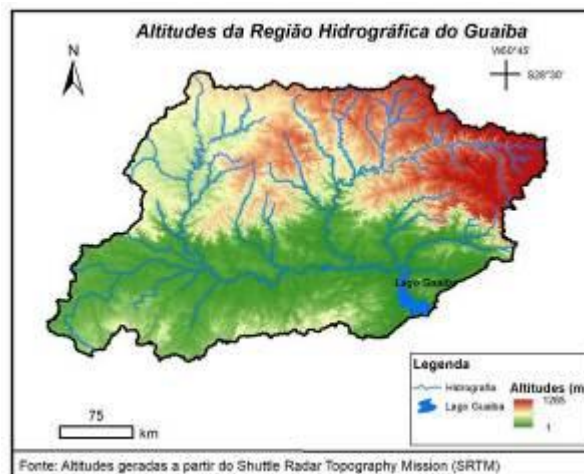


Figura 6: Altitudes da Região Hidrográfica do Guaíba.

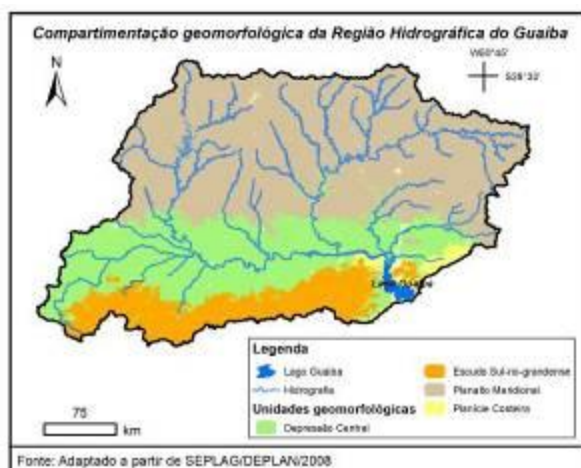


Figura 7: Compartimentação geomorfológica da Região Hidrográfica do Guaíba.



Figura 8: Tipologia climática da Região Hidrográfica do Guaíba.

Estas características da Região Hidrográfica do Guaíba que apresenta elevada amplitude altimétrica entre as nascentes dos principais cursos de água afluentes e as áreas planas com baixas altitudes no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, associado aos elevados índices de precipitação que ocorrem nas porções a montante da bacia hidrográfica contribuem para ocasionar as inundações na área de estudo.

1.6. Referencial teórico

Na sequência consta o referencial teórico sobre a temática da tese de doutorado e a abordagem dos principais conceitos e metodologias associados à pesquisa.

1.6.1. Inundações

De acordo com o Código de Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), inundações são classificadas como um desastre natural hidrológico caracterizado pela submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Inundações resultam de fortes ou contínuas chuvas que excedem a capacidade de absorção do solo e a capacidade de vazão dos rios, córregos e áreas costeiras. Isso faz com que o curso de água transborde para as terras adjacentes. Planícies são, em geral, terras sujeitas a inundações recorrentes e são perigosas para as atividades econômicas se a vulnerabilidade dessas atividades ultrapassa um nível aceitável (OAS, 1991, tradução nossa).

De acordo com CASTRO (2003), as inundações podem ser classificadas, em função da magnitude, como excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função da evolução são classificadas como enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.

Na inundação gradual as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais. Relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. O fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão (CASTRO, 2003).

A enxurrada consiste no escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo (COBRADE, 2012).

Kobiyama *et al.* (2006) destacam que a inundação, popularmente tratada como enchente, é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo

o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Os autores também mencionam que quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação.

Neste contexto, IPT (2007) também diferencia inundação de enchente: a enchente consiste na elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga; já a inundação consiste no processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio. Na Figura 9 consta a representação de enchente e inundação.

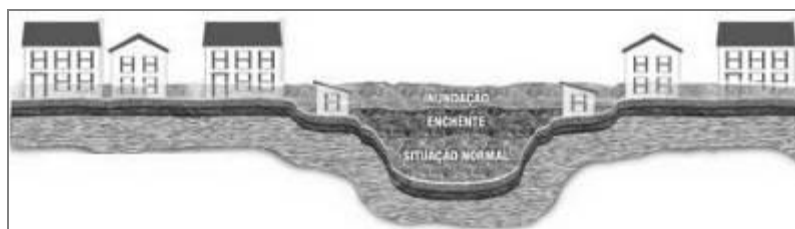


Figura 9: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.
Fonte: Adaptado de IPT (2007).

Em relação às inundações costeiras, Barros (2010) menciona que a principal causa de inundações litorâneas é a alta energia de ondas ou a grande variação de maré associadas a relevos de baixa declividade e altitude.

Para Castro (2003) as inundações litorâneas, são provocadas pela brusca invasão do mar, normalmente caracterizam-se como desastres secundários, podendo ser provocadas por vendavais e tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas d'água, tsunamis e ressacas muito intensificadas. Ainda com base no autor, o fenômeno ocorre, principalmente, em costas pouco elevadas de continentes ou de ilhas rasas. Na Figura 10 consta a representação de inundações costeiras.



Figura 10: Perfil esquemático das inundações costeiras.

As inundações lacustres ocorrem quando um lago excede sua capacidade máxima de armazenamento e transborda (CANTU, 2012). Originam-se em lagos e lagunas pelo incremento de seus níveis e são perigosas para os assentamentos situados em seu entorno (CONOZ, 2012).

Para Wolfe *et al.* (2013, tradução nossa) inundações em lagos ocorrem quando o volume de água que entra no lago é maior do que aquele que sai; dessa forma, assim que o nível da água sobe inunda as áreas baixas do entorno. Na Figura 11 consta a representação de inundações lacustres.

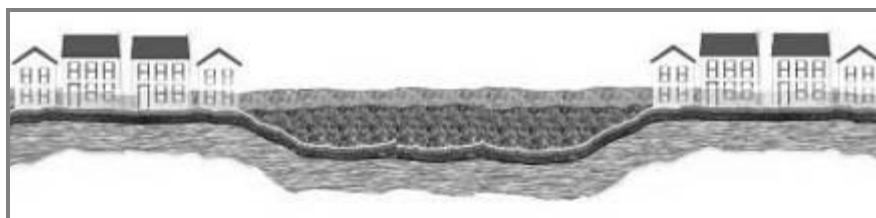


Figura 11: Perfil esquemático do processo de inundação lacustre.

1.6.2. Ocupação das áreas com suscetibilidade a inundação

Desde o surgimento das cidades há aproximadamente 6 mil anos, temos observado que a ocupação de áreas de risco tem sido uma constante na história das aglomerações urbanas. As primeiras civilizações urbanas surgiram em regiões próximas de grandes rios como Tigre e Eufrates na Suméria e na Assíria, Nilo no Egito, Amarelo na China, etc. Estas civilizações antigas tiveram que desenvolver um conhecimento empírico das inundações, o que foi possibilitando um conhecimento acumulado sobre as enchentes e seus impactos nas áreas urbanas (QUINTO JR., 2010).

Ainda com de acordo com Quinto Jr. (2010), a grande questão para as antigas civilizações estava intimamente relacionada à questão dos ciclos dos transbordamentos dos rios e o registro das séries históricas, que possibilitaram uma margem de segurança na localização das áreas edificadas e como se relacionar com as enchentes.

Tucci (2003) menciona que devido a grande dificuldade de meios de transporte no passado utilizava-se o rio como a via principal. Dessa forma, de acordo com o autor, as cidades se desenvolveram as margens dos rios ou no litoral.

Essa característica de ocupação no entorno de corpos de água também pode ser observada no Lago Guaíba. Roche (1955) enfatiza que das circunstâncias que permitiram o desenvolvimento de Porto Alegre destaca-se a sua situação em um conjunto de lagos e de rios, sensivelmente no meio de uma via navegável de mais de 600 quilômetros de extensão, entre as Lagoas Mirim e dos Patos de um lado e o vale do Jacuí e afluentes. O autor também menciona que o primeiro problema a resolver em Porto Alegre foi o da defesa contra as inundações, ao perigo das quais a aglomeração se tornava cada vez mais vulnerável, ao passo que ia se estendendo aos terra-pletos dos arroios que desembocam no Guaíba. Ainda com base em Roche (1955) as cheias foram frequentes, e a crônica da cidade conservara em particular as de 1847, 1850, 1873, 1897, 1926, 1928, 1936 e as mais graves, as de 1941.

A expansão urbana no entorno dos cursos hídricos tem como consequência o desenvolvimento de áreas com risco de inundação. Neste contexto, discorrendo sobre a ocupação urbana no Brasil, Maricato (2000) destaca que as reformas urbanas, realizadas em diversas cidades brasileiras entre o final do século XIX e início do século XX, lançaram as bases de um urbanismo moderno "à moda" da periferia. De acordo com a autora, eram feitas obras de saneamento básico e embelezamento paisagístico, implantavam-se as bases legais para um mercado imobiliário de corte capitalista, ao mesmo tempo em que a população excluída desse processo era expulsa para os morros e as franjas da cidade.

Essa nova concepção de saneamento e planejamento das cidades privilegiou os terrenos mais planos, que facilitavam a implantação de sistemas de abastecimento de água, de destinação de esgotos e dos sistemas de transporte. Esse modelo de urbanização trouxe duas consequências principais com relação à

ocupação de áreas suscetíveis a processos naturais desencadeadores de risco. Por um lado, muitas planícies de inundação foram ocupadas, tanto por obras públicas quanto por empreendimentos particulares; por outro, a desvalorização das áreas íngremes (ROBAINA e OLIVEIRA, 2013).

O processo de urbanização do país, que se acelerou intensamente a partir da década de 1950, não foi acompanhado de políticas de desenvolvimento urbano que se preocupassem em prover moradia para toda a população. Importante parcela da população de menor poder aquisitivo ocupou aqueles terrenos menos valorizados em função de restrições à ocupação legal, seja devido à situação de risco potencial, seja devido à necessidade de preservação ambiental. Assim, os assentamentos precários se implantaram e se expandiram, com ocupação de áreas de elevada declividade e margens de rios, gerando um quadro urbano de extrema vulnerabilidade a deslizamentos de encostas, inundações e enxurradas (CEMADEN, 2017).

Almeida (2010) também menciona que o processo de urbanização ocorrido no Brasil, a partir de 1960, expôs ambientes fluviais ainda não artificializados das metrópoles à ocupação clandestina e improvisada de migrantes pobres, o que culminou na proliferação de favelas, expostas aos riscos de inundação. Ainda de acordo com a autora, esse processo ocorreu principalmente nas periferias urbanas das grandes metrópoles e, mais recentemente, nas cidades médias.

Nos anos 80 e 90, a recessão trouxe um forte impacto social e ambiental, ampliando o universo de desigualdade social. Nessas décadas, conhecidas como "décadas perdidas", a concentração da pobreza é urbana. Pela primeira vez em sua história, o Brasil tem multidões concentradas em vastas regiões, morros, alagados, várzeas ou mesmo planícies, marcadas pela pobreza homogênea (MARICATO, 2000). Estes alagados, várzeas e planícies destacados pela autora constituem áreas suscetíveis a ocorrência de eventos de inundação.

A partir da abordagem apresentada é possível observar que inicialmente a ocupação das áreas próximas aos corpos de água ocorreu para suprir as necessidades básicas da população. No entanto, mais recentemente, com a urbanização das cidades essa ocupação ocorre, muitas vezes, por pessoas que não possuem acesso a áreas seguras e são caracterizadas pela alta vulnerabilidade.

1.6.3. Estudo das inundações

Quarantelli (2000, tradução nossa) apresenta uma abordagem histórica dos desastres, como as inundações, e destaca que uma visão fatalista sobre os desastres prevaleceu na pré-história e início do tempo histórico até cerca de dois séculos atrás. Os desastres eram vistos principalmente como os resultados das forças astrológicas ou sobrenaturais. Com o tempo passaram a ser atribuídos a Atos de Deus com a implicação de que nada poderia ser feito sobre sua ocorrência. Ainda de acordo com o autor, essa atitude fatalista não incentivava o desenvolvimento de estudos destes eventos.

Com o desenvolvimento do secularismo os desastres passaram a ser vistos cada vez mais, como Atos da Natureza. Nesta visão os desastres não poderiam ser evitados; no entanto, poderiam ser tomadas medidas para diminuir os efeitos negativos. Essa abordagem incentivou o desenvolvimento de medidas estruturais para diminuir o impacto, principalmente obras de engenharia. Posteriormente, após a Segunda Guerra Mundial, os desastres passaram a ser vistos como resultado de “Atos de Homens e Mulheres”. Nesta abordagem os desastres resultam das ações humanas. Por exemplo, se as pessoas estão vivendo em planícies de inundação, estão criando as condições necessárias para um perigo gerar um desastre (QUARANTELLI, 2000, tradução nossa).

Sobre o desenvolvimento de estudos que abordam as inundações e outros desastres naturais, estes passam a receber maior atenção dos pesquisadores a partir da década de 1920. Neste contexto, Marandola e Hogan (2004) mencionam que segundo Gilbert White, considerado um dos mais importantes pesquisadores e difusores desta linha de pesquisa, a origem destes estudos possui como marco o ano de 1927, quando o governo dos Estados Unidos solicita ao Corpo de Engenheiros que pesquisem e proponham medidas para solucionar o problema das inundações que afligiam tanto áreas rurais como urbanas.

Assim, a motivação inicial foi um problema prático de gestão que estava incorrendo em perdas humanas e materiais. As populações estavam sujeitas às inundações e o Estado queria saber quais as melhores formas de intervenção. Por isso, o Corpo de Engenheiros orientou inicialmente suas pesquisas a intervenções

práticas, como construção de barragens, canais, sistemas de irrigação e de navegação (MARANDOLA e HOGAN, 2004).

A abordagem de aspectos como os danos causados pelos desastres e sistemas de prevenção desenvolveram-se a partir da década de 1950. Neste sentido, Christofolletti (1976) menciona que as catástrofes ocasionadas por enchentes, nos Estados Unidos, foram o marco inicial para esta categoria de pesquisa. Ainda com base no autor, embora algumas iniciativas do congresso dos Estados Unidos tenham sido enunciadas em 1927 e 1936, a fim de promover estudos visando o controle das inundações, as investigações melhor planejadas começaram a se desenvolver a partir de 1956, com a finalidade de estudar as enchentes ocorridas em planícies de inundação localizadas em áreas urbanas.

Sayers *et al.* (2013, tradução nossa) destacam que ao longo da década de 1960 até 1980, o principal meio de mitigar os impactos de inundações foi o controle através da construção de barragens, diques, canais de desvio e estruturas relacionadas. Como populações e desenvolvimento cresceram, danos causados por enchentes continuaram a aumentar. Foi necessária uma nova abordagem que poderia não só identificar os perigos e as consequências enfrentadas pela sociedade, mas também avaliar a importância dos riscos enfrentados.

Dessa forma, a avaliação da vulnerabilidade da população tornou-se fundamental na abordagem dos estudos. Palom (1994, tradução nossa) enfatiza que a idéia de que o estudo de risco de inundação deve incluir a análise de fenômenos físicos e também fenômenos humano e social torna-se necessária.

Nas últimas décadas, de acordo com Trajber, Olivato e Marchezine (2017), organismos nacionais e internacionais estabeleceram protocolos para lidar com as situações de risco de desastres. A ONU desenvolveu um conjunto de estratégias que resultaram em três grandes marcos: a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (década de 1990); o Quadro de Ações de Hyogo (período de 2005 a 2015); e o Marco de Sendai (período 2015-2030). Ainda de acordo com os autores, estes marcos estimulam o desenvolvimento de projetos de prevenção, redução do risco de desastres e a adaptação diante das mudanças ambientais globais.

No Brasil, a gestão de desastres socioambientais começou a se estruturar em função de fortes chuvas que ocorreram na região sudeste, na década de 1960,

que causaram enchentes e deslizamentos. No entanto, foi em razão da catástrofe da Região Serrana do Rio de Janeiro (2011) que o país passou a desenvolver estratégias para gerir o risco de desastre. Neste contexto, foi criado em 2011 o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). No ano seguinte foi instituída a Lei nº 12.608, da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC (TRAJBER, OLIVATO e MARCHEZINE, 2017).

A partir do exposto destaca-se que inicialmente os estudos das inundações consistiam em descrições e caracterizações simples de eventos e as principais medidas de controle e mitigação eram voltadas para a construção de obras de engenharia. A partir da década de 1950 os pesquisadores passam a considerar a ocupação das planícies como uma das causas das perdas associadas aos eventos de inundação. A partir da década de 1980 a avaliação da vulnerabilidade torna-se essencial para o estudo do risco de inundação e a gestão dos riscos torna-se fundamental para redução dos impactos causados por estes eventos.

1.6.4. Risco de inundação

Área de risco de inundação é aquela passível de ser atingida por processos de enchente e inundação. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais (IPT, 2004).

Nesta mesma perspectiva, BRASIL (2013) destaca que risco hidrológico é produto da combinação entre possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos e os impactos negativos esperados sobre a população exposta.

O risco, de acordo com ISDR (2004, tradução nossa), é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, propriedades danificadas, atividade econômica interrompida), resultante de interações entre um perigo natural ou induzido e as condições de vulnerabilidade local. Convencionalmente o risco é expresso pela notação: $\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade}$.

O processo de realização de uma avaliação de risco baseia-se em uma revisão das características técnicas dos perigos, tais como, a localização, intensidade, frequência e probabilidade. E também na análise das dimensões física, social, econômica e ambiental da vulnerabilidade e exposição, levando em

consideração as capacidades de enfrentamento pertinentes aos cenários de risco (ISDR, 2004, tradução nossa).

Nesta perspectiva, Cantos (2012) apresenta que o grande avanço ocorrido nos últimos anos em relação ao mapeamento de risco de inundação tem sido dado à importância do fator de vulnerabilidade que passou a ocupar um lugar central na elaboração dos mapas. Para o autor, não se considera um mapa de risco, sem a análise dos efeitos potenciais sobre a sociedade que ocupa o espaço geográfico, as suas atividades econômicas, bem como outros aspectos, como a cultura ou a qualidade ambiental.

Pujadas (2002) *apud* Masgrau (2004, tradução nossa) menciona que os mapas de risco de inundação podem ser agrupados em cinco tipologias. Em primeiro lugar os mapas de áreas inundáveis; em segundo lugar os de perigosidade; em terceiro os mapas de exposição (elementos em risco); em quarto os mapas de vulnerabilidade a inundação; e em quinto lugar os mapas de risco de danos por inundação. Para o autor, os mapas de risco de danos por inundação são os verdadeiros mapas de risco, uma vez que, mostram as inundações em relação com o impacto negativo que estas podem causar em pessoas, bens e atividades.

Para Marcelino (2007) a avaliação do risco compreende o inventário do perigo ou ameaças (P), o estudo da vulnerabilidade (V) e o mapeamento das áreas de risco. O autor acrescenta que em ambiente SIG, os principais dados para análise do risco são: dados sobre o perigo ou ameaça, local de ocorrência, magnitude; dados sobre o ambiente no qual os eventos podem ocorrer; e dados sobre os elementos expostos.

Com relação ao perigo na avaliação do risco, o perigo é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno, processo ou ação/omissão humana, cuja existência é potencialmente danosa à vida, aos bens ou ao meio ambiente e, por consequência, é deflagrador de rupturas sociais, econômicas, políticas e ambientais (ALMEIDA, 2011; TOMINAGA, 2009 *apud* OLIMPIO e ZANELLA, 2017).

O perigo consiste na condição com potencial para causar uma consequência desagradável (IPT, 2004). Constitui um evento físico potencialmente perigoso, fenômeno ou atividade humana, que pode causar perda de vidas, danos em propriedades, destruição social e econômica ou degradação ambiental (ISDR, 2004).

De acordo com Chapman (1994, tradução nossa), os dados utilizados para quantificar o perigo de inundação incluem: a) a profundidade prevista da inundação, com base no histórico ou linhas de inundação e/ou frequência conhecida da inundação para alguma elevação especificada; b) os danos resultantes de inundações históricas, ou linhas de inundação esperadas para uma profundidade especificada; e c) os atuais níveis de proteção e o valor anual esperado de danos causados pela inundação.

Em relação à vulnerabilidade na avaliação do risco, para Cutter (2011) a vulnerabilidade inclui quer elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais).

De acordo com o *National Research Council* (2006), há dois principais tipos de vulnerabilidade: física e social. A física representa as ameaças às estruturas físicas e infra-estruturais, ao meio ambiente e aos prejuízos na economia. A social representa as ameaças ao bem-estar/normalidade da população, como mortes, feridos, necessidade de atendimento médico e os impactos no funcionamento e na normalidade do sistema social devido à ocorrência de um desastre (GOERL, KOBAYAMA e PELLERIN, 2012).

A vulnerabilidade social identifica as características da população que aumentam ou diminuem a sua capacidade de preparação para resposta e recuperação de um acontecimento perigoso ou de um desastre. Ainda de acordo a autora, a vulnerabilidade social ajuda também a compreender a distribuição dos riscos e das perdas potenciais, ou seja, a relação existente entre as populações vulneráveis e os ambientes naturais vulneráveis (CUTTER, 2011).

A vulnerabilidade física se refere especialmente à localização dos assentamentos humanos em zonas de risco e as deficiências em suas estruturas físicas para absorver os efeitos destes riscos (WILCHES-CHAUX, 1993).

1.6.5. Ferramentas de apoio para o estudo das inundações

Nas últimas décadas ocorreu a ampliação do uso de ferramentas aplicadas no estudo de inundações, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e dados ambientais obtidos a partir de sensoriamento remoto.

Com relação aos SIGs, são uma ferramenta importante para gerar e integrar informações espacialmente referenciadas, permitindo a integração de dados de diferentes fontes para o estudo das inundações.

Antes da grande disponibilidade de tecnologia de computadores na década de 1980 as análises de risco eram realizadas utilizando técnicas analógicas, tais como, manuais de sobreposição de mapas temáticos. No entanto, técnicas desse tipo apresentam limitações para a análise de risco devido a dificuldade de não poder sobrepor mais que um número limitado de mapas. Dessa forma, são insuficientes para lidar com grande quantidade de dados ou executar operações espaciais mais sofisticadas (MASKREY, 1998, tradução nossa).

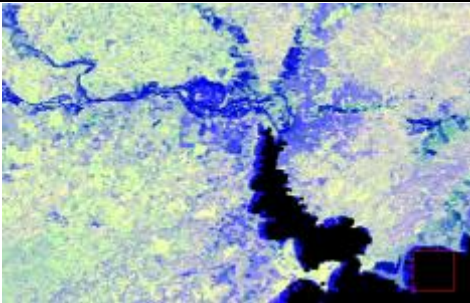


Nesta perspectiva, a introdução dos SIGs, para a análise do risco torna-se fundamental. Um SIG pode capturar dados geográficos em diferentes formatos, como mapas analógicos digitalizados, imagens de satélite e dados georreferenciados e pode armazenar grandes volumes de dados em formato digital. Além disso, os SIG permitem a integração de um número ilimitado de camadas temáticas e os dados podem ser atualizados periodicamente ou continuamente (MASKREY, 1998, tradução nossa).

Atualmente as principais aplicações dos SIGs no estudo das inundações estão associadas a espacialização de locais com ocorrência de eventos, delimitação de manchas de inundação, geração de informação topográfica e cotas de inundação, geração de modelos hidrológicos, geração de mapas de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, assim como, o mapeamento multitemporal de eventos

Além dos SIGs, os dados gerados a partir de sensoriamento remoto são amplamente difundidos no estudo das inundações. A partir dos mesmos é possível avaliar a extensão das inundações, realizar a identificação das planícies, o mapeamento do uso e ocupação em áreas suscetíveis, assim como, identificar o impacto gerado pelos eventos. Além disso, a aquisição repetitiva de imagens possibilita a avaliação multi-temporal das áreas inundadas.

A aplicabilidade das imagens de sensores remotos para o estudo de inundações é dada principalmente pela resolução espacial do sensor. Com relação às imagens de satélite de baixa e média resolução espacial, são amplamente utilizadas para áreas de grande extensão territorial e destacam-se as imagens do Landsat (30 metros), SPOT (10 a 20 metros), CBERS (20 metros) e dos satélites TERRA e AQUA (250 metros) do sensor MODIS. As imagens de satélite de alta resolução espacial são utilizadas, em geral, para o estudo de inundações em áreas urbanas e destacam-se as imagens do *Ikonos* (1 metro), *QuickBird* (0,61 metros), *WorldView* (0,50 metros) e *Pléiades* (0,50 metros). Na Tabela 2 constam recortes de imagens de sensores remotos e as principais aplicações nos estudos de inundações.

Tabela 2: Aplicações de imagens de sensores remotos nos estudos de inundações.

Sensor	Resolução espacial	Recorte de imagem	Principais aplicações
MODIS	250 metros	 <p>Áreas inundadas na bacia do Guaíba Data: 30/09/2007 - Fonte: USGS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamentos multitemporais; - Monitoramento das inundações; - Caracterização dos recursos hídricos.
Landsat TM	30 metros	 <p>Áreas inundadas na bacia do Guaíba Data: 01/10/2007 - Fonte: INPE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamentos multitemporais; - Alterações de uso do solo; - NDWI e MNDWI; - Caracterização dos recursos hídricos.
<i>Quickbird</i>	0,61 metros	 <p>Áreas inundadas do Rio Gravataí Data: 22/11/2013 - Fonte: Google Earth.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos cursos de água; - Identificação dos usos e ocupação das planícies; - Caracterização da vulnerabilidade; - Quantificação de danos; - Pós- desastre, na fase de reconstrução.

Fonte: Organizado pela autora.

Em relação a estudos aplicados utilizando dados de Sensoriamento Remoto na Região Hidrográfica do Guaíba, Risso e Giugno (1994) mapearam as áreas de inundação, alagamento e banhados da região metropolitana de Porto Alegre. Para tanto, analisaram imagens de satélite em datas próximas aquelas consideradas como picos de cheia em diversos afluentes importantes do Guaíba.

Saldanha *et al.* (1996) utilizaram imagens TM-Landsat-5 correspondentes ao período de cheia, estiagem e período de vazão intermediária para mapeamento e avaliação das áreas inundáveis do Rio dos Sinos, afluente do Delta do Jacuí. A partir da análise das imagens multitemporais os autores delimitaram a planície de inundação deste rio.

Entre as técnicas de classificação e mapeamento de inundações a partir de imagens de sensoriamento remoto destacam-se o *Normalized Difference Water Index* (NDWI) proposto por McFeeters (1996) e o *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) proposto por Xu (2006).

Na região do Delta do Jacuí Valente *et al.* (2017) especializaram as inundações a partir da aplicação do NDWI. De acordo com os autores esta técnica é útil, seja para ressaltar a lâmina d'água como para determinar a sua turbidez. No Rio dos Sinos, Bazzan (2011) e Brubacher (2016) utilizaram a técnica do MNDWI para o mapeamento de inundações em diferentes datas de ocorrência a partir de imagens do TM-Landsat-5.

Além dos satélites de imageamento da superfície terrestre destaca-se a utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDE) a partir de sensores remotos como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Estes dados combinados com imagens de satélites podem ser utilizados para delimitar cotas das inundações.

Nesta perspectiva, Trentin *et al.* (2008) analisaram a ocorrência de enchentes no Rio Jacuí, principal afluente do Delta do Jacuí e do Lago Guaíba, a partir da integração das imagens do sensor MODIS e dados do SRTM. A integração permitiu correlacionar características do relevo com as áreas inundadas.

A partir do exposto é possível verificar a importância das ferramentas como SIGs e sensoriamento remoto para o estudo das inundações. Estas podem ser utilizadas para o planejamento e gerenciamento dos eventos, bem como, na fase de pós-desastre para identificação de danos e reconstrução.

CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Neste Capítulo constam as principais etapas realizadas para o levantamento de dados e de informações cartográficas e a síntese das principais etapas operacionais desenvolvidas para a geração dos resultados da pesquisa.

2.1. Levantamento de dados

O levantamento de dados históricos sobre a ocorrência de inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí foi realizado com base na consulta a imprensa. A principal fonte de pesquisa correspondeu ao Arquivo de Jornais do Correio do Povo localizado no município de Porto Alegre. Foram consultados exemplares diários para o período 1940-2015. A escolha por esta fonte de consulta se deu por o Jornal Correio do Povo apresentar versões diárias para o período analisado nesta pesquisa. Complementarmente foram pesquisadas outras fontes, como jornais, mídias digitais e livros.

Com relação aos dados cartográficos, as curvas de nível e pontos cotados do município de Porto Alegre, em escala 1:1.000, foram obtidos a partir de Hasenack *et al.* (2010). Para os municípios de Eldorado do Sul e Guaíba foram utilizadas as cartas do Levantamento Aerofotogramétrico em escala 1:10.000 disponibilizadas pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN). Para os municípios de Barra do Ribeiro e Viamão foram integrados Modelos Digitais de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizados pelo Projeto Topodata.

Para a geração do Mapa de Unidades Geológicas da área de estudo foi utilizada a base cartográfica georreferenciada vetorial na escala 1:250.000 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003). Para o município de Porto Alegre também foi consultada a base cartográfica vetorial do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre na escala 1:15.000 disponibilizada por Hasenack *et al.* (2008) .

Os dados referentes a cota fluviométrica diária do Lago Guaíba da estação fluviométrica Praça da Harmonia foram disponibilizados pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH/RS). Os dados diários da estação fluviométrica Ilha da Pintada localizada no Delta do Jacuí foram levantados junto ao Centro Integrado de Comando (CEIC) de Porto Alegre e na Agência Nacional de Águas (ANA). Para os demais municípios e na porção sul de Porto Alegre não foram encontrados dados históricos de cotas fluviométricas para o período analisado neste estudo. A localização das estações fluviométricas consultadas consta na Figura 12.

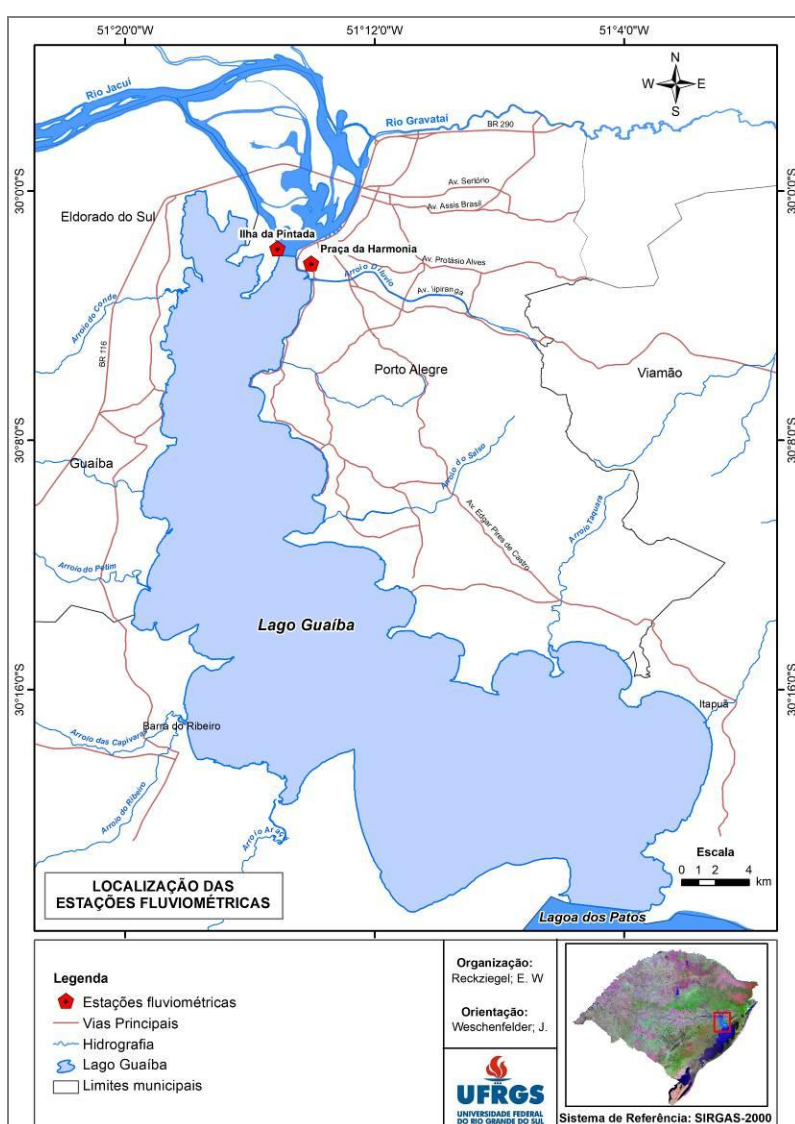


Figura 12: Localização das estações fluviométricas.

A imagem do satélite Landsat-5 do sensor *Thematic Mapper* (TM) do dia 11/6/1984, utilizada para o mapeamento das áreas inundadas, foi obtida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no endereço <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

Os dados relativos ao sentido predominante e velocidade máxima do vento da estação meteorológica Porto Alegre (83967) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram obtidos no endereço <http://www.inmet.gov.br>. Estes dados estão disponíveis a partir do ano de 1961.

Os limites das Unidades de Conservação foram obtidos em formato vetorial (*km*) junto à Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA/RS), no endereço <http://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao>.

Para o mapeamento dos sistemas de proteção contra inundação foi utilizado como referência o trabalho desenvolvido por Rauber (1992). Os diques foram vetorizados a partir de imagens de satélite disponíveis no *software* Google Earth.

As fotografias aéreas do ano de 1956 do município de Porto Alegre, na escala 1:10.000, foram disponibilizadas em formato digital (*.tiff*) pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMURB) de Porto Alegre.

As fotografias aéreas da região metropolitana de Porto Alegre, do ano de 1971, na escala 1:40.000, foram disponibilizadas em formato digital (*.tiff*) pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN).

As cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro na escala 1:50.000 de Barra do Ribeiro e Itapuã foram obtidas em formato digital no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados acerca da idade e renda da população e acesso a serviços essenciais como água, energia elétrica, lixo coletado e esgoto foram obtidos a partir do Censo (IBGE, 2010). As informações relativas aos aglomerados subnormais foram levantadas em formato vetorial (*shapefile*) no IBGE.

2.2. Síntese das etapas operacionais

Inicialmente foi realizado o levantamento histórico das ocorrências de eventos de inundação que ocorreram associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí no período 1940-2015.

As inundações foram caracterizadas quanto à dinâmica temporal, com base na distribuição anual, sazonal e mensal dos eventos. Estes foram avaliados ainda

com relação a intensidade e frequência. A caracterização da dinâmica espacial foi realizada a partir da localização dos principais pontos atingidos por inundação durante a série histórica analisada. Também foi realizada a avaliação dos impactos causados por estes eventos com base no número de pessoas afetadas. Na Figura 13 constam as principais etapas realizadas para a organização do histórico de eventos de inundação.



Figura 13: Principais etapas realizadas para a organização do histórico.

Posteriormente foi realizada a delimitação das áreas com suscetibilidade a ocorrência de inundação. Para Sobreira (2001) no estudo da suscetibilidade as bases principais são as descritoras do meio físico (geologia, geomorfologia, declives, cobertura vegetal, mapas de solos), enquanto que a análise de risco incorpora informações sobre o uso do meio físico e a importância das instalações e infraestruturas humanas que, conjugadas com a suscetibilidade, fornecem a hierarquização do risco, servindo como subsídio básico para a definição das medidas preventivas e corretivas a serem tomadas.

Neste sentido, a delimitação da suscetibilidade foi realizada a partir da caracterização de variáveis do ambiente no qual está inserida a área de estudo, como altitudes, declividades e geologia. Também foram consideradas as áreas inundadas mapeadas a partir da imagem do satélite Landsat-5 de 11/6/1984, que corresponde a data de ocorrência do evento de inundação de maior intensidade dentre as imagens de satélite pesquisadas. Na Figura 14 estão indicadas as principais etapas realizadas para a geração das áreas com suscetibilidade a inundação.

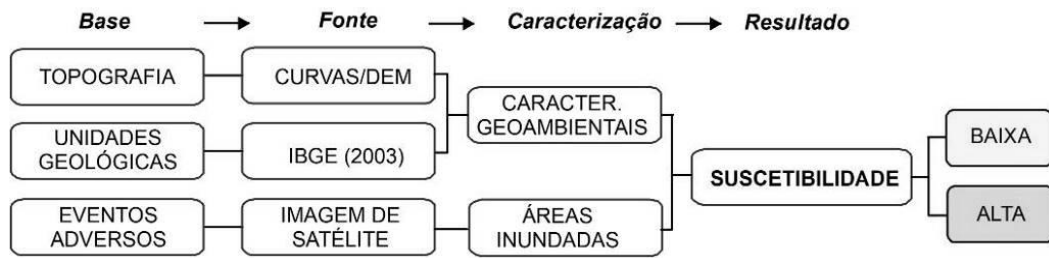


Figura 14: Principais etapas realizadas para a definição da suscetibilidade.

A avaliação das áreas com suscetibilidade que são protegidas ambientalmente perante a legislação foi realizada a partir dos limites das Unidades de Conservação (UCs) e com base na delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) definidas na Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

As áreas com perigo foram delimitadas para avaliar os locais com potencial de ocorrência de inundação. Em relação ao perigo, de acordo com ISDR (2004, tradução nossa), constitui um evento físico potencialmente perigoso, fenômeno ou atividade humana, que pode causar perda de vidas, danos em propriedades, destruição social e econômica ou degradação ambiental.

Na área de estudo o perigo de inundação foi gerado a partir da integração de informações sobre o tempo de retorno dos eventos e dos sistemas de proteção contra inundação nas áreas com suscetibilidade (Figura 15).

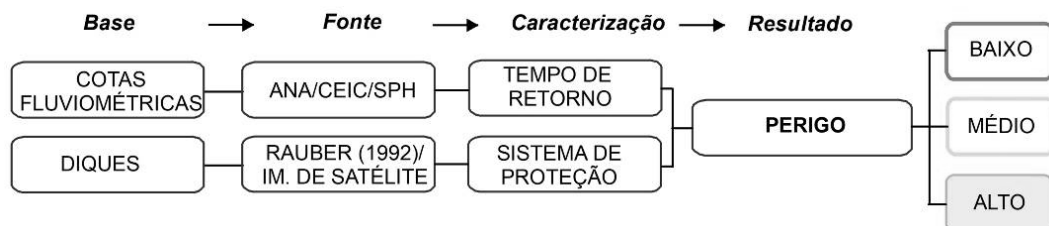


Figura 15: Principais etapas realizadas para a definição do perigo.

A avaliação da expansão urbana nas áreas com perigo de inundação foi realizada com base no levantamento dos anos de 1956, 1971 e 2015 e permitiu identificar os locais que receberam maior aporte de edificações no período analisado.

A caracterização do uso e ocupação do solo nas áreas com perigo de inundação foi realizada a partir das imagens de satélite disponíveis no Google Earth. Nas áreas com ocupação urbana identificadas no mapa de uso e ocupação foi realizada a avaliação da vulnerabilidade.

Em relação à vulnerabilidade, pode ser definida como a propensão de um elemento em risco a qualquer tipo de perigo natural a sofrer diferentes graus de perda ou de dano em função da sua particularidade social, fraquezas econômicas, culturais e políticas (ALCÁNTARA-AYALA, 2002, tradução nossa). Na área de estudo a vulnerabilidade foi definida a partir da caracterização de aspectos associados às moradias e estruturas do entorno e também com relação a variáveis socioeconômicas da população (Figura 16).

A exposição das moradias e das estruturas do entorno foi avaliada a partir da caracterização do padrão construtivo e estado de conservação das residências e ainda com relação ao acesso da população a serviços essenciais como, água, energia elétrica, lixo coletado e esgoto. O padrão construtivo e estado de conservação das moradias foi definido com base em imagens de satélite e verificações em campo. As informações relativas ao acesso da população a serviços essenciais foram obtidas a partir do Censo (IBGE, 2010).

A avaliação da exposição com base em variáveis socioeconômicas da população foi realizada a partir da renda, percentual de idosos e crianças nos domicílios e com base na variância de número de moradores nos domicílios. Estas informações foram obtidas a partir do Censo (IBGE, 2010).



Figura 16: Principais etapas realizadas para a definição da vulnerabilidade.

Em relação ao risco, corresponde a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, propriedades danificadas, atividade econômica interrompida), resultante de interações entre um perigo natural ou

induzido e as condições de vulnerabilidade local. Convencionalmente o risco é expresso pela notação $\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade}$ (ISDR, 2004, tradução nossa). Nesta perspectiva, a delimitação das áreas com risco de inundação na área de estudo foi realizada a partir da integração das informações associadas ao perigo de inundação e da vulnerabilidade da população e das ocupações, com base na fórmula $R = P \times V$ (Figura 17).



Figura 17: Principais etapas realizadas para a definição do risco.

A geração, edição e integração dos dados cartográficos foram realizadas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Para tanto, utilizou-se o *software* ArcGIS. O processamento das imagens de satélite foi realizado no *software* ENVI. Na Figura 18 está relacionada a síntese das principais etapas desenvolvidas para a elaboração da pesquisa.

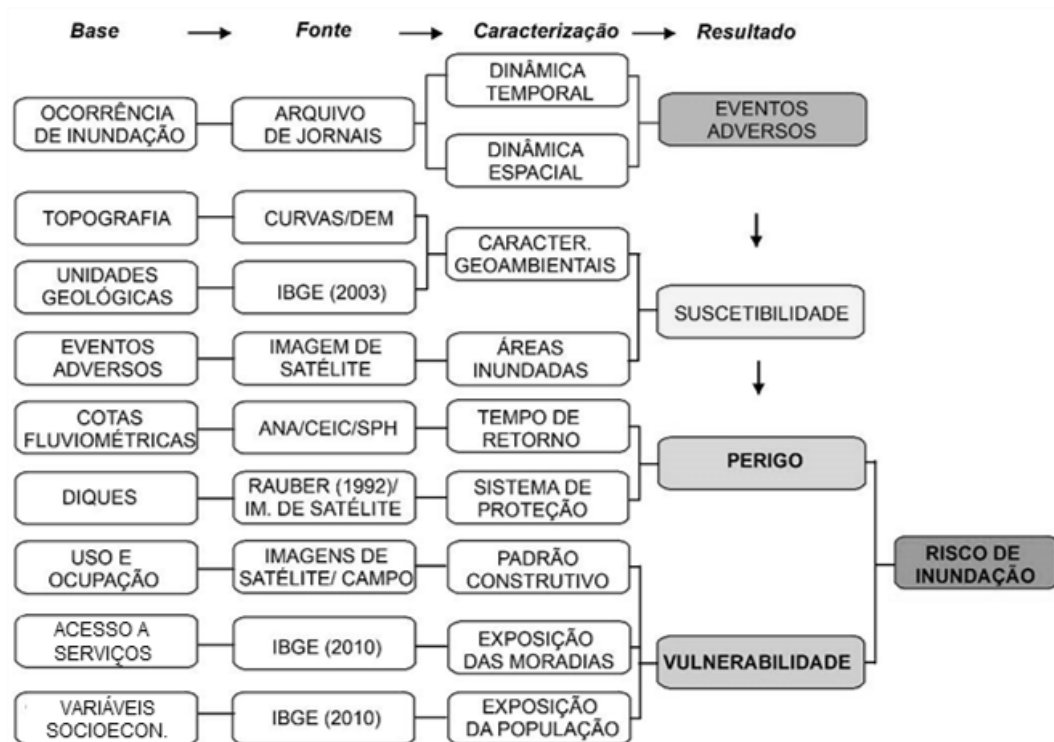


Figura 18: Principais etapas realizadas para a elaboração da tese.

A partir da abordagem metodológica apresentada foram redigidos três artigos submetidos a publicação em revistas científicas:

- No primeiro artigo foi organizado o histórico de ocorrências de inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí para o período 1940-2015. O artigo intitulado “Dinâmica temporal e espacial das inundações no Lago Guaíba e Delta do Jacuí (RS) entre 1940 e 2015” foi submetido ao Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

- No segundo artigo intitulado “Suscetibilidade a ocorrência de inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí (RS)” foram delimitadas áreas suscetíveis as inundações. Também foram delimitadas as áreas de conservação e proteção que apresentam restrição ambiental para ocupação. Este foi submetido à Revista Brasileira de Geomorfologia.

- No terceiro artigo “Avaliação do risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul/Brasil” foi realizada a análise do risco de inundação a partir da compilação dos dados de perigo e de vulnerabilidade. O mesmo foi submetido ao *Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada*.

CAPÍTULO 3 - DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES NO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS) ENTRE 1940 E 2015

No Capítulo 3 consta o artigo que apresenta a análise da distribuição temporal e espacial das ocorrências de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí para o período de 1940-2015. O mesmo foi submetido ao Anuário do Instituto de Geociências.

Comprovante de submissão:

Hermínio Ismael de Araújo Jr. <herminio.ismael@yahoo.com.br>	22/11/2017	☆	←	▶
para mim ▾				
Prezada Elisabete Weber Reckziegel.				
Em nome do Anuário do Instituto de Geociências (ISSN 0101-9759; e-ISSN 1982-3908), agradeço a submissão do manuscrito " Dinâmica temporal e espacial das inundações no Lago Guaíba e Delta do Jacuí (RS) entre 1940 e 2015 ", de autoria de <i>Reckziegel et al.</i> O manuscrito será inicialmente avaliado pelo Corpo Editorial e, se atender ao escopo do periódico, será encaminhado para avaliação por revisor(es) <i>ad hoc</i> .				
Atenciosamente,				
Hermínio Ismael de Araújo Júnior Editor Associado Anuário do Instituto de Geociências http://www.anuario.igeo.ufri.br/				

DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES NO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS) ENTRE 1940 E 2015

TEMPORAL AND SPATIAL DYNAMICS OF FLOODS IN GUAÍBA LAKE AND JACUÍ DELTA (RS) BETWEEN 1940 AND 2015

Elisabete Weber Reckziegel¹; Jair Weschenfelder²; & Thiago Bazzan³

¹ *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, (PPGGEO), Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Bloco I - CEP 91501-970 - Porto Alegre, Rio Grande do Sul.*

² *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, (PPGGEO), Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Bloco I - CEP 91501-970 - Porto Alegre, Rio Grande do Sul.*

³ *Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL). Av. Almeida Garret, 267 CEP 13087-290 - Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, Campinas, São Paulo.*

E-mails: elisabetewr@gmail.com; jair.weschenfelder@ufrgs.br; thiagobaz@yahoo.com.br

Resumo

Para a elaboração do histórico de inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foi realizado o levantamento das ocorrências para o período entre 1940-2015 e realizada a avaliação da dinâmica anual, sazonal e mensal dos eventos. As inundações foram caracterizadas quanto à intensidade e frequência. Também foram identificados os principais locais atingidos e o número de pessoas afetadas. Os resultados indicam que o município de Porto Alegre é o que apresenta maior número de ocorrências de inundações, com 46 registros; Eldorado do Sul foi atingido em 9 eventos; Guaíba foi atingido em 5 eventos, enquanto Barra do Ribeiro e Itapuã (localizado no município de Viamão) em pelo menos 1 evento no período 1940-2015. O histórico e a avaliação da dinâmica espacial e temporal das inundações é uma importante ferramenta para a gestão e planejamento das áreas atingidas.

Palavras-chave: Inundações; Frequência; Lago Guaíba.

Abstract

To create a flood history's database in Guaíba Lake and Jacuí Delta, a survey of the events was carried out between 1940-2015, assessing the annual, seasonal and monthly characteristics of them. Events were characterized for its intensity and frequency. The main affected sites were also identified and the number of people affected was assessed. The results indicate that the municipality of Porto Alegre is the one with the highest number of occurrences of floods, with 46 records; Eldorado do Sul recorded 9 events, Guaíba 5 events; whereas Barra do Ribeiro and the district of Itapuã in the municipality of Viamão, accounted 1 event during 1940-2015. Understanding the history and the evaluation of the spatial and temporal dynamics of these floods is paramount for the management and planning of the affected areas

Keywords: Floods; Frequency; Guaíba Lake.

1. INTRODUÇÃO

A localização geográfica estratégica do Lago Guaíba e Delta do Jacuí favoreceu a ocupação dos municípios situados no seu entorno. Com a urbanização das cidades ocorreu a intensificação da ocupação em áreas com suscetibilidade a ocorrência de inundações.

As inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí são frequentes destacando-se as de 1873 (3,5 metros), 1914 (2,60 metros), 1928 (3,20 metros), 1936 (3,22 metros), 1941 (4,75 metros) e 1967 (3,13 metros), de acordo com DEP (2017). Ainda, em 1984 e 2015 foi registrada a cota fluviométrica de 2,60 e 2,94 metros, respectivamente, que ocasionou inundação nas áreas urbanas dos municípios situados no entorno, como Eldorado do Sul, Guaíba e Porto Alegre.

Dessa forma, a identificação dos locais atingidos por inundações e a frequência de ocorrência destes eventos são fundamentais para a elaboração de estudos que visem a prevenção de desastres. Neste sentido, esta pesquisa apresenta uma avaliação da dinâmica espacial e temporal de inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí, no estado do Rio Grande do Sul (RS), que ocorreram no período de 1940-2015 podendo servir de subsídio para o planejamento dos municípios.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente, entre as coordenadas 29°55'56"S e 30°21'24"S de latitude e 51°19'51"W e 51°1'29"W de longitude (Figura 1) e corresponde ao entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. O Lago Guaíba limita-se com os municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul, Guaíba, Porto Alegre e Viamão. No sul, conecta-se com a Lagoa dos Patos. Ao norte do Delta do Jacuí, localizam-se os municípios de Canoas, Nova Santa Rita e Triunfo.

À oeste do Lago Guaíba e Delta do Jacuí estão localizadas as áreas urbanas dos municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul e Guaíba. Já a leste,

localiza-se a área urbana do município de Porto Alegre, assim como, o distrito de Itapuã (localizado no município de Viamão). Conforme indicado no censo demográfico (IBGE, 2010), nestas áreas urbanas reside uma população de aproximadamente 1.542.506 habitantes e o distrito de Itapuã possui aproximadamente 5.300 pessoas residentes.



Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Imagens de satélite disponibilizadas pelo *software* Google Earth.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo sobre a dinâmica temporal e espacial das inundações foi realizado o levantamento de dados sobre a ocorrência de eventos de uma série histórica de 76 anos (1940-2015). Para tanto, foram verificadas previamente as cotas fluviométricas máximas diárias do Lago Guaíba e posteriormente desenvolvida a pesquisa histórica.

A pesquisa histórica foi realizada a partir da consulta à imprensa. A fonte principal de pesquisa consistiu na consulta a exemplares diários do acervo do Arquivo de Jornais do Correio do Povo, localizado no município de Porto Alegre. Para o período de janeiro de 1940 a maio de 1997 foram consultados jornais impressos e para o período de junho de 1997 a dezembro de 2015 foram consultados jornais em formato digital. Complementarmente foram consultados jornais, livros e mídias digitais.

Para a verificação do nível da cota fluviométrica registrada durante os eventos de inundação foram consultados os dados diários da estação fluviométrica Praça da Harmonia, localizada no município de Porto Alegre, que possui a maior série histórica disponível na área de estudo. Estes dados foram disponibilizados pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH/RS) para o período de 1941-2015. Para o ano de 1940 foram consultados os dados da estação fluviométrica Porto Alegre, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram verificados ainda dados da estação fluviométrica Ilha da Pintada, localizada no Arquipélago, para o período de 1985-2015. As informações da cota fluviométrica da estação Ilha da Pintada foram obtidas junto ao Centro Integrado de Comando (CEIC) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (período 2003-2015) e na Agência Nacional de Águas (ANA) (período de 1985-2002).

A intensidade e frequência das inundações foram definidas a partir do Intervalo de Recorrência (I_r) dos eventos, com base na equação apresentada por Christofletti (1981):

$$I_r = \frac{N + 1}{M}$$

onde “N” corresponde ao número total de anos considerados na série e “M” é o número de ordem que representa a posição da cheia na escala organizada. Após a definição do intervalo de recorrência, as inundações foram classificadas com base na intensidade e frequência dos eventos, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Intensidade e frequência das inundações.

Intervalo de Recorrência	Intensidade	Frequência
Até 5 anos	Baixa	Alta
5 a 15 anos	Média	Média
15 a 40 anos	Alta	Baixa
Mais de 40 anos	Muito alta	Muito baixa

Fonte: Organizado pelos autores.

O tempo de duração das inundações foi definido considerando o período de dias em que a cota fluviométrica registrada foi superior a 2,1 metros na estação Praça da Harmonia. Este limiar foi definido com base na cota de alerta considerada pelo Centro Integrado de Comando de Porto Alegre (CEIC), na estação localizada no Cais do Porto, para fins de monitoramento do Lago Guaíba.

A avaliação da dinâmica temporal das inundações foi realizada com base na identificação da distribuição mensal, sazonal e anual dos eventos, sendo verificados os anos e meses de maior ocorrência de inundações no período analisado.

A dinâmica espacial dos eventos foi avaliada a partir da identificação dos municípios e localização dos principais pontos atingidos por inundação a partir dos endereços indicados na pesquisa histórica. Também foi realizada a análise das consequências destes eventos com relação ao número de pessoas afetadas. Para a geração e organização das informações cartográficas foi utilizado o *software* ArcGIS.

4. RESULTADOS

4.1. Dinâmica temporal das inundações

No período 1940-2015 foram registrados 46 eventos de inundação associados ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí. A distribuição das inundações ao longo da série histórica de 76 anos apresenta variações na frequência anual do número de ocorrências (Figura 2). As inundações registradas entre 1940 e 1982 são caracterizadas pela baixa frequência (13 eventos), sendo registrado até 10 anos consecutivos sem inundações (1943-1952). No período entre 1983 e 2015 as inundações são caracterizadas pelo aumento da frequência de ocorrência (33 eventos). São registrados no máximo dois anos consecutivos sem eventos (1991-1992 e 2003-2004).

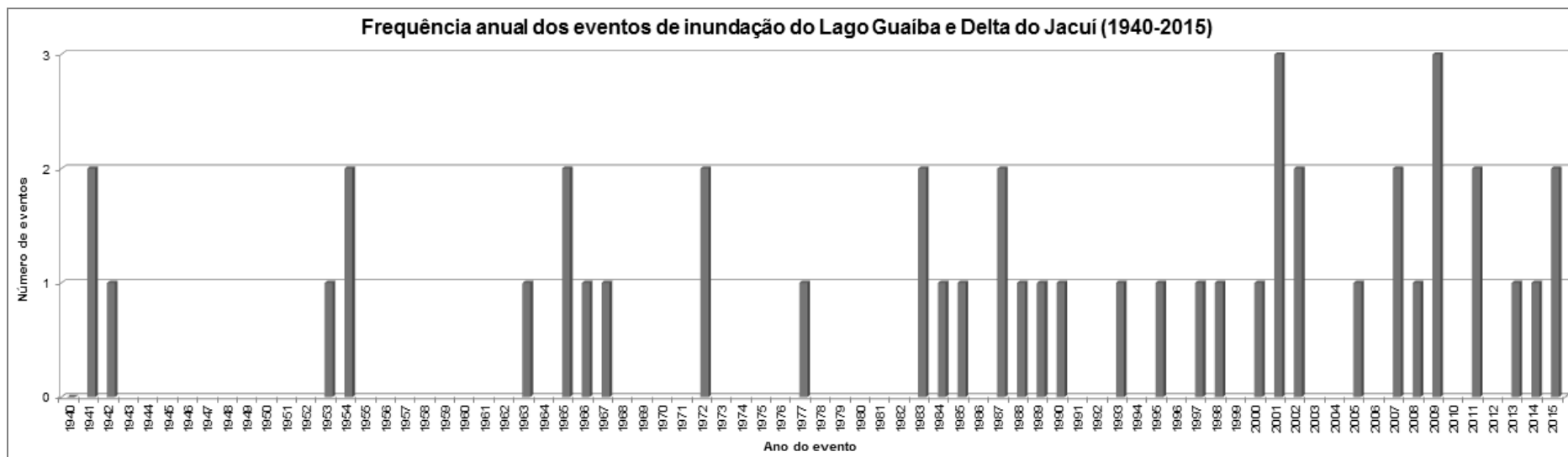


Figura 2: Distribuição anual das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

As décadas em que há registro de maior número de eventos foram 1980 e 2000, com 8 e 13 ocorrências, respectivamente; nas décadas de 1940, 1950 e 1970 foi registrado o menor número de eventos, 3 ocorrências (Figura 3).

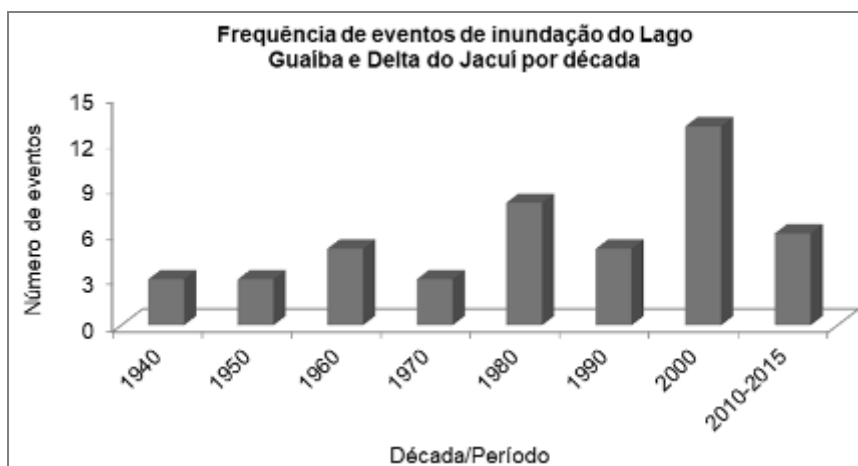


Figura 3: Distribuição por década das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

A distribuição mensal mostra que os meses em que foram registrados o maior número de eventos correspondem a julho, outubro, agosto e setembro com 11, 10, 9 e 8 ocorrências, respectivamente (Figura 4). Nos meses de fevereiro, março e abril não foram registradas inundações e nos meses de novembro, dezembro e janeiro foi registrado apenas um evento durante a série histórica analisada.

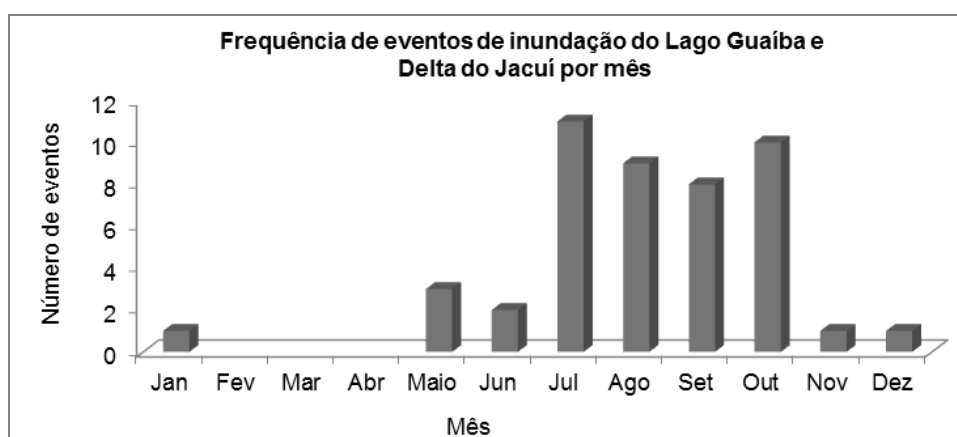


Figura 4: Distribuição mensal das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Com relação às estações do ano, o maior número de registros ocorre no inverno, com 23 ocorrências, seguido pela primavera com 18 ocorrências. No verão foram registrados apenas 2 eventos e no outono 3.

Durante as inundações no período 1940-2015 a maior cota fluviométrica registrada foi de 4,63 metros no dia 7 de maio de 1941, seguido pelo evento de outubro de 2015 quando atingiu a cota fluviométrica de 2,94 metros no dia 17 de outubro de 2015. Destacam-se ainda os eventos de setembro de 1967, setembro de 1941 e junho de 1984 quando a cota fluviométrica registrada foi igual ou superior a 2,60 metros (2,83; 2,68; 2,60 metros, respectivamente). Na estação Ilha da Pintada, a maior cota fluviométrica registrada no período 1985-2015 foi de 2,70 metros em 16 e 17 de outubro de 2015 (Figura 5).

Em geral, a diferença da cota fluviométrica entre as estações Praça da Harmonia e Ilha da Pintada durante os eventos de inundação é inferior a 0,2 metros. Diferença de cota fluviométrica superior a 0,3 metros foi registrada apenas no evento de setembro de 2009.

A partir da série histórica dos eventos pode-se observar que as inundações ocorrem, em geral, quando o Lago Guaíba atinge a cota fluviométrica de 2,0 metros na estação Praça da Harmonia. Na estação Ilha da Pintada as inundações ocorrem, em geral, a partir da cota fluviométrica de 1,78 metros. Além disso, observa-se que na inundação de maio de 1941 a cota fluviométrica registrada foi muito superior aos demais eventos.

Destaca-se também que, para fins de monitoramento do Lago Guaíba, o Centro Integrado de Comando de Porto Alegre (CEIC), considera como cota de alerta a cota de 2,1 metros na estação Cais Mauá e de 1,8 metros na estação Ilha da Pintada.

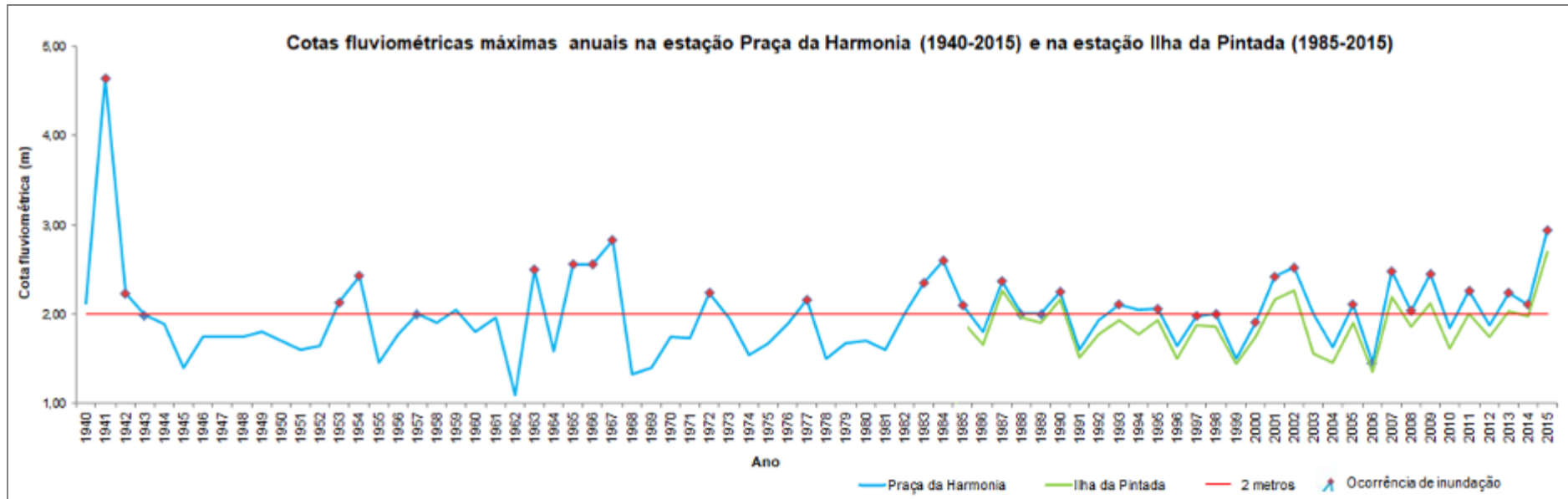


Figura 5: Cotas fluviométricas máximas anuais na estação Praça da Harmonia (1940-2015) e na estação Ilha da Pintada (1985-2015).

4.1.1. Intensidade e frequência dos eventos

Na área de estudo eventos de inundação de baixa e média intensidade são predominantes, apresentando maior frequência na série histórica, e totalizam 28 e 13 ocorrências, respectivamente. Houve registro de 4 eventos de alta e 1 de muita alta intensidade (Figura 6).

O evento de muito alta intensidade ocorreu no mês de maio de 1941. Eventos de alta intensidade na série histórica ocorreram em setembro de 1941, setembro de 1967, junho de 1984 e outubro de 2015.

Nas décadas de 1950, 1970, 1990 e 2000 não foram registrados eventos de alta ou muito alta intensidade, sendo registrados apenas aqueles de baixa e média intensidade. Já na década de 1940, mesmo ocorrendo baixa frequência de inundações, foi registrado o evento de maior intensidade no período analisado.

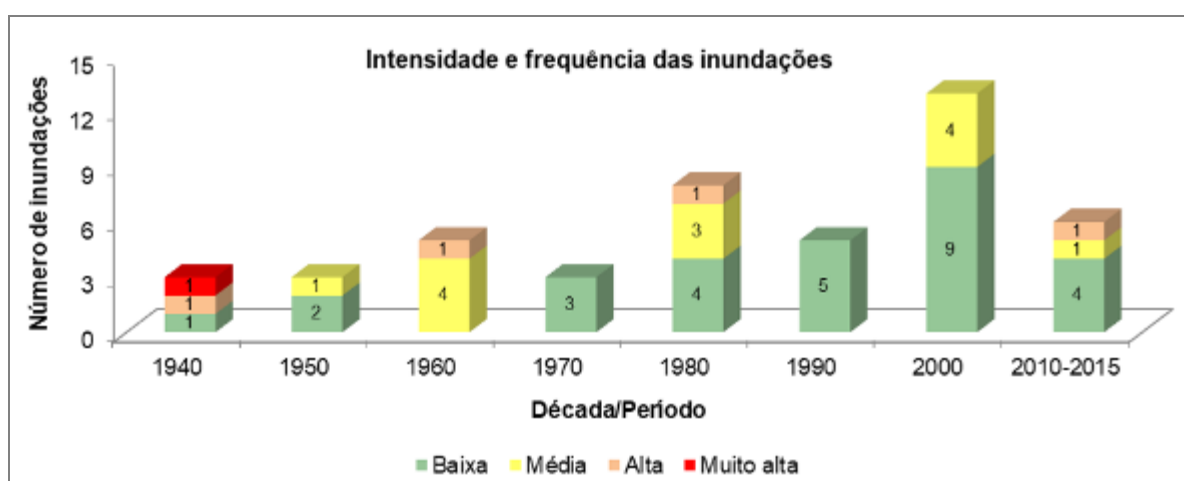


Figura 6: Intensidade e frequência das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

As inundações de muito alta, alta e média intensidade possuem, em geral, tempo de duração de mais de um dia, até mesmo semanas. Na inundação de maio de 1941, a cota fluviométrica se manteve superior a 2,1 metros durante 37 dias. Na inundação de alta intensidade de outubro de 2015 durante 19 dias; em setembro de 1967 por 9 dias; e em junho de 1984 durante 27 dias. As inundações de baixa intensidade, em geral, mantêm as áreas inundadas por 1 a 2 dias (Figura 7).



Figura 7: Duração das inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Esta característica de manter as áreas inundadas durante dias e até mesmo semanas permite classificar as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí como inundações graduais com base na classificação de Castro (2003). Nas inundações graduais, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais. Relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. O fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão. São características das grandes bacias hidrográficas e dos rios de planície (CASTRO, 2003).

4.2. Dinâmica espacial das inundações

A seguir, consta a descrição dos principais pontos atingidos pelas inundações durante a série histórica analisada. Também é realizada a avaliação da população afetada pelos eventos.

4.2.1. Década de 1940

A década de 1940 é caracterizada pela baixa frequência de eventos com 3 registros de inundação. No entanto, nesta década, ocorreu o evento de maior intensidade durante a série histórica analisada, em maio de 1941, alcançando a cota fluviométrica de 4,63 metros.

A inundação ocorrida em maio de 1941 causou danos nos municípios de Porto Alegre, Guaíba, Barra do Ribeiro (na época Distrito de Guaíba), assim como, no distrito de Itapuã, em Viamão.

Em Porto Alegre a área central foi inundada, além da região dos bairros Belém Novo, Cristal, Espírito Santo, Ipanema, Menino Deus, Navegantes, Praia de Belas, São Geraldo, São João, Tristeza e da região das ilhas. Na cidade de Guaíba foi atingida a área central. No distrito de Itapuã foram recolhidos, de acordo com Correio do Povo (14/05/1941), 270 flagelados.

Com base em Guimaraens (2009), em Porto Alegre, a enchente deixou 15 mil residências inundadas, deixando 70 mil pessoas desabrigadas e cerca de 200 indústrias de um total de 600 estabelecimentos foram inundadas. Ainda de acordo com o autor, o valor dos prejuízos foi de 30 milhões de dólares.

Ainda no ano de 1941, destaca-se a inundação de alta intensidade ocorrida no mês de setembro que atingiu áreas do município de Porto Alegre, como a região dos bairros Centro, Navegantes e Praia de Belas. Mais de 100 famílias foram recolhidas em abrigos em decorrência do evento (Correio do Povo, 14/9/1941).

O evento de baixa intensidade ocorrido em maio de 1942 atingiu pontos isolados, como as ilhas situadas no Delta do Jacuí e porções dos bairros São João e Navegantes em Porto Alegre. Na Figura 8 constam os principais locais atingidos por inundações na década de 1940.

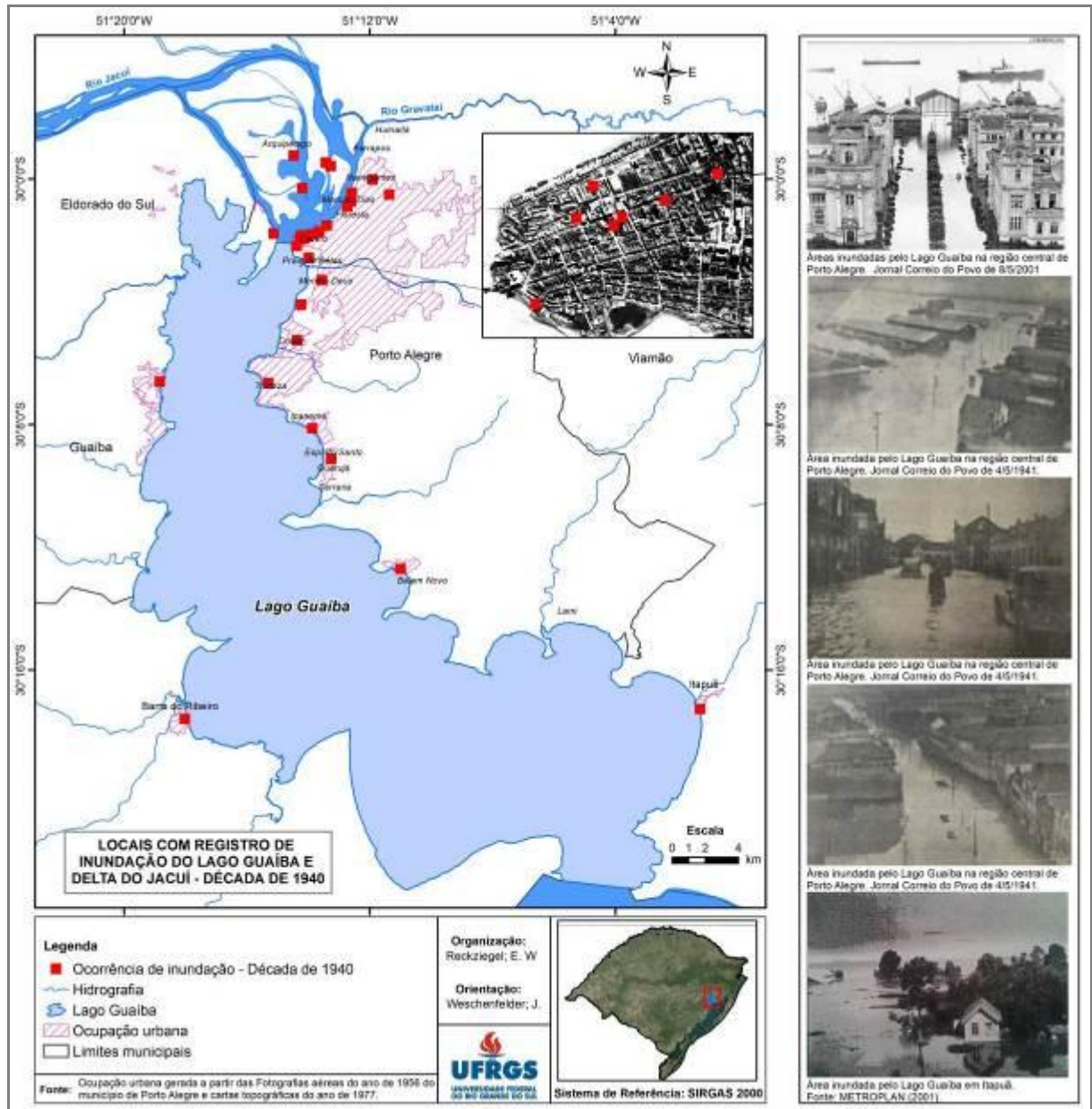


Figura 8: Locais com registro de inundação na década de 1940.

4.2.2. Década de 1950

A década de 1950 é caracterizada pela baixa frequência e baixa intensidade de eventos, sendo registradas 3 inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Na inundação de baixa intensidade de outubro de 1953 foram atingidas áreas das ilhas e do bairro Navegantes em Porto Alegre, sendo que mais de 100 pessoas ficaram desabrigadas (Correio do Povo, 6/10/1953). Em julho de 1954 ocorreram duas inundações, sendo uma de baixa e uma de média intensidade.

Foram atingidas principalmente as ilhas e locais dos bairros Menino Deus, Navegantes e Praia de Belas em Porto Alegre. O número de flagelados em decorrência destes eventos chegou a 2.000 (Correio do Povo, 27/07/1954). Na Figura 9 constam os principais pontos atingidos por inundações na década de 1950.

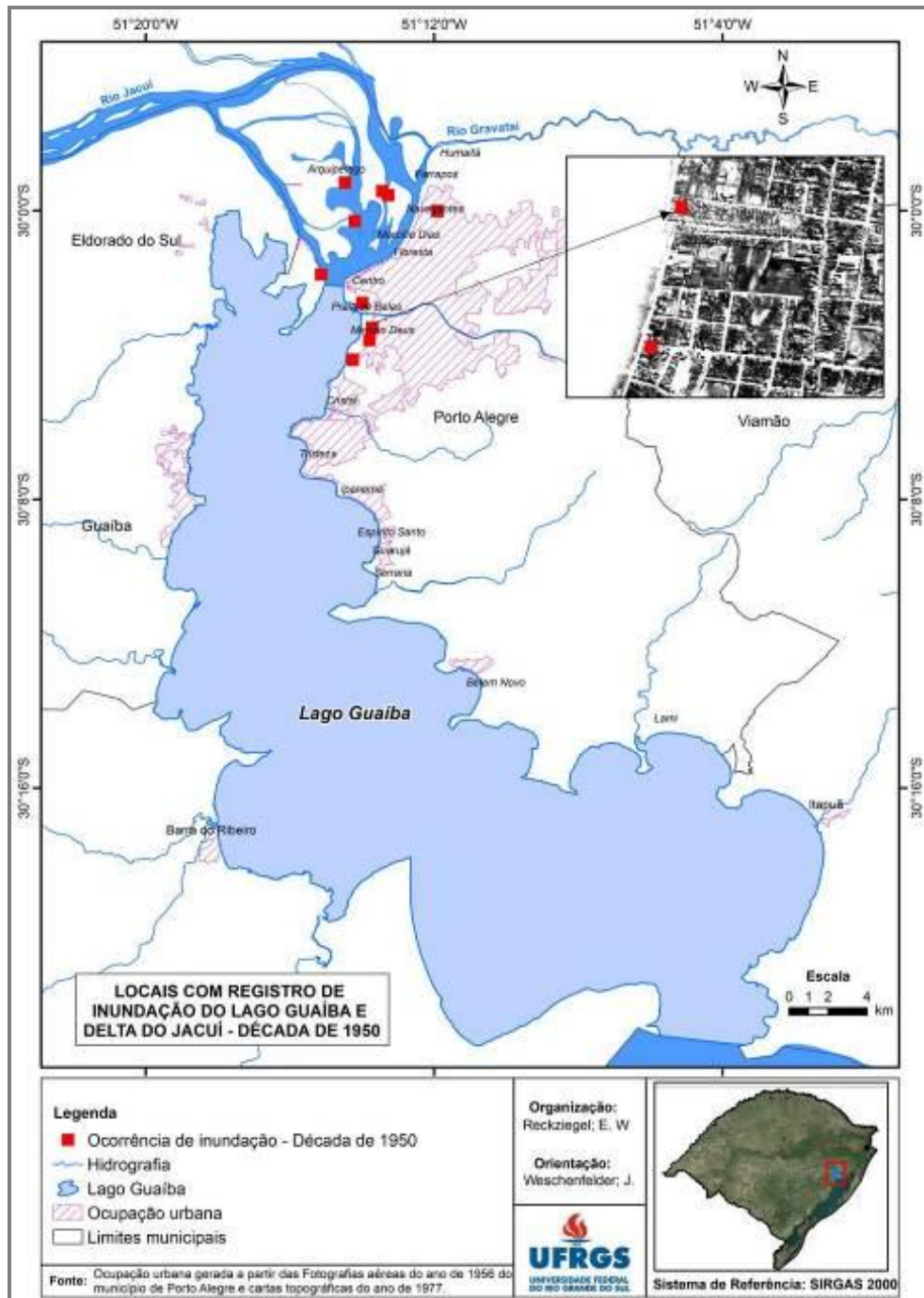


Figura 9: Locais com registro de inundação na década de 1950.

4.2.3. Década de 1960

Na década de 1960 foram registradas 5 inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí, sendo uma de alta intensidade.

No evento de média intensidade ocorrido em outubro de 1963 foram atingidas áreas das ilhas e dos bairros Menino Deus e Navegantes em Porto Alegre. Foram registrados mais de 4.690 flagelados (Correio do Povo, 18/10/1963). Na inundação de média intensidade de agosto de 1965 foram atingidas áreas das ilhas e do bairro Navegantes em Porto Alegre. O número de flagelados foi superior a 10.000 (Correio do Povo, 26/8/1965).

O evento de setembro de 1965 foi de média intensidade e atingiu áreas das ilhas e dos bairros Centro, Navegantes e Praia de Belas em Porto Alegre. Pelo menos 8.000 pessoas ficaram desabrigadas (Correio do Povo, 15/9/1965). Na inundação de média intensidade ocorrida em agosto de 1966 centenas de pessoas foram afetadas e foram atingidas áreas das ilhas e do bairro Praia de Belas em Porto Alegre.

Na inundação de alta intensidade de setembro de 1967 foi registrada a cota fluviométrica de 2,83 metros, a terceira maior da série histórica analisada. Foram atingidas áreas das ilhas do Delta do Jacuí, além dos bairros Centro, Navegantes, Praia de Belas, São Geraldo e São João em Porto Alegre. O número de flagelados em Porto Alegre foi de pelo menos 4.850 pessoas (Correio do Povo, 24/09/1967). Também foram atingidas áreas no centro de Guaíba. Na Figura 10 constam os principais pontos atingidos por inundações na década de 1960.

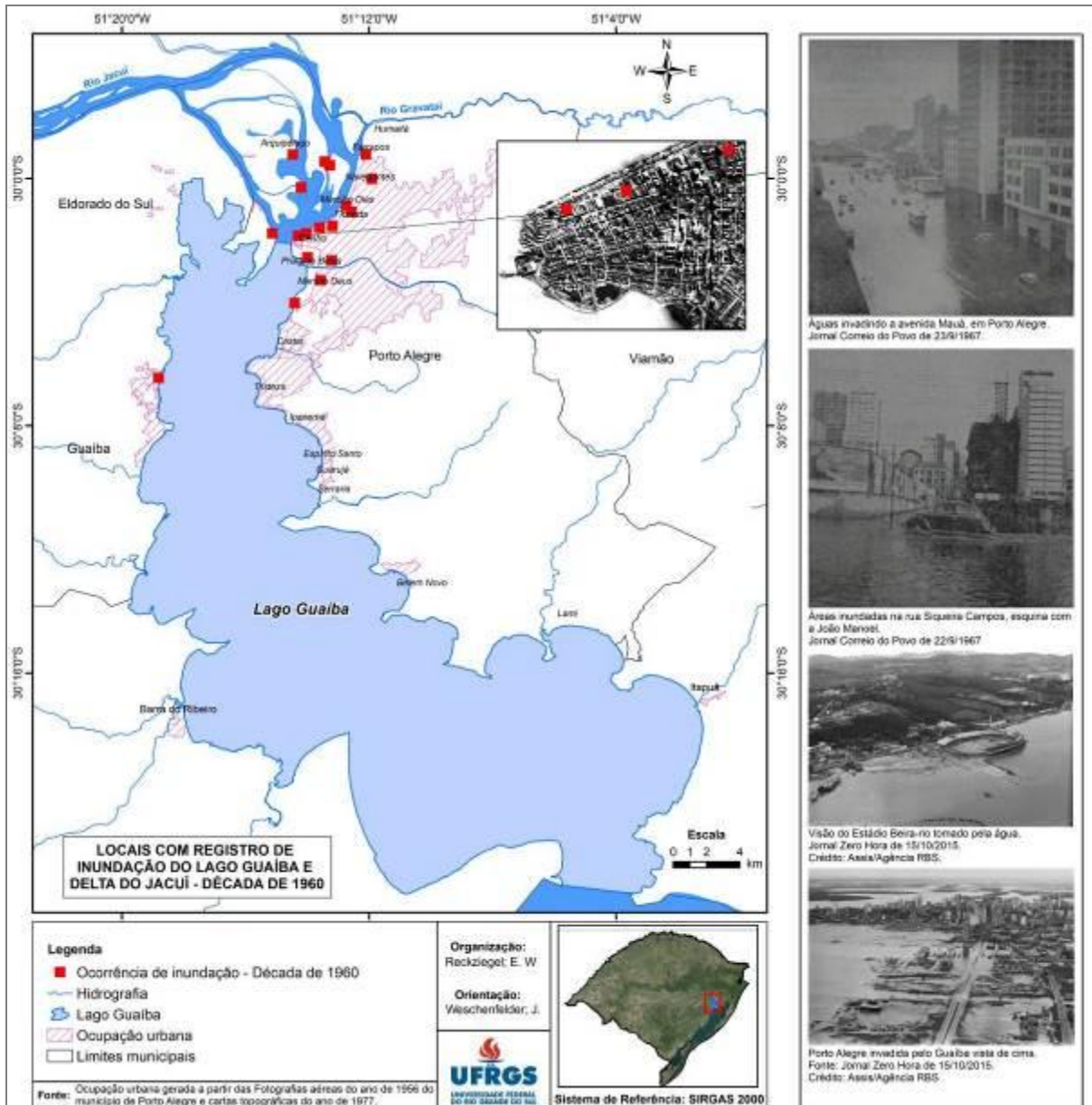


Figura 10: Locais com registro de inundação na década de 1960.

4.2.4. Década de 1970

A década de 1970 é caracterizada pela baixa frequência de eventos, sendo registradas 3 inundações de baixa intensidade.

No evento ocorrido em julho de 1972 foram atingidas áreas das ilhas (Grande dos Marinheiros e da Pintada) e do bairro Serraria em Porto Alegre, sendo registrados em torno de 100 flagelados (Correio do Povo, 20/7/1972). Em setembro de 1972 a inundação de baixa intensidade atingiu principalmente áreas das ilhas (Grande dos Marinheiros, Humaitá, Pintada, Pavão, das Flores) e foram registrados

mais de 200 flagelados (Correio do Povo, 5/9/1972). Em agosto de 1977 durante a inunda o de baixa intensidade foram atingidas áreas das ilhas em Porto Alegre e a rua João Pessoa na cidade de Guaiba. Na Figura 11 constam os principais pontos atingidos por inunda es na década de 1970.

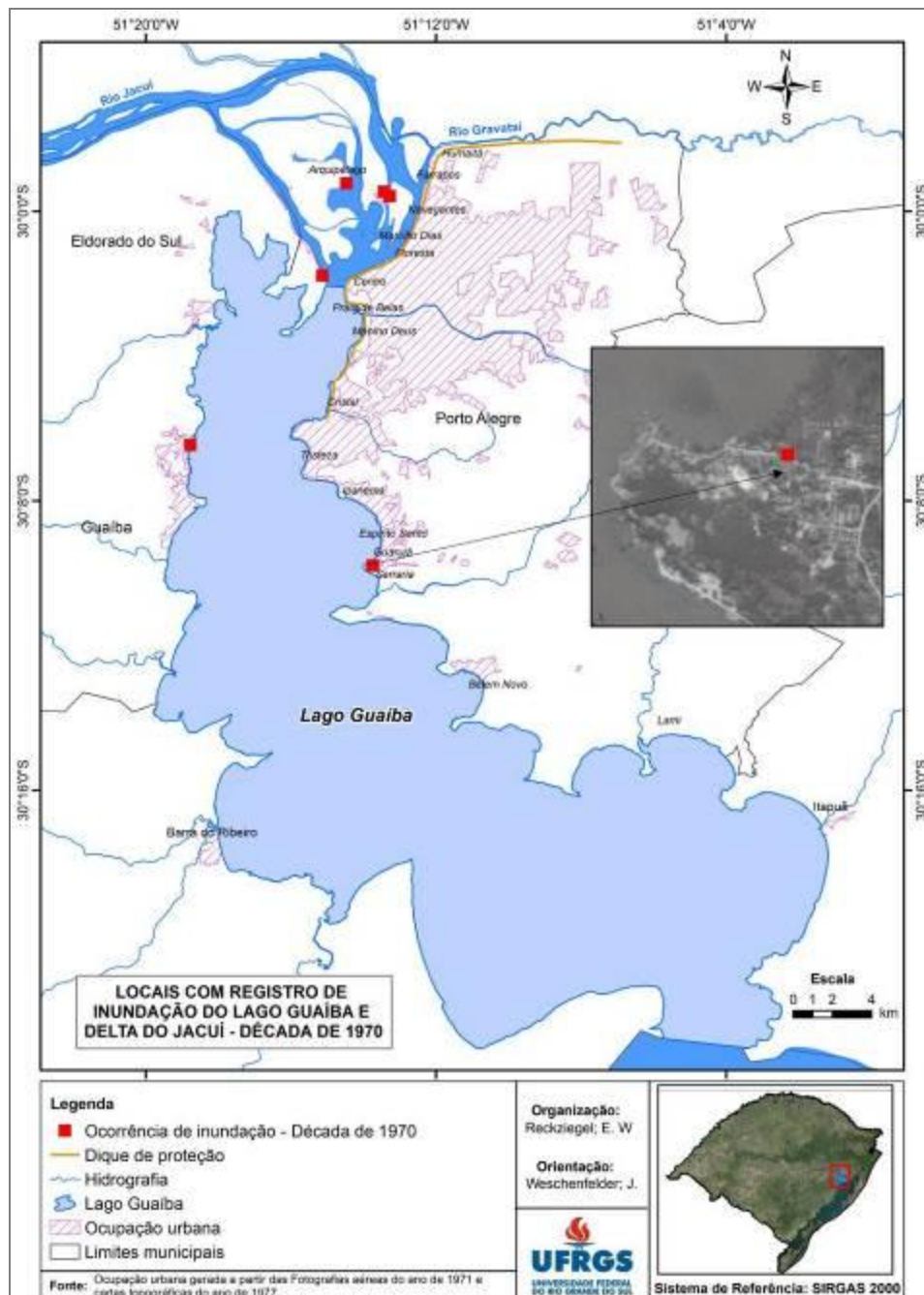


Figura 11: Locais com registro de inunda o na década de 1970.

Na década de 1970 foi implantado o sistema de prote o de cheias na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Em Porto Alegre o sistema de

proteção é constituído por um sistema de diques de concreto na área central e de enrocamento no restante. O sistema de diques foi projetado para a cota de 6,0 m, que representa 1,25 m acima da cota da cheia de 1941 (METROPLAN, 2013). Os demais municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí não possuem diques de proteção contra inundações.

A implantação do sistema de proteção teve como consequência a redução da ocorrência de eventos de inundação no centro e na porção norte de Porto Alegre a partir deste período. No entanto, áreas que não são protegidas pelo sistema de proteção continuaram sendo afetadas pelas inundações.

4.2.5. Década de 1980

A década de 1980 é caracterizada pela maior frequência de eventos. No entanto, predominam aqueles de baixa e média intensidade: das 8 inundações registradas, apenas uma foi de alta intensidade.

Na inundação de média intensidade de julho de 1983 pelo menos 1.200 pessoas ficaram desabrigadas. Em agosto de 1983, no evento de média intensidade, foram atingidas as ilhas e o bairro Serraria em Porto Alegre. De acordo com METROPLAN (2001) somente nas cercanias de Porto Alegre aproximadamente 29 mil pessoas estavam desabrigadas, mais de três mil na região do Delta do Jacuí. Foi a primeira vez que os portões do muro Mauá foram fechados e vedados.

No evento de alta intensidade ocorrido em junho de 1984 foram atingidas áreas das ilhas e dos municípios de Eldorado do Sul e Guaíba.

Os eventos de agosto de 1985 e agosto 1987 foram de baixa intensidade. Neste último, foram atingidas áreas das ilhas e dos bairros Guarujá, Ipanema e Serraria em Porto Alegre, sendo registrados mais de 350 flagelados (Correio do Povo, 21/8/1987). Já em julho de 1987, no evento de média intensidade, foram atingidas áreas das ilhas Grande dos Marinheiros, das Flores e do Pavão.

Nos eventos de baixa intensidade de setembro de 1988 e 1989 as áreas mais atingidas foram as ilhas e o bairro Serraria na zona sul de Porto Alegre. Na Figura 12 constam os principais pontos atingidos por inundações na década de 1980

onde é possível observar a ausência de eventos nos locais protegidos pelo sistema de proteção (no centro e na porção norte de Porto Alegre).

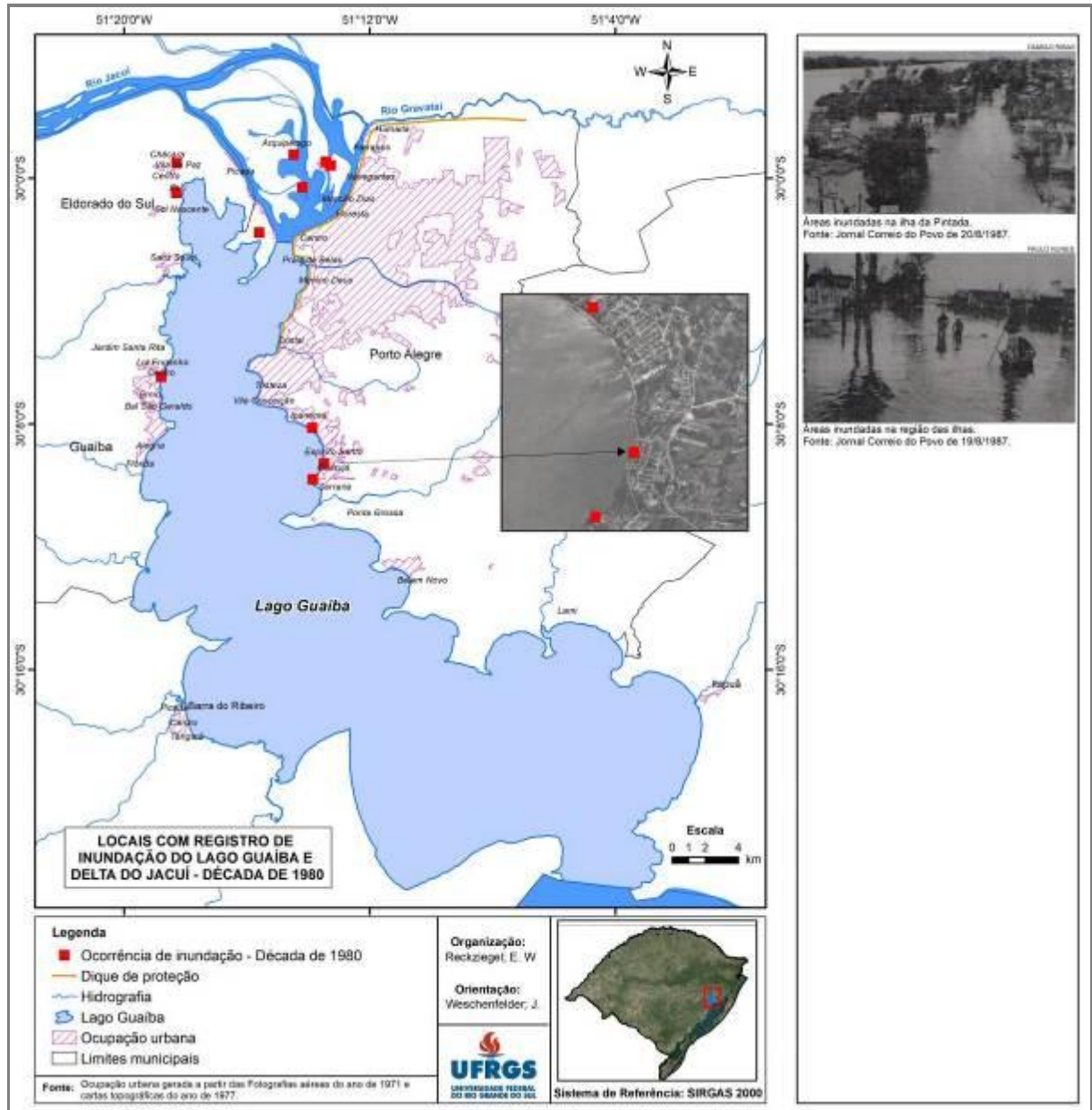


Figura 12: Locais com registro de inundação na década de 1980.

4.2.6. Década de 1990

Na década de 1990 foram registradas 5 inundações de baixa intensidade.

No evento de outubro de 1990, 350 famílias tiveram as casas atingidas na região das ilhas do Pavão, Grande dos Marinheiros, da Pintada e das Flores (Correio do Povo, 16/10/1990). Em julho de 1993 foram atingidas áreas das ilhas Grande dos

Marinheiros, das Flores e da Pintada e do bairro Serraria em Porto Alegre. Dezenas de casas foram atingidas e pelo menos 4 pessoas ficaram desabrigadas em decorrência deste evento (Correio do Povo, 12/7/1993).

Em agosto de 1995, no evento de baixa intensidade, foram atingidas áreas das ilhas e dos bairros Cristal e Serraria em Porto Alegre deixando 75 famílias desabrigadas. No evento de baixa intensidade de outubro de 1997 foram atingidas áreas das ilhas Grande dos Marinheiros e da Pintada, além de locais dos bairros Praia de Belas e Serraria em Porto Alegre. Foram removidas de suas casas 20 famílias (Correio do Povo, 18/10/1997). Na Figura 13 constam os principais pontos atingidos por inundações na década de 1990.

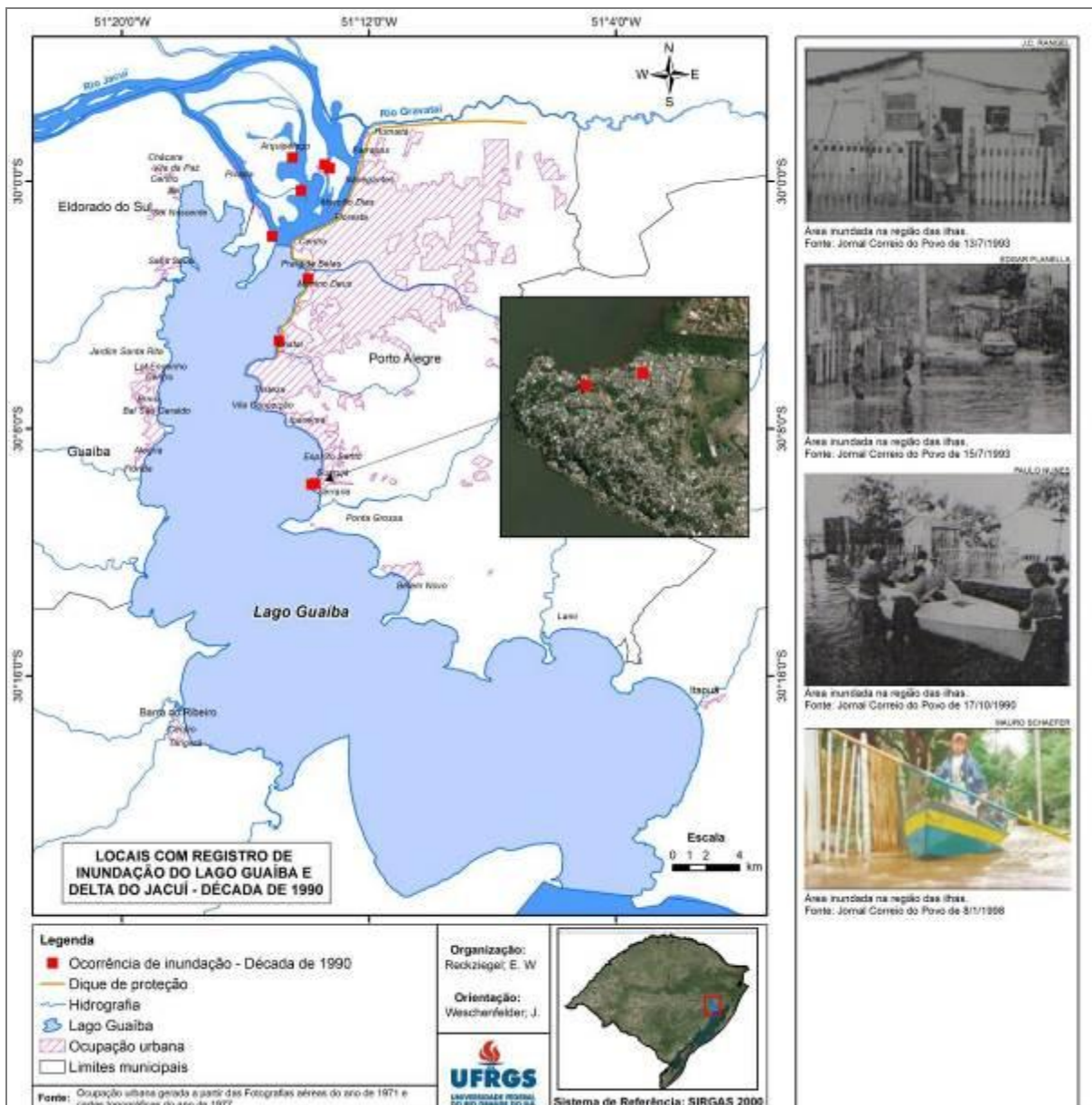


Figura 13: Locais com registro de inundações na década de 1990.

4.2.7. Década de 2000

Na década de 2000 foram registradas 13 inundações. Apesar de o período 2000-2010 ter registrado maior número de eventos a intensidade dos mesmos não foi tão significativa, não sendo registradas inundações de alta ou muito alta intensidade.

No evento de baixa intensidade de outubro de 2000 foram atingidas áreas das ilhas, sendo a Ilha Grande dos Marinheiros a mais afetada. Em julho de 2001 foram atingidas áreas da Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha das Flores, onde pelo menos 300 famílias ficaram desabrigadas. Também foram atingidas áreas do município de Eldorado do Sul, sendo os bairros Cidade Verde, Vila da Paz e Chácara os mais afetados deixando mais de 800 pessoas desabrigadas (Correio do Povo, 24/7/2001).

Em outubro de 2001, no evento de baixa intensidade, foram atingidas áreas das ilhas e pelo menos 150 moradores da Ilha Grande dos Marinheiros deixaram suas casas (Correio do Povo, 5/10/2001). Em junho de 2002 no evento de média intensidade foram atingidas famílias das ilhas, além de áreas ribeirinhas do bairro Cristal e Serraria em Porto Alegre. Neste evento houve uma vítima fatal (Correio do Povo, 11/6/2002) e aproximadamente 500 pessoas ficaram desabrigadas (Correio do Povo, 17/6/2002).

No evento de média intensidade de outubro de 2002 foram atingidas áreas da Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha das Flores. Já nos eventos de baixa intensidade de outubro de 2005 e julho de 2007 foram afetadas dezenas de casas na Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha da Pintada.

No evento de média intensidade de setembro de 2007 foram atingidos 35% dos 15 mil moradores das ilhas (Correio do Povo, 27/9/2007). Também foram atingidas áreas do município de Eldorado do Sul, sendo os bairros Chácara, Cidade Verde, Itaí, Picada, Sans Souci, Vila da Paz e parte do Centro os mais afetados. Neste município aproximadamente 12 mil pessoas ficaram desalojadas e duas mil edificações ficaram danificadas (Correio do Povo, 27/9/2007).

Em outubro de 2008 a inundação de baixa intensidade atingiu áreas das ilhas Grande dos Marinheiros, da Pintada e do Pavão. Pelo menos 40 pessoas ficaram desalojadas (Correio do Povo 30/10/2008).

No evento de média intensidade de setembro de 2009 foram atingidas principalmente áreas das ilhas, além de moradias na região da Ponta Grossa em Porto Alegre. Pelo menos 230 pessoas deixaram suas casas em decorrência do evento (Correio do Povo, 18/9/2009). Também foram atingidas mais de 1000 casas em Eldorado do Sul nos bairros Cidade Verde, Chácara, Picada e Vila da Paz (Correio do Povo, 16/9/2009). Já em novembro de 2009 as principais áreas atingidas foram as ilhas e o bairro Vila da Paz em Eldorado do Sul.

Na inundação de baixa intensidade de dezembro de 2009 as principais áreas atingidas foram no Bairro Serraria em Porto Alegre, onde 96 pessoas de 20 casas ribeirinhas foram afetadas. A força do vento e das águas do Lago Guaíba derrubaram 5 casas e comprometeram a estrutura de outras 15 na Vila dos Sargentos (Correio do Povo, 14/12/2009). Na Figura 14 constam os principais pontos atingidos por inundações na década de 2000.

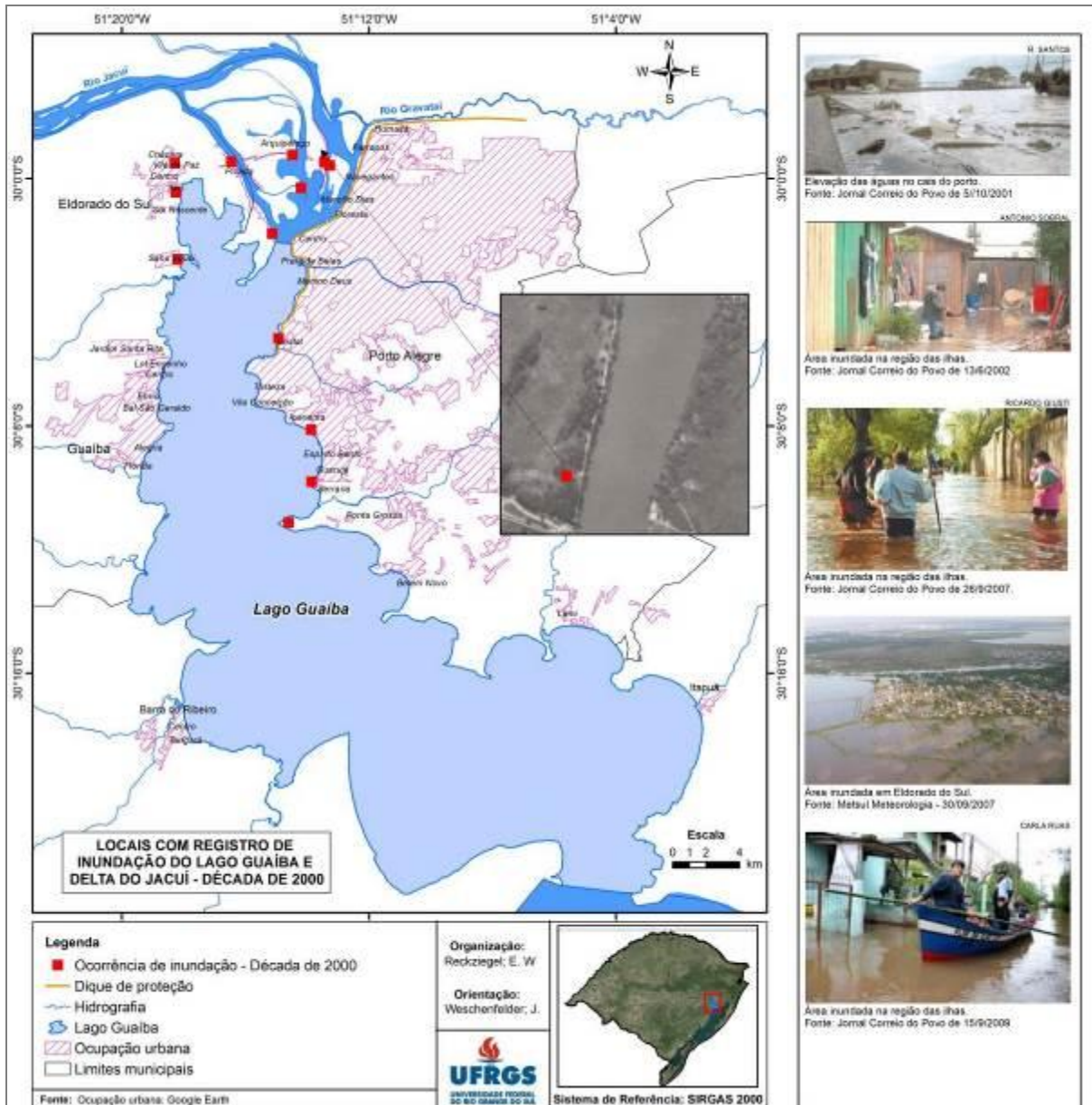


Figura 14: Locais com registro de inundação na década de 2000.

4.2.8. Período 2010 - 2015

No período de 2010-2015 houve registro de 6 eventos de inundação, sendo uma ocorrência de alta intensidade.

No evento de baixa intensidade de julho de 2011 a água atingiu pátios e deixou submersas algumas ruas na Ilha Grande dos Marinheiros. No evento de baixa intensidade de agosto de 2011 foram atingidas áreas das ilhas e dos bairros Chácara, Cidade Verde, Picada e Vila da Paz em Eldorado do Sul. Pelo menos 215 casas foram atingidas (Correio do Povo, 13/8/2011).

Em agosto de 2013 no evento de baixa intensidade pelo menos 145 pessoas ficaram desabrigadas (METRO, 28/8/2013). As áreas mais atingidas foram as ilhas e os bairros Lomba do Pinheiro e Ponta Grossa na zona sul de Porto Alegre. Também foram atingidas áreas do município de Eldorado do Sul como os bairros Cidade Verde, Itaí e Vila da Paz. Em julho de 2014 foi atingida área do bairro Vila Assunção em Porto Alegre.

O evento de julho de 2015 foi de média intensidade e foram atingidas áreas das ilhas e da orla de Ipanema e Guarujá, em Porto Alegre. Em Eldorado do Sul 2.400 pessoas foram atingidas pelo avanço das águas nos bairros Cidade Verde, Itaí, Picada e Vila da Paz.

A inundação de outubro de 2015 foi de alta intensidade e atingiu a segunda maior cota fluviométrica da série histórica analisada deixando milhares de pessoas desabrigadas. As comportas do Lago Guaíba que integram o sistema de prote o de cheias foram fechadas em decorrência da subida do nível da  gua. Em Porto Alegre as principais áreas atingidas foram as ilhas, por oes dos bairros Guarujá, Ipanema e Praia de Belas e também em áreas da porão norte e o centro (não protegidas pelo dique). No município de Guaíba as principais áreas atingidas foram o calçadão e parte da avenida João Pessoa, além de famílias dos bairros Ipê e Ermo que ficaram desalojadas.

Além disso, foram atingidas áreas do município de Eldorado do Sul, sendo os bairros Chácara, Cidade Verde, Ita , Picada, Sans Souci e Vila da Paz os mais afetados. Dos 37 mil habitantes do município, cerca de 20 mil tiveram as casas inundadas (Correio do Povo, 13/10/2015). Foi decretada Situa o de Emergência em decorrência do evento. Na Figura 15 constam os principais pontos atingidos por inunda oes no período 2010-2015.

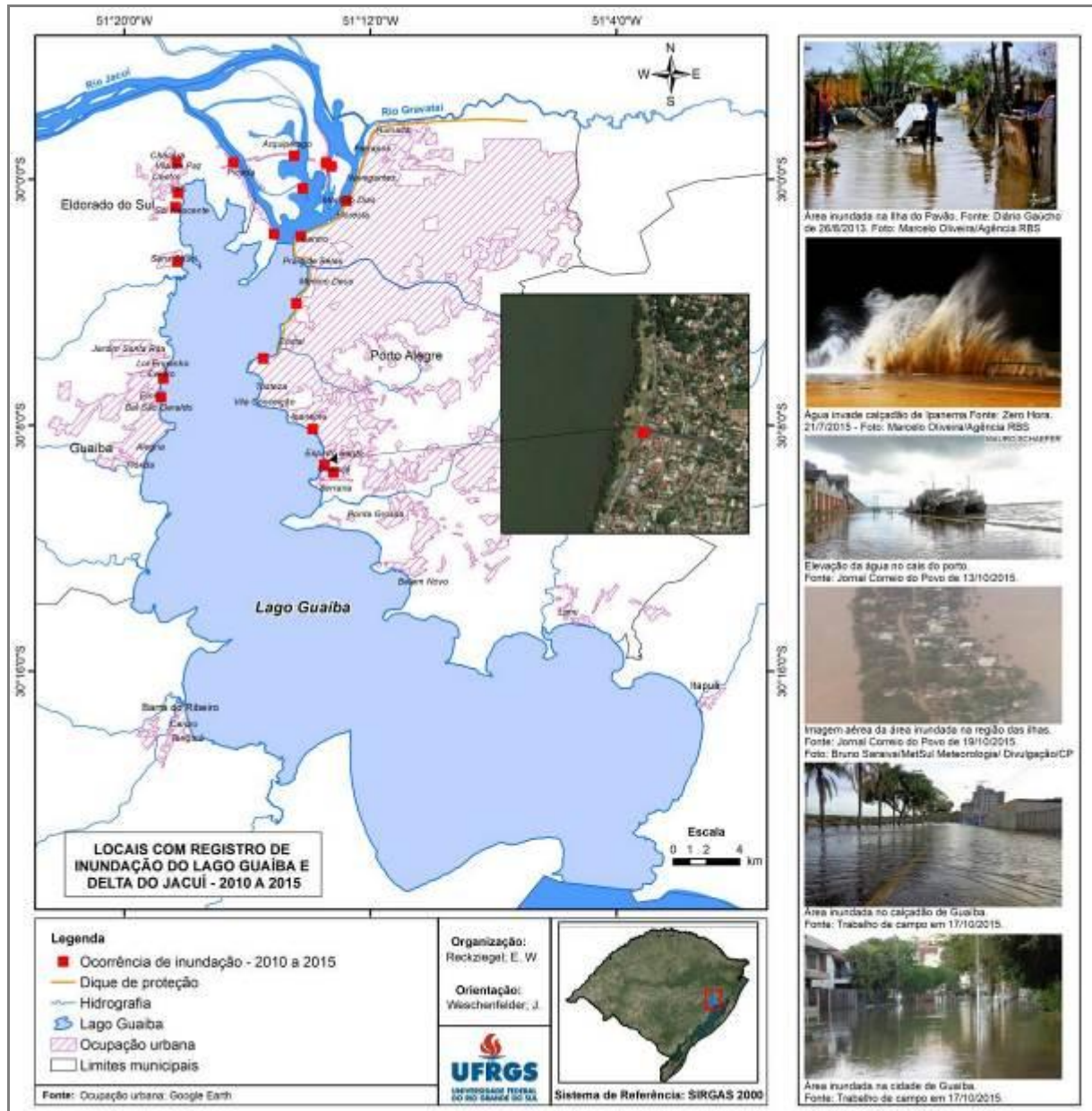


Figura 15: Locais com registro de inundação no período 2010-2015.

4.2.9. Locais atingidos pelas inundações

A partir da análise dos eventos por decênio pode-se observar que nas décadas de 1940, 1950 e 1960 os principais locais atingidos pelas inundações correspondem às ilhas no Arquipélago e o centro e norte de Porto Alegre. A partir da década de 1970 há redução dos registros no centro e norte em Porto Alegre decorrente da instalação do sistema de proteção contra inundação. Além disso, há aumento no número de registros na porção sul de Porto Alegre e também no

município de Eldorado do Sul, principalmente pela maior ocupação destas áreas (Figuras 16 e 17).

As inundações no centro e na porção norte de Porto Alegre a partir da década de 1970 ocorrem em áreas localizadas entre o Lago Guaíba e o dique, em locais não protegidos pelo sistema de proteção, atingindo a infraestrutura urbana existente.

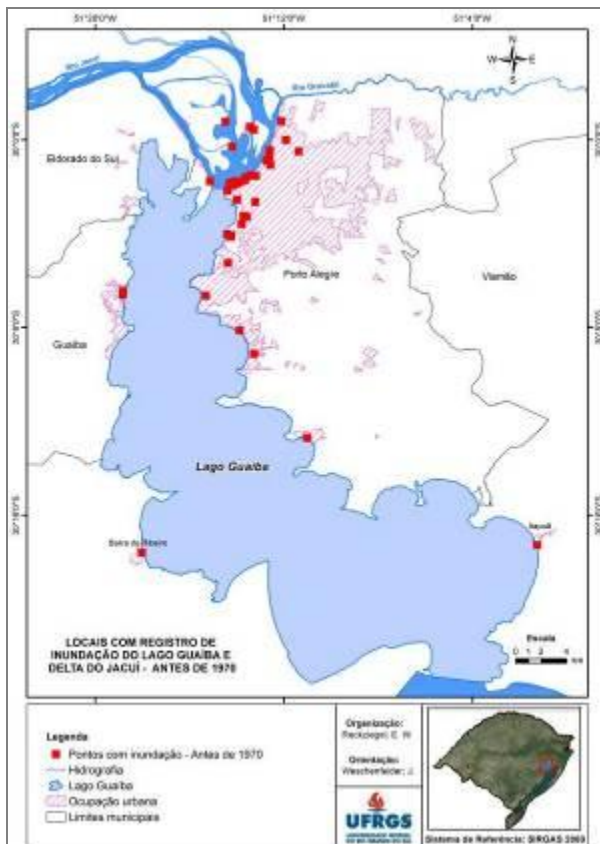


Figura 16: Pontos com registro de inundação antes de 1970 (sem sistema de proteção).

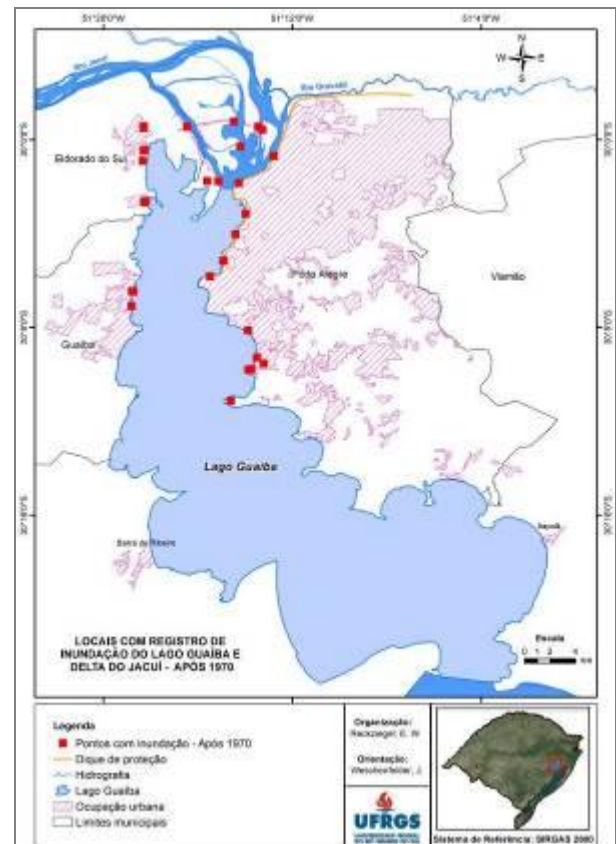


Figura 17: Pontos com registro de inundação após 1970 (com sistema de proteção).

Destaca-se também que o registro de inundação em Eldorado do Sul apenas a partir da década de 1980 pode estar associado ao fato do município ter se emancipado de Guaíba apenas em 1988 sendo que a ocorrência dos eventos pode não ter sido registrada. E também pela baixa densidade ocupacional do município até esse período.

Com relação aos municípios atingidos pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí no período 1940-2015, áreas ribeirinhas do município de Porto Alegre

foram atingidas em 46 eventos, de Eldorado do Sul em 9 eventos, de Guaíba em 5 eventos e Barra do Ribeiro e o distrito de Itapuã (Viamão) foram atingidas em pelo menos 1 evento (Figura 18).



Figura 18: Municípios atingidos pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

No mapa de densidade de inundações (Figura 19) que apresenta a espacialização por bairros em que ocorreram os eventos, pode-se observar maior densidade de inundações durante a série histórica analisada na região das ilhas, assim como, na região dos bairros Centro, Cristal, Guarujá, Ipanema, Menino Deus, Navegantes, Praia de Belas e Serraria em Porto Alegre. Também destacam-se áreas dos bairros Chácara, Cidade Verde, Itaí, Picada, Sans Souci, Vila da Paz em Eldorado do Sul.

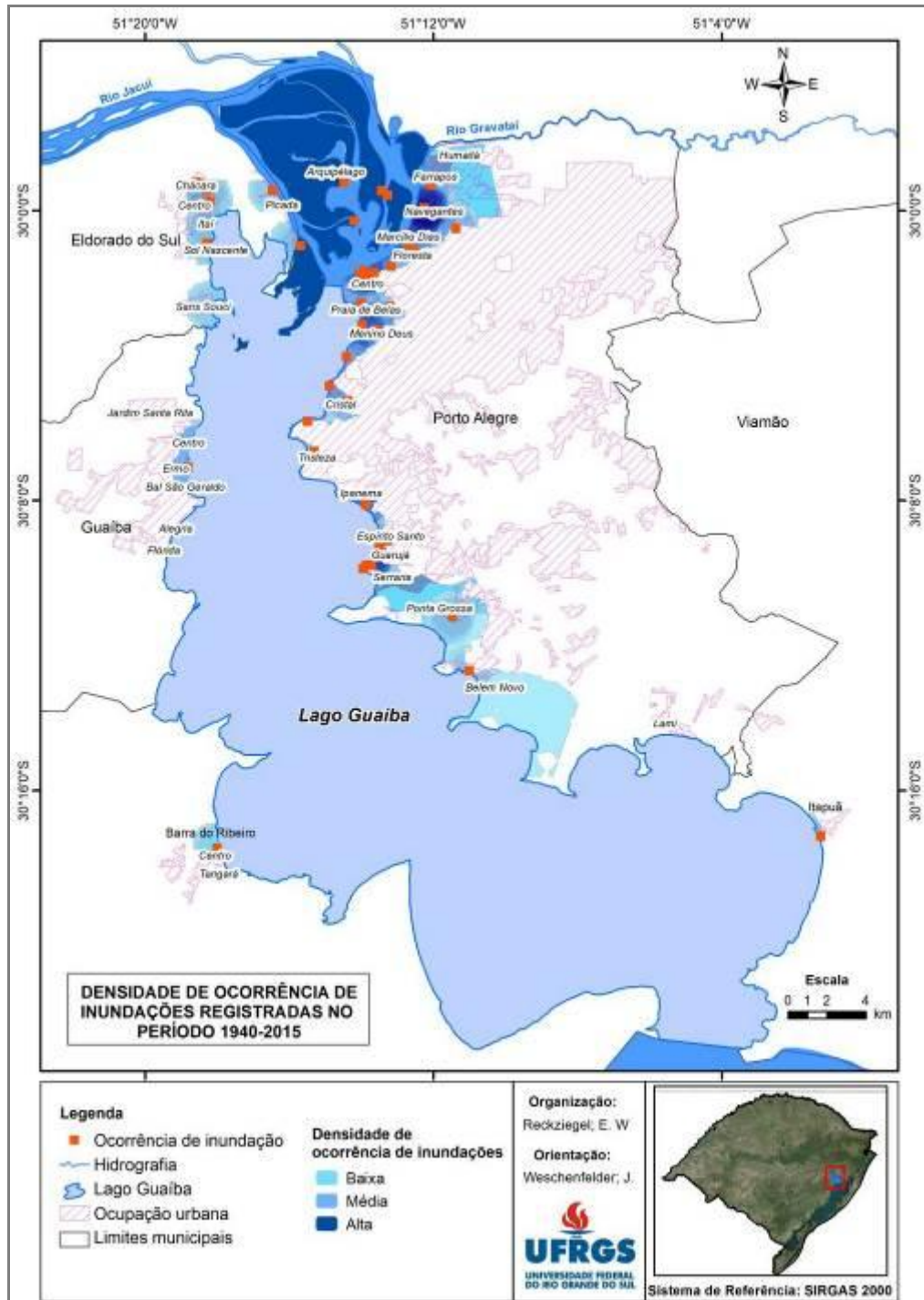


Figura 19: Mapa de densidade de ocorrência de inundações no período 1940-2015.

5. CONCLUSÕES

As inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí são eventos recorrentes e afetam elevado número de pessoas e moradias. Apesar de não terem como consequência elevado número de mortos e feridos causam principalmente perdas financeiras e danos pessoais nas áreas afetadas.

No período 1940-2015 foram registrados 46 eventos de inundação associados ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí, predominando aqueles de baixa e média intensidade que correspondem a 90% das ocorrências. As inundações ocorrem, em geral, quando o Lago Guaíba atinge a cota fluviométrica de 2 metros na estação Praça da Harmonia e de 1,78 metros na estação Ilha da Pintada.

O período do ano em que as inundações são mais frequentes corresponde a julho a outubro. Já no período de novembro a abril as inundações são pouco frequentes.

A partir da década de 1970 com a implantação do sistema de proteção em Porto Alegre há redução das ocorrências de inundação no centro e na porção norte deste município. Também ocorre aumento no número de registros na porção sul de Porto Alegre e no município de Eldorado do Sul. O aumento na frequência de registro de eventos nestes locais está associado a maior ocupação dos mesmos a partir deste período.

Com relação aos municípios atingidos pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, o município de Porto Alegre foi atingido em 46 eventos, Eldorado do Sul em 9 eventos, o município de Guaíba em 5 eventos. Barra do Ribeiro e Itapuã (município de Viamão) foram atingidos em pelo menos 1 evento. Os locais atingidos com maior frequência durante a série histórica analisada correspondem as ilhas do Delta do Jacuí, porções dos bairros Centro, Cristal, Guarujá, Ipanema, Menino Deus, Navegantes, Praia de Belas e Serraria em Porto Alegre e porções dos bairros Chácara, Cidade Verde, Itaí, Picada, Sans Souci e Vila da Paz em Eldorado do Sul.

O histórico de ocorrência e a avaliação da dinâmica temporal e espacial dos eventos é uma importante ferramenta para a gestão e planejamento destas áreas indicando os locais prioritários para estabelecer medidas de prevenção e controle das inundações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Agência Nacional de Águas - ANA. HIDROWEB. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 14 mar. 2014.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional. Vol. 1. Brasília. p. 174. 2003.

CEIC-Centro Integrado de Comando. Prefeitura de Porto Alegre. Monitoramento do Lago Guaíba. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/>. Acesso em 15 jul. 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. v. 1. São Paulo. 1981.

CORREIO DO POVO - Arquivo de Jornais. Consulta diária para o período de 1940 a 2015.

DEP-Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Porto Alegre. Características topográficas e cheias na cidade. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/>. Acesso em 14 mar. 2017.

GUIMARAENS, R. **A enchente de 41**. 3ª ed. Porto Alegre: Libretos. 2009. 100p.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 23 out. 2013.

METRO Jornal. Disponível em: <https://www2.metrojornal.com.br/>. Acesso em 29 ago. 2013.

METROPLAN-Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. **Os rios na cidade**: as enchentes na evolução urbana da região metropolitana de Porto Alegre. Porto Alegre. 2001. p. 91.

METROPLAN-Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. **Estudos e projeto conceitual de proteção contra cheias do delta do Jacuí em Eldorado do Sul - RS**. 2013. p. 45.

CAPÍTULO 4 - SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES ASSOCIADAS AO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS)

No Capítulo 4 está relacionado o artigo que apresenta a análise da suscetibilidade a ocorrência de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. A suscetibilidade foi gerada a partir das características do ambiente do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, do histórico de ocorrência de eventos e com base nas áreas inundadas mapeadas a partir de imagem de satélite. O mesmo foi submetido à Revista Brasileira de Geomorfologia.

Comprovante de submissão:

Roberto Arnaldo Trancoso Gomes <robertogomes@unb.br> para mim ▾ Elisabete Weber Reckziegel, Agradecemos a submissão do trabalho "SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES ASSOCIADAS AO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS)" para a revista Revista Brasileira de Geomorfologia. Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em: URL da submissão: http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/author/submission/1357 Login: elisabetewr Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho. Editores da Revista Brasileira de Geomorfologia Revista Brasileira de Geomorfologia http://www.lsie.unb.br/rbg	21/11/2017
--	------------

SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES ASSOCIADAS AO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ (RS)

SUSCEPTIBILITY TO THE OCCURRENCE OF FLOODS ASSOCIATED WITH GUAÍBA LAKE AND JACUÍ DELTA (RS)

Elisabete Weber Reckziegel¹; Jair Weschenfelder²; Thiago Bazzan³

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113. CEP 91501-970. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Brasil.
E-mail: elisabetewr@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113. CEP 91501-970. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Brasil.
E-mail: jair.weschenfelder@ufrgs.br

³ Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL). Av. Almeida Garret, 267 Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, CEP 13087-290. Campinas, São Paulo. Brasil.
E-mail: thiagobaz@yahoo.com.br

Resumo

O processo de inundação é resultado de um evento de intensa precipitação na bacia de contribuição de um curso de água e seus tributários que faz com que o mesmo transponha as águas para além das margens. A suscetibilidade a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foi determinada a partir das características do ambiente no qual está localizada a área de estudo que favorecem a ocorrência das inundações. Para tanto, foram integrados dados de topografia, geologia e áreas inundadas. As áreas com suscetibilidade correspondem as áreas planas do entorno onde as declividades são inferiores a 5% e as altitudes inferiores a 5 metros. A litologia é constituída por depósitos de origem aluvial e de planície lagunar. Totalizam aproximadamente 230 km²; dos quais, 107 km² apresentam alta suscetibilidade. As áreas suscetíveis que são protegidas perante a legislação totalizam 35%. O mapeamento das áreas com suscetibilidade configura-se como uma importante ferramenta para o planejamento urbano e ambiental, sendo fundamental na escolha de áreas adequadas para ocupação.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Inundação; Lago Guaíba.

Abstract

Flood process result of an intense precipitation event in the river basin contribution of a water course and tributaries that causes it transpose its waters beyond its banks. Flood susceptibility of Guaíba Lake and Jacuí Delta is determined from the characteristics of the environment in which the study area is located that favor the

occurrence of floods. Data on topography, geology and flooded areas were integrated. The areas with susceptibility correspond to the flat areas of the surroundings where the slopes are less than 5% and the altitudes below 5 meters. The lithology consists of deposits of alluvial origin and of the lagoon plain. They total approximately 230 km²; from which 107 km² are highly susceptible. Susceptible areas that are protected by the law total 35%. The mapping of areas with susceptibility is a valuable tool for urban and environmental planning, being fundamental in the selection of suitable areas for occupation.

Keywords: Floods; Susceptibility; Guaíba Lake.

1. INTRODUÇÃO

O processo de inundação é resultado de um evento meteorológico de intensa precipitação pluviométrica na bacia de contribuição de um curso de água e seus tributários que faz com que o mesmo transponha as águas para além de suas margens.

A ocorrência de danos associados as inundações deve-se, em grande parte, a ocupação das áreas com suscetibilidade. Com relação ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí, grande parte da área urbana dos municípios situados no entorno está localizada em áreas topograficamente planas e em baixas altitudes, suscetíveis a inundação.

Nestas áreas urbanas dos municípios situados nas margens do Lago Guaíba e Delta do Jacuí estudos como de Reckziegel (2007) e Reckziegel (2008) identificaram a ocorrência de eventos de inundação. Além destes estudos, o mapeamento das áreas com potencial de risco realizado para Eldorado do Sul e Porto Alegre (CPRM, 2012) também indica a presença de áreas de risco de inundação nestes municípios.

Dessa forma, diante da relevância do tema associado as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, a delimitação das áreas com suscetibilidade é fundamental para identificar os locais com maior favorabilidade a ocorrência destes eventos.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Lago Guaíba e o Delta do Jacuí localizam-se entre as coordenadas $29^{\circ}55'56''\text{S}$ e $30^{\circ}21'24''\text{S}$ de latitude e $51^{\circ}19'51''\text{W}$ e $51^{\circ}1'29''\text{W}$ de longitude, na porção leste do estado do Rio Grande do Sul. O Lago Guaíba limita-se à leste com o município de Porto Alegre, à sudeste com Viamão, à oeste com Barra do Ribeiro e Guaíba, à noroeste com Eldorado do Sul e ao sul conecta-se com a Lagoa dos Patos (Figura 1). Ao norte do Delta do Jacuí, localizam-se os municípios de Canoas, Nova Santa Rita e Triunfo.

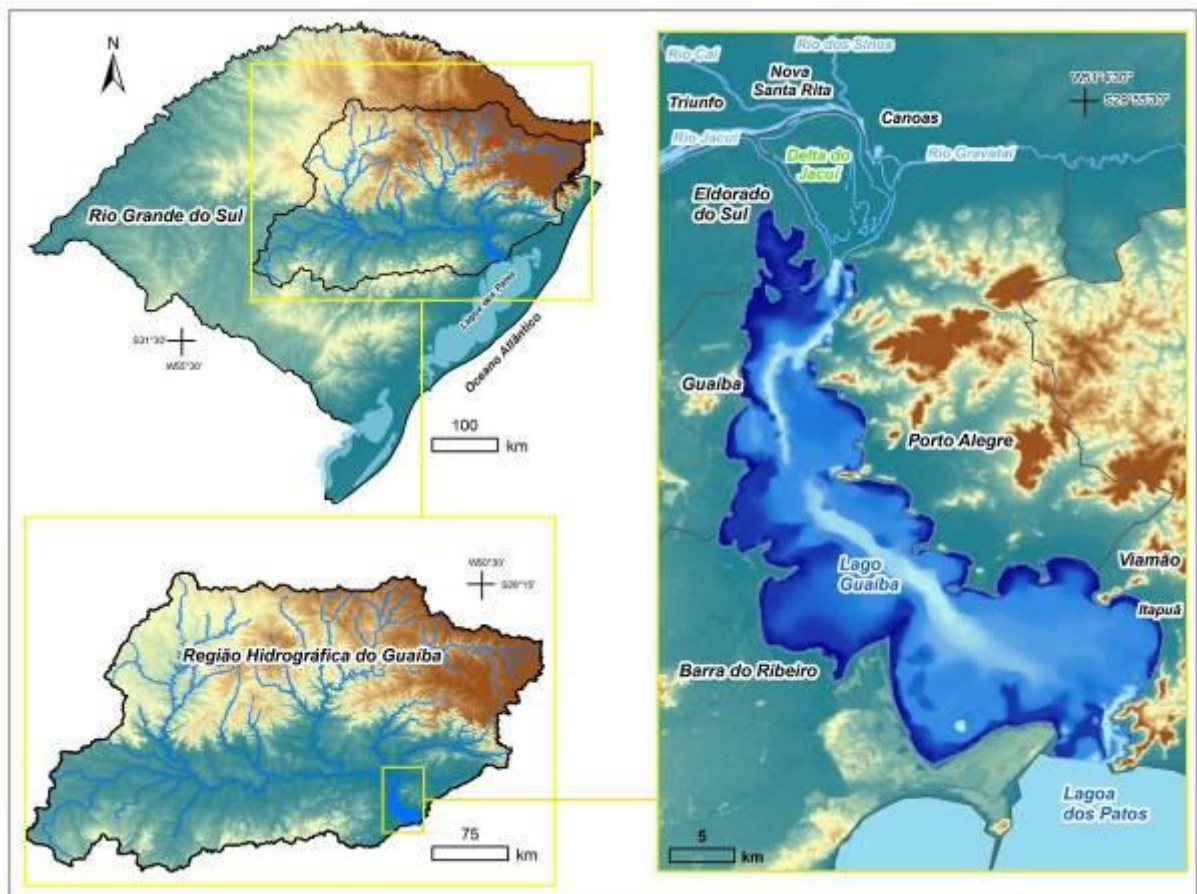


Figura 1: Localização da área de estudo (Modelo Digital de Elevação do SRTM).

O Delta do Jacuí é formado pela afluência dos rios Caí, Gravataí, Jacuí e Sinos e nele se localiza um arquipélago de ilhas, destacando-se a Ilha das Flores, Ilha Grande dos Marinheiros, Ilha do Pavão, Ilha da Pintada, Ilha da Casa da Pólvora, Ilha das Graças e Ilha do Humaitá.

O Lago Guaíba, formado pelas águas provenientes do Delta do Jacuí, possui em torno de 50 km de extensão e largura variável de 1 a 18 km, abrangendo uma área aproximada de 485 km². A bacia de contribuição, que corresponde a Região Hidrográfica do Guaíba, é de aproximadamente 85.250 km², sendo que a bacia do Rio Jacuí contribui com 84% da área total.

3. METODOLOGIA

Para avaliar a suscetibilidade a ocorrência das inundações foram integrados dados de altitudes, declividades e unidades geológicas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. Foram consideradas também as áreas inundadas mapeadas a partir de imagem de satélite.

Os dados topográficos para a geração dos mapas de altitudes e declividades foram obtidos a partir de curvas de nível com equidistância de 1 metro do município de Porto Alegre, disponibilizadas por Hasenack *et al.* (2010). Para os municípios de Eldorado do Sul e Guaíba foram utilizadas as curvas de nível com equidistância de 5 metros das cartas do Levantamento Aerofotogramétrico do ano de 1972 disponibilizadas pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN). Para as demais áreas, onde não foram encontrados dados topográficos em escala de maior detalhe, foram integradas curvas de nível do Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizado pelo Projeto Topodata.

Para o mapa de declividade foram geradas 3 classes, considerando os intervalos de 0-5%, 5-15% e superior a 15%, definidas com base na classificação de IPT (1981) *apud* Moreira e Pires Neto (1998). Estas informações, juntamente com a espacialização das altitudes, auxiliaram na identificação das áreas planas no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Na maior inundação registrada na área de estudo, em 1941, a maior cota fluviométrica registrada na estação Praça da Harmonia correspondeu a 4,63 metros. Com relação à cota topográfica alcançada pelas águas, com base em informações constantes na ficha com o histórico da estação Praça da Harmonia fornecida pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH) a marca da enchente de 1941 seria

de 4,91 metros referidos ao zero do mar. Valenti (2010) no estudo sobre inundações em Porto Alegre concluiu que a altura verdadeira a que chegou a inundação de 1941 pode ser estimada e fixada a partir de dois referenciais, o primeiro em rela o ao Nível Médio do Mar (NMM) como sendo 4,1621 metros, e em rela o   régua de medida do nível do Guaíba no cais do porto com o valor de 4,6836 metros.

Dessa forma,   possível verificar que na maior inunda o registrada na área de estudo a cota topográfica alcançada pelas águas está estimada entre 4 e 5 metros. Diante disso, para esta pesquisa foi considerado o limite de 5 metros para a defini o das áreas suscetíveis a inunda o.

A base referente as unidades geológicas do entorno, na escala 1:250.000, foi obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2003). Para o município de Porto Alegre também foi consultada a base cartográfica vetorial do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, na escala 1:15.000, disponibilizada por Hasenack *et al.* (2008).

O mapeamento das áreas inundadas foi realizado a partir da imagem do satélite Landsat 5 de 11/06/1984, que corresponde a data de ocorrência do evento de inunda o de maior intensidade dentre as imagens de satélite pesquisadas. A imagem foi obtida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para o mapeamento das áreas inundadas foi utilizado o *Modified Difference Water Index* (MNDWI) proposto por Xu (2006) (Equa o 1).

Equa o 1:
$$\text{MNDWI} = \frac{\text{Green} - \text{MIR}}{\text{Green} + \text{MIR}}$$

O *Green* corresponde a banda 2 (verde) e o MIR (*Midle Infrared Band*) corresponde a banda 5 (infravermelho médio) do sensor TM do Landsat 5. Foram obtidos valores entre -1 e 1 e posteriormente extraídos os valores entre 0 e 1 que correspondem a água aparente.

A correla o das informa es referentes a topografia, unidades geológicas e áreas inundadas permitiu a defini o dos locais com suscetibilidade a ocorrência de inunda o do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. Foram definidas classes de alta e baixa suscetibilidade, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Síntese das informações para a definição da suscetibilidade.

Parâmetros de suscetibilidade	Baixa	Alta
Altitude	Entre 2 e 5 metros	Inferiores a 2 metros
Declividade	Inferiores a 5%	Inferiores a 5%
Geologia	Depósitos aluviais, colúvio-aluviais, de planície lagunar, praias e de cristas lagunares.	Depósitos aluviais, colúvio-aluviais, de planície lagunar, praias e de cristas lagunares.
Áreas inundadas	Sim/Não	Sim

Fonte: Organizado pelos autores.

A avaliação do sentido e da velocidade do vento durante a ocorrência das inundações foi realizada com base nas informações da estação Porto Alegre (83967) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que possui dados disponíveis a partir do ano de 1961. Foram verificadas as datas de ocorrência de inundação e avaliado o sentido predominante e a velocidade máxima do vento nos dias em que foi registrada a maior cota fluviométrica do Lago Guaíba. A velocidade dos ventos foi classificada de acordo com a Escala Anemométrica Internacional de Beaufort, disponível em Cepagri (2017). Esta avaliação foi realizada para 30 inundações.

Após a delimitação das áreas suscetíveis foram espacializadas as áreas que são protegidas ambientalmente perante a legislação, sendo consideradas áreas prioritárias para conservação e preservação. Os limites das Unidades de Conservação (UCs) foram obtidos junto à Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA/RS). As áreas de preservação permanente (APPs) foram delimitadas com base na Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Para o Lago Guaíba foram definidas APPs de 100 metros para as zonas rurais e 30 metros para as zonas urbanas. Foram definidas APPs de 500 metros para os cursos d'água localizados no Delta do Jacuí e 30 metros para os arroios que deságuam no Lago Guaíba.

4. RESULTADOS

4.1. Topografia do entorno

O entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí é constituído por áreas predominantemente planas, onde as altitudes são, em geral, inferiores a 20 metros. Em porções mais afastadas das margens do lago e do delta, de forma mais

significativa na margem leste, ocorrem colinas suave e fortemente onduladas, com altitudes entre 20 e 80 metros, assim como, morros com altitudes superiores a 300 metros (Figura 2).

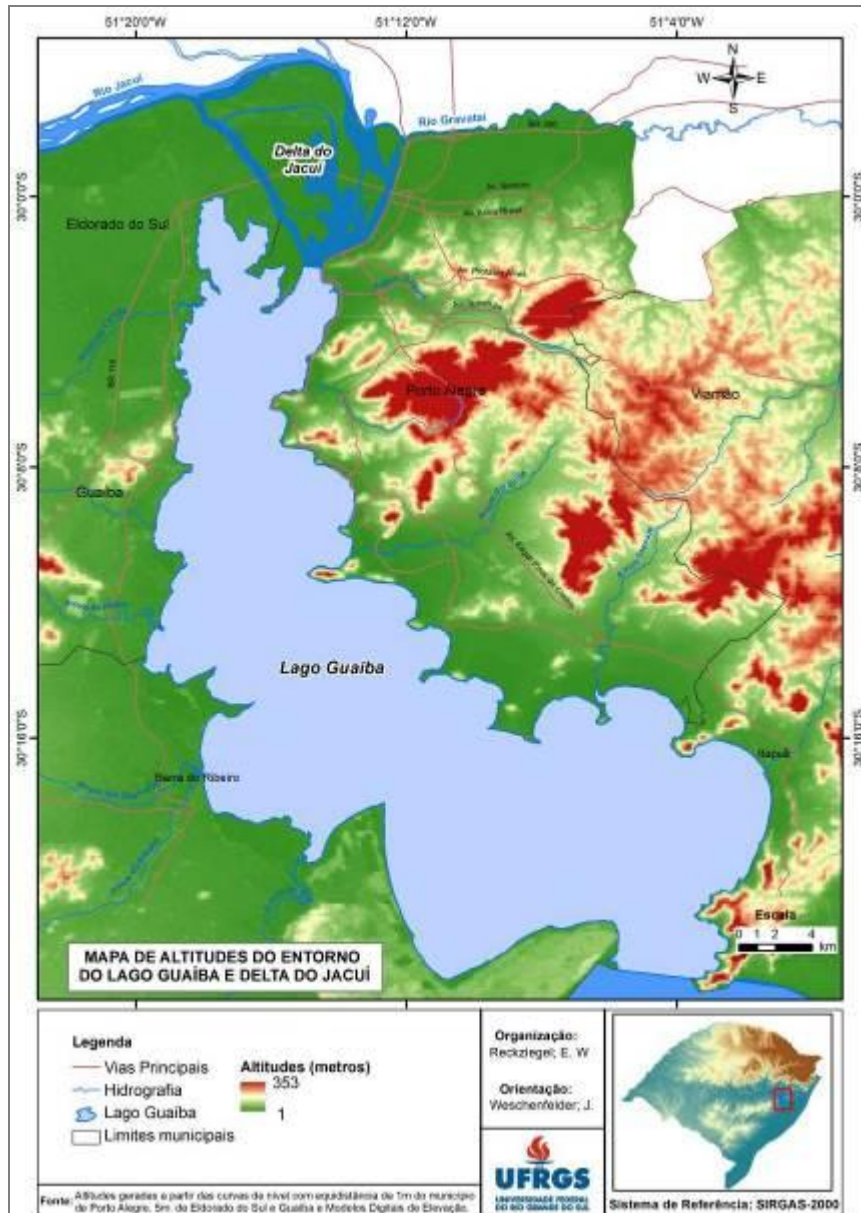


Figura 2: Altitudes do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Com relação às declividades, no entorno predominam baixas declividades, em geral, aquelas inferiores a 5%, que constituem áreas planas. As declividades superiores a 15% que configuram vertentes inclinadas ocorrem de forma isolada, principalmente na margem leste (Figura 3).

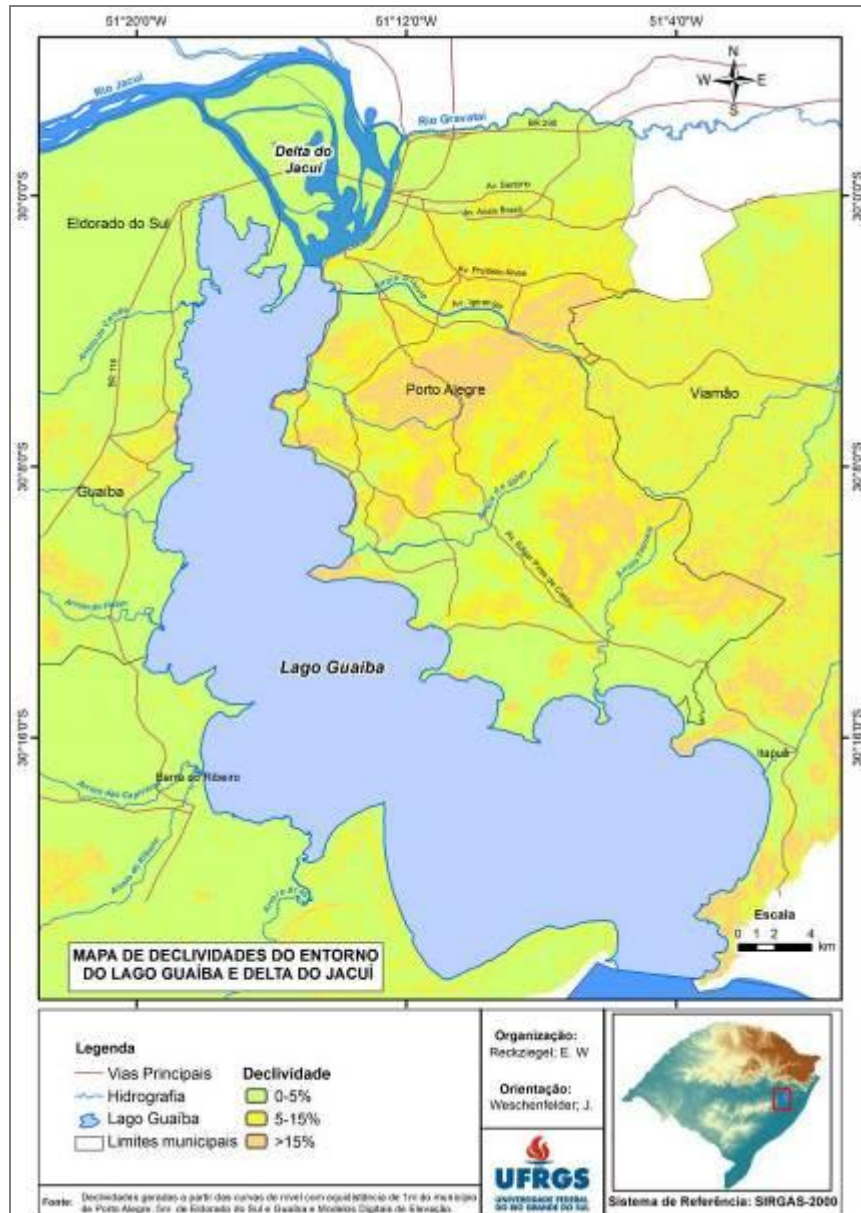


Figura 3: Declividades do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Na Figura 4 está representada a variação da topografia no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí indicando a predominância de relevo plano próximo às margens e áreas de relevo ondulado e íngreme em porções mais afastadas do lago.

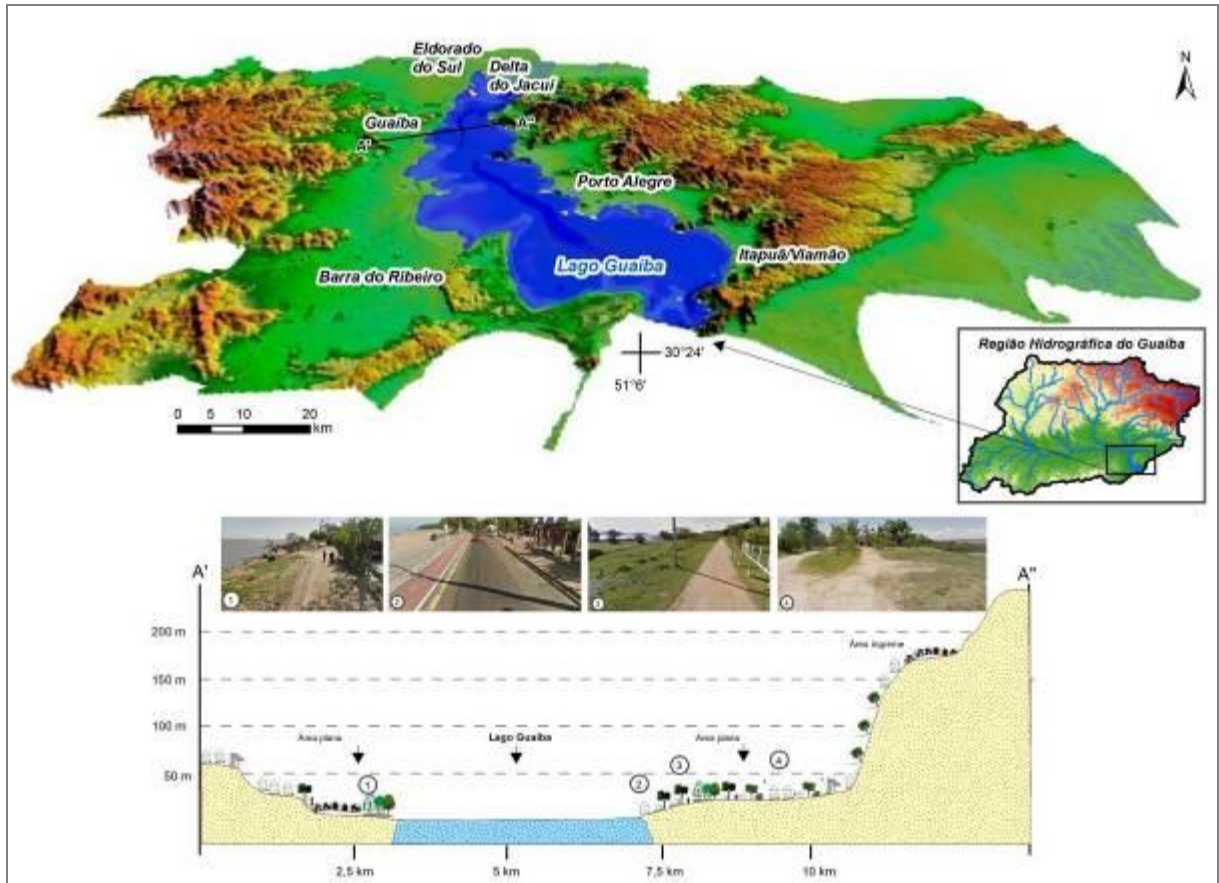


Figura 4: Topografia do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

4.2. Unidades geológicas

Em relação à geologia, com base no mapeamento do IBGE (2003), no entorno do Lago Guaíba predominam depósitos aluviais e depósitos de planície lagunar. Junto ao Delta do Jacuí ocorrem depósitos deltaicos e aluviais. Na porção sul do Lago Guaíba também ocorrem depósitos praias e cristas lagunares. Em porções do entorno ocorrem ainda litologias da Suíte Intrusiva Dom Feliciano (unidade Cerro Grande e unidade Serra do Erval) e do Complexo granito-gnáissico Pinheiro (unidade Pinheiro Machado).

Os eventos de inundação ocorrem em geral em áreas de litologia constituída por depósitos aluviais, colúvio-aluviais, de planície lagunar, praias e de cristas lagunares. Nestes locais a ocorrência de materiais inconsolidados confere maior saturação do solo, o que contribui para intensificar as inundações nas áreas planas do entorno.

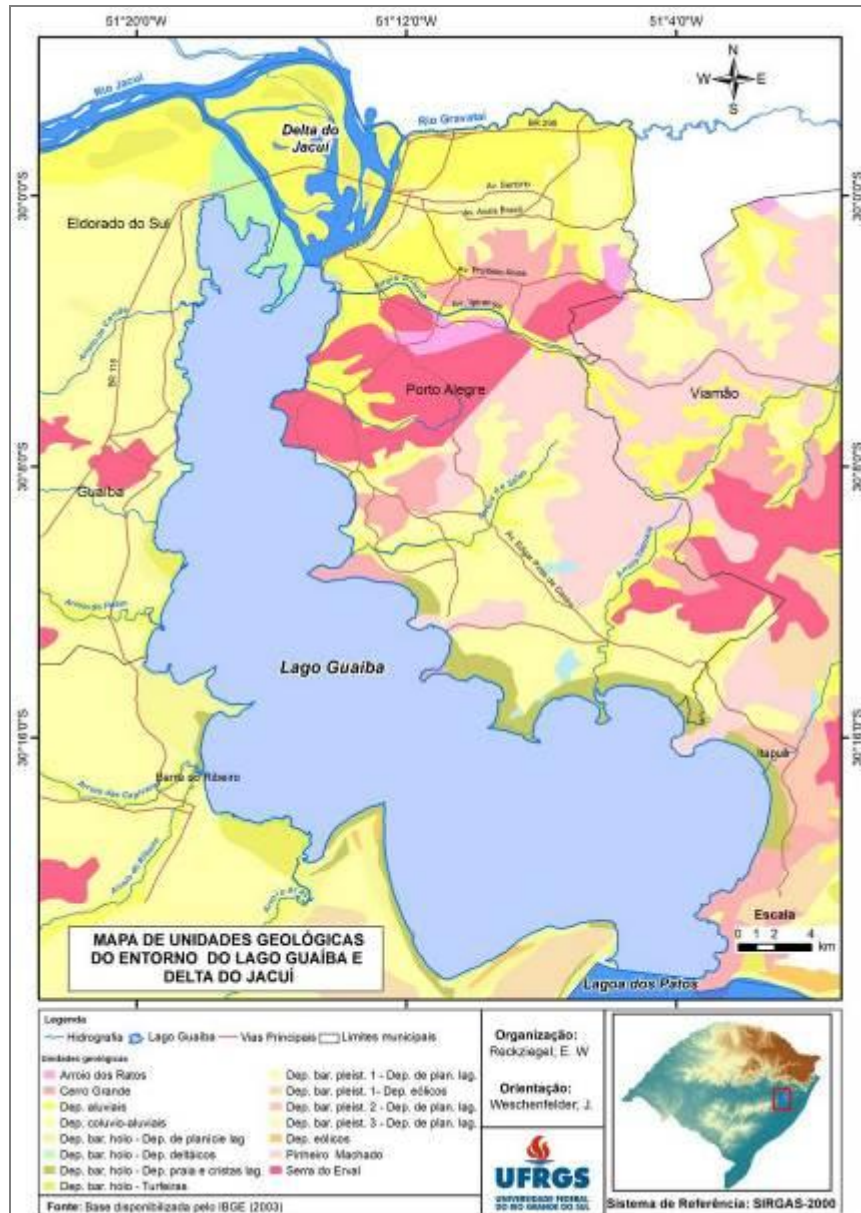


Figura 5: Unidades geológicas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

4.3. Áreas inundadas

As informações obtidas por meio do MNDWI permitiram a identificação de áreas inundadas e alagadas no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. Nestes locais a topografia plana favorece a ocorrência das inundações.

O mapeamento (Figura 6) indica que as áreas inundadas ocorrem principalmente junto as ilhas localizadas no Delta do Jacuí. Também destacam-se na margem oeste junto à foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba, como os arroios do

Conde, do Petim, Ribeiro e do Araçá. Na margem leste destaca-se a região do Belém Novo e a foz dos arroios do Salso e Taquara em Porto Alegre.

No entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí ocorrem também feições de áreas úmidas, como o Banhado Grande e do Jacaré. Em períodos de intensas precipitações pluviométricas as águas destes locais podem ficar integradas com as áreas inundadas. Na margem oeste do Lago Guaíba também há áreas inundadas associadas ao cultivo de arroz.

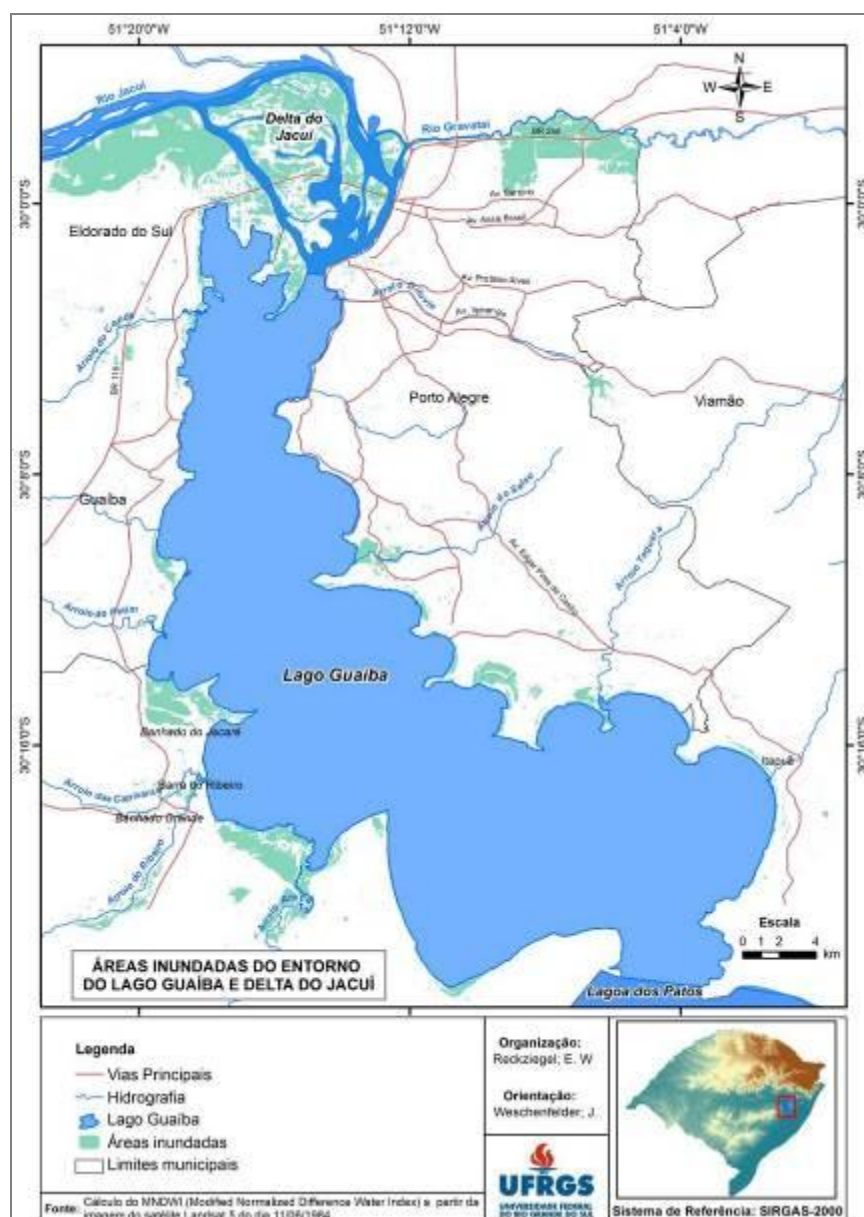


Figura 6: Áreas inundadas do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

4.4. Suscetibilidade a ocorrência de inundações

Nas áreas com suscetibilidade a inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí as declividades são inferiores a 5% e estão posicionadas em altitudes inferiores a 5 metros. Nestes locais a litologia é constituída predominantemente por depósitos de origem aluvial, de planície lagunar e praias. Nas áreas com alta suscetibilidade há ocorrência de áreas inundadas. Estes são os principais condicionantes do ambiente que favorecem as inundações.

As áreas com suscetibilidade estão localizadas junto às ilhas no Delta do Jacuí e também se destacam extensas áreas suscetíveis junto a foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba, como os arroios do Conde, Passo Fundo, do Petim, e do Araçá na margem oeste e dos arroios Dilúvio, Cavalhada, do Salso e Taquara na margem leste (Figura 7).

As áreas suscetíveis a ocorrência de inundações totalizam aproximadamente 230 km², dos quais, 107 km² apresentam alta suscetibilidade, o que corresponde a 46,5% do total.

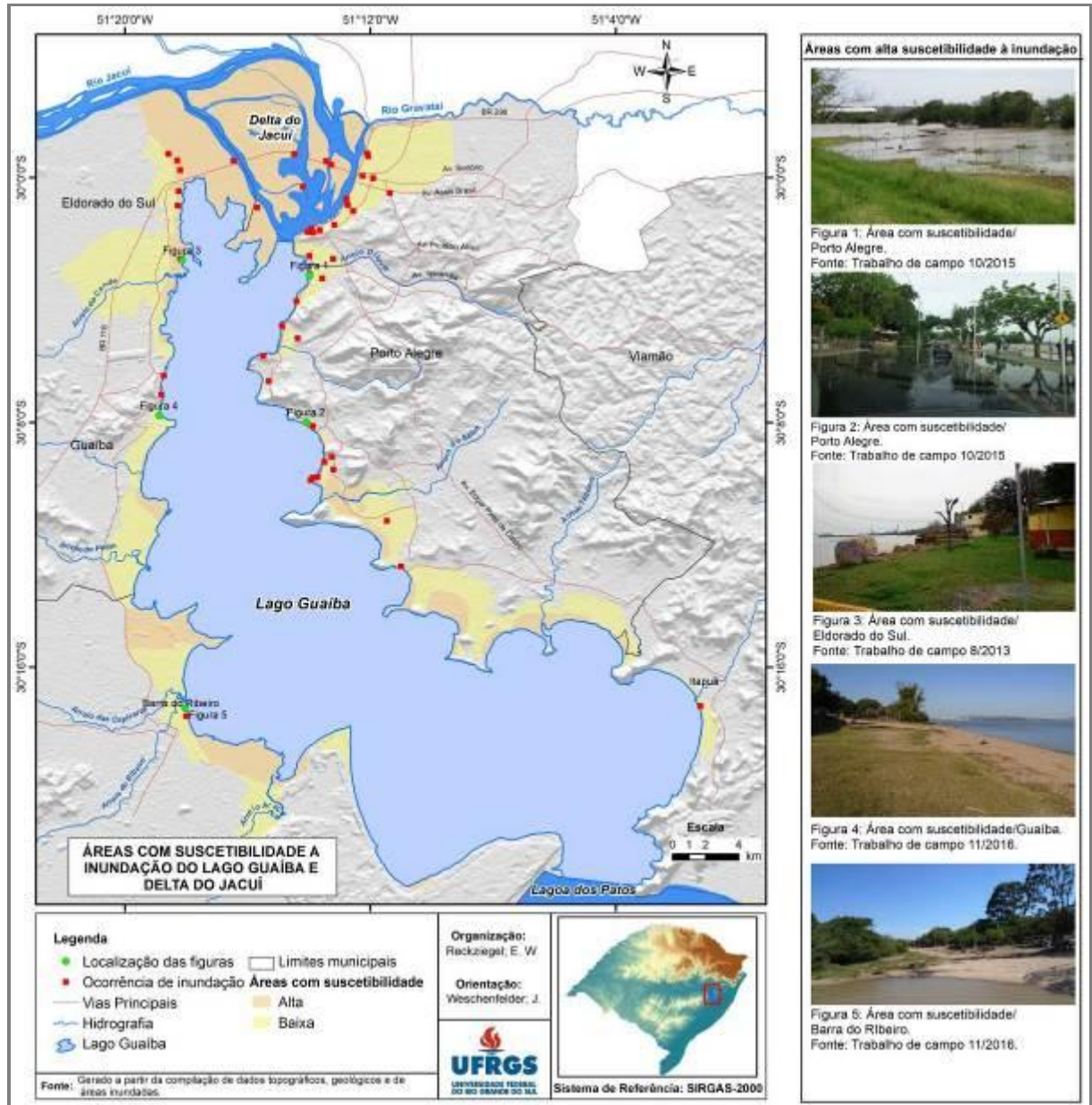


Figura 7: Suscetibilidade a inunda o do Lago Guaiba e Delta do Jacuí.

Com rela o   extensão das áreas suscetíveis, o município de Porto Alegre é o que apresenta a maior área (116 km²), seguido pelos municípios de Eldorado do Sul (47 km²), Barra do Ribeiro (37 km²), Guaíba (26 km²) e Viamão (4 km²) (Figura 8).

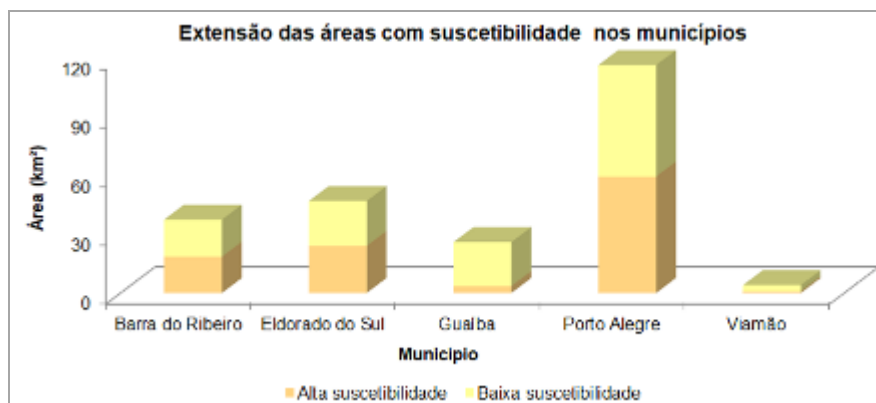


Figura 8: Área com suscetibilidade nos municípios.

Destaca-se que apesar da extensão das áreas suscetíveis ser pequena em relação à área total dos municípios, os impactos causados pelas inundações são significativos, pois nestes locais se concentra grande parte da ocupação urbana.

Além dos condicionantes naturais da área, como relevo e geologia, a ocorrência das inundações na área de estudo está associada ao fato de o Delta do Jacuí e o Lago Guaíba serem o receptor das águas de importantes rios do Rio Grande do Sul. Além disso, nas nascentes dos rios que integram a Região Hidrográfica do Guaíba, como o rio das Antas, Caí e Sinos, os índices pluviométricos são os mais elevados do estado, conforme indicado na classificação realizada por Rossato (2011), sendo a precipitação anual de até 2000 mm. Dessa forma, aflui elevada quantidade de água para esta área em períodos de intensa precipitação na bacia hidrográfica.

Além disso, os ventos do quadrante sul podem contribuir para intensificar as inundações. Nesta perspectiva, Assis (1960) menciona que descendo a Serra Geral, as águas oriundas da região mais chuvosa do estado, para alcançar o Atlântico tem de se reunir, em primeiro lugar, no Guaíba que assim constitui verdadeiro ponto de estrangulamento para o seu rápido escoamento. Procurando a saída para o mar, a mais de 300 km de Porto Alegre, as águas infletem violentamente para o sul, atravessando então o Guaíba e a Lagoa dos Patos. Por outro lado, a estreita saída para o mar - o canal de Rio Grande - a Lagoa dos Patos e o Guaíba sofrem ainda os efeitos do vento sul, que ajuda a represar as águas, provocando a elevação do seu nível (ASSIS, 1960).

Neste contexto, para analisar as características dos ventos durante a ocorrência das inundações foi verificada a direção e a velocidade máxima

predominante nos dias em que foi registrada a maior cota fluviométrica no Lago Guaíba para 30 registros de inundação na área de estudo. Os eventos avaliados estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2: Datas de ocorrência de inundação.

Data	Cota fluviométrica (m)*	Data	Cota fluviométrica(m)*	Data	Cota fluviométrica(m)*
set/67	2,83	jun/84	2,36	jul/72	2,20
jun/84	2,60	jul/83	2,35	nov/09	2,19
set/65	2,56	ago/83	2,33	out/02	2,17
jul/15	2,56	out/01	2,30	ago/77	2,14
ago/1966	2,56	ago/11	2,26	jul/93	2,11
jun/02	2,52	out/90	2,25	out/05	2,11
out/63	2,50	set/09	2,25	ago/95	2,06
set/07	2,48	set/72	2,24	out/08	2,04
set/09	2,45	ago/13	2,24	set/89	2,00
ago/65	2,37	dez/09	2,22	set/88	2,00

*Cotas fluviométricas da estação Praça da Harmonia disponibilizadas pela SPH.
Fonte: Organizado pelos autores.

A partir da análise da direção predominante dos ventos durante a ocorrência das inundações verificou-se que nos dias em que a cota fluviométrica do Lago Guaíba estava mais elevada predominaram ventos de sudeste, sul e sudoeste que totalizam 28%, 25% e 13%, da frequência, respectivamente (Figura 9).

Com relação à velocidade (Figura 10) nos dias em que a cota fluviométrica do Lago Guaíba estava mais elevada predominaram ventos classificados como brisa fraca (12 a 19 km/h), brisa leve (6 a 11 km/h), brisa moderada (20 a 28 km/h) e aragem (1 a 5 km/h), que totalizam 41%, 22%, 12,5% e 12,5% da frequência respectivamente.



Figura 9: Sentido predominante do vento durante a ocorrência de inundações.

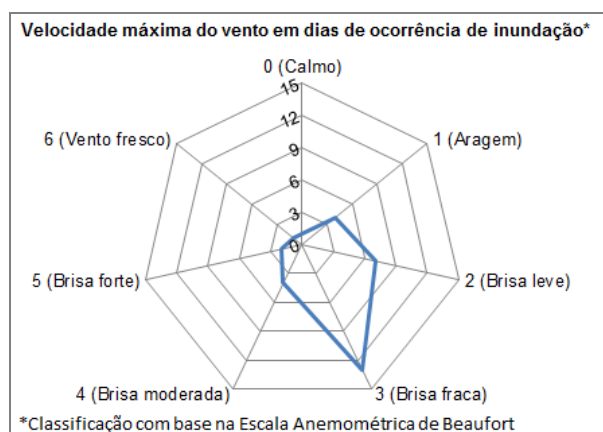


Figura 10: Velocidade máxima do vento durante a ocorrência de inundações.

Na área de estudo os ventos também podem formar ondas e provocar inundações que podem atingir estruturas situadas nas margens (Figura 11). Assim, verifica-se que, além da suscetibilidade associada ao extravasamento devido ao aumento do nível da água, as áreas do entorno do Lago Guaíba também estão suscetíveis a ressacas. Estes processos são característicos de ambientes costeiros.



Figura 11: Ondas no Lago Guaíba que avançam no calçadão de Ipanema/ Porto Alegre.
Fonte: Zero Hora 21/07/2015. Foto Marcelo Oliveira/Agência RBS.

4.5. Áreas de conservação e proteção em locais com suscetibilidade a inundação

A delimitação das áreas protegidas é importante para definir os locais que já apresentam restrição ambiental para uso e ocupação perante a legislação e aqueles que devem ser prioritários para conservação e proteção.

Nas áreas suscetíveis a inundação estão localizadas parcial ou integralmente as Unidades de Conservação (UCs) Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Jacuí, o Parque Estadual Delta do Jacuí, a Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Estadual Barba Negra. Estes locais são prioritários para conservação (Figura 12).

Além das UCs, existem no Brasil, por força de lei, outras áreas que devem ser protegidas sempre, independentemente de sua localização no território, como as margens de rios, nascentes e topos de morro, entre outras. Essas áreas são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs), independentemente de estarem em áreas rurais ou urbanas, em terras particulares ou públicas (MMA,

2011). O autor acrescenta que as APPs são áreas que tem um papel crucial na prevenção de riscos de enchentes e desbarrancamentos.

Na área de estudo, as APPs que ocorrem nas áreas suscetíveis a inundação correspondem aquelas do Lago Guaíba, das margens dos rios localizados no Delta do Jacuí e dos arroios que afluem para o Lago Guaíba.

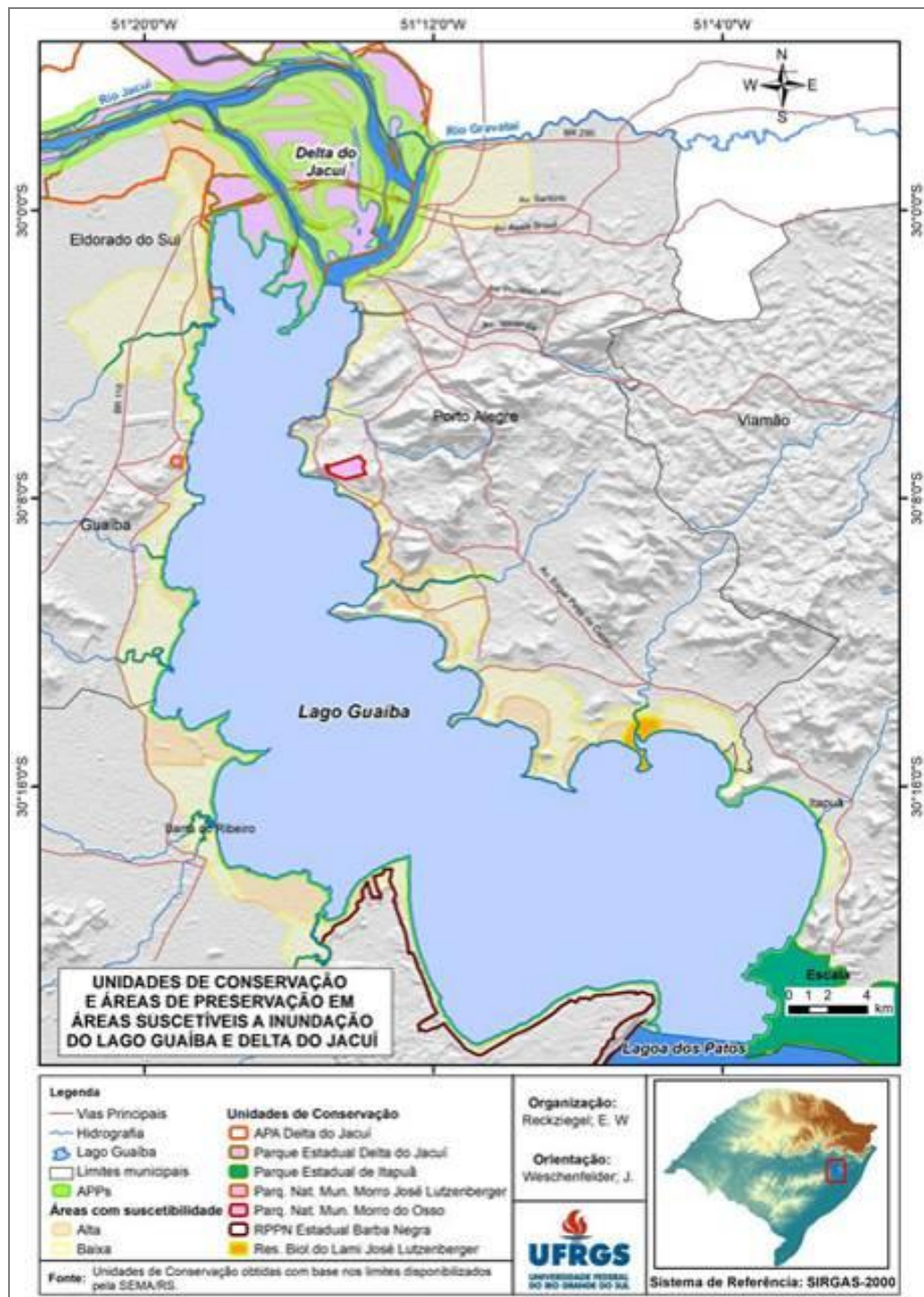


Figura 12: Mapa de Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente nas áreas suscetíveis a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Nos locais com suscetibilidade as UCs e as APPs dos rios no Delta do Jacuí, abrangem o maior percentual de área (Figura 13). Já as APPs de 30 metros do Lago Guaíba e as APPs dos arroios que afluem para o Lago Guaíba apresentam o menor percentual de área. Destaca-se que pela sua localização, em alguns locais as áreas de UCs e APPs se sobrepõem.

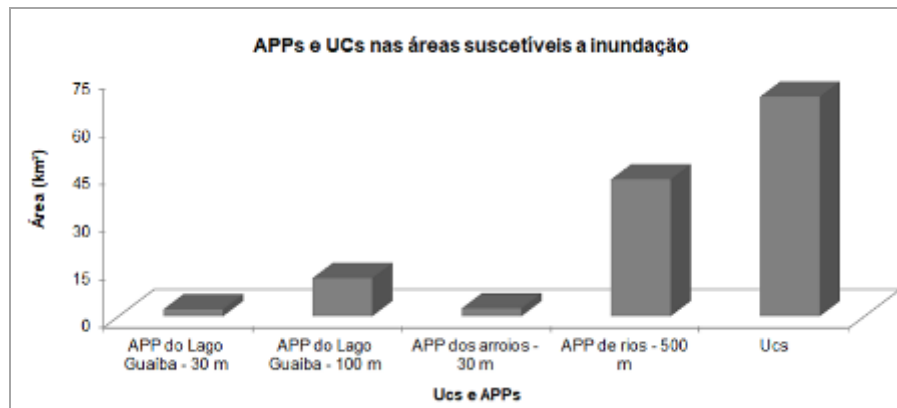


Figura 13: Área (km²) de APPs e UCs nos locais com suscetibilidade a inundações.

As áreas protegidas ambientalmente, desconsiderando aquelas que se sobrepõem, correspondem a 35% dos locais com suscetibilidade a inundações. Com relação às áreas de alta suscetibilidade, aproximadamente 70% estão localizadas em áreas de conservação ou proteção, indicando que grande parte já apresenta restrições legais para ocupação.

5. CONCLUSÕES

A delimitação da suscetibilidade a inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foi realizada a partir da integração de variáveis do ambiente no qual está inserida a área de estudo e com base nas áreas inundadas identificadas a partir de imagem de satélite.

As áreas suscetíveis correspondem as áreas do entorno onde as declividades são inferiores a 5% e as altitudes inferiores a 5 metros. A litologia é constituída por depósitos aluviais, de planície lagunar e praias. Nas áreas com alta suscetibilidade há histórico de ocorrência de eventos.

As áreas com suscetibilidade totalizam aproximadamente 230 km² e estão localizadas principalmente junto as ilhas do Delta do Jacuí e junto a foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba.

As áreas protegidas ambientalmente que são prioritárias para conservação e preservação abrangem aproximadamente 70% das áreas com alta suscetibilidade, indicando que grande parte dos locais de maior favorabilidade a ocorrência de inundações apresentam restrição legal para ocupação.

O mapeamento das áreas com suscetibilidade configura-se como uma importante ferramenta para o planejamento dos municípios, sendo fundamental para o zoneamento e escolha de áreas prioritárias para ocupação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, K. B. de. **O rio que não é rio**. Oficinas gráficas da Livraria do Globo. Porto Alegre. 1960. 129 p.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 15 jun. 2016. 2012.

CEPAGRI. Vendavais - Escala Anemométrica Internacional de Beaufort. Disponível em: <http://www.cepagri.unicamp.br/artigos-especiais/vendavais.html>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes. 2012.

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

HASENACK, H.; WEBER, E.J.; LUCATELLI, L.M.L. 2010. Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em 12 jun. 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapeamento Sistemático**. 2003. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias. Acesso em 20 nov. 2013.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em 16 jul. 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em 13 abr. 2014.

MMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco**. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro / Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. - Brasília: MMA. p. 97. 2011.

METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. Mapa básico da Região Metropolitana de Porto Alegre na escala 1:10.000. 1972.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G.. Clima e Relevô. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia da Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p.69-85. 1998

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RECKZIEGEL, E. W. **Áreas de risco em Porto Alegre**. 2008. 67 f. Monografia. (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Unidades de Conservação**. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao>. Acesso em 15 ago. 2017.

SPH - Superintendência de Portos e Hidrovias. Ficha do histórico da estação Praça da Harmonia.

TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 8 nov. 2016.

VALENTI, E. da S. **Modelo cartográfico digital temático para simulação e previsão de inundações no município de Porto Alegre - RS**. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

XU, H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. **International Journal of Remote Sensing**. Vol. 27. N. 14. p. 3025–3033. 2006.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL/BRASIL.

No Capítulo 5 consta o artigo referente a delimitação das áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí elaborado a partir da compilação dos dados de perigo e de vulnerabilidade. O mesmo foi submetido ao Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada.

Comprovante de submissão:

Francisco Taveira Pinto <fpinto@fe.up.pt> 11/12/2017 ☆ ↶
para mim ▾

Elisabete Weber Reckziegel:

Thank you for submitting the manuscript, " AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E DELTA DO JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL/BRASIL" to Journal of Integrated Coastal Zone Management. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <http://www.aprh.pt/ojs/index.php/rgci/authorDashboard/submission/155>
Username: elisabetewr

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Francisco Taveira Pinto
A seguinte mensagem foi enviada em nome de Revista de Gestão Costeira Integrada. The following message was sent on behalf of the Journal of Integrated Coastal Zone Management. _____

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUAÍBA E
DELTA DO JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL/BRASIL.**

**EVALUATION OF FLOOD RISK OF GUAÍBA LAKE AND
JACUÍ DELTA, RIO GRANDE DO SUL/BRAZIL.**

Elisabete Weber Reckziegel¹; Jair Weschenfelder²; Thiago Bazzan³

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Bloco I - Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Brasil CEP 91501-970.
E-mail: elisabetewr@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Bloco I, - Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Brasil. CEP 91501-970.
E-mail: jair.weschenfelder@ufrgs.br

³ Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL). Av. Almeida Garret, 267 Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, Campinas, São Paulo. Brasil. CEP 13087-290.
E-mail: thiagobaz@yahoo.com.br

Abstract

The delimitation of flood risk areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta was carried out by integrating information associated with hazard and vulnerability. For the hazard assessment flood return period and protection systems in areas with susceptibility were integrated. The characterization of vulnerable areas was carried out based on the assessment of exposure of the dwellings and also socioeconomic characteristics of the population. Flood hazard areas around Guaíba Lake and Jacuí Delta are total 230 km²; from which 95 km² are in high hazard. High hazard areas do not have flood protection systems and the return period of floods is less than 10 years, with small magnitude floods predominating. In the period of 1950-2015, urban expansion in the hazard areas amounts to 18 km². Areas with high vulnerability amount to 7 km². In these places the houses have low constructive standard, precarious state of conservation and limited access to basic services. In general, the income of households is less than minimum wage monthly and the number of children or elder people is high. Areas with high flood risk are located near the islands, central and southern portion of the city of Porto Alegre, in some portions of the urban area of Eldorado do Sul. High-risk areas are marked by high flood hazard and high vulnerability, with limited conditions of response and mitigation in the face of flood events, totaling 7 km². The assessment of risk is important to direct prevention and response actions during the occurrence of floods.

Keywords: Hazard, Vulnerability, Risk, Guaíba Lake, Jacuí Delta.

Resumo

A delimitação das áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foi realizada a partir da integração das informações associadas ao perigo e vulnerabilidade. Para a avaliação do perigo foram integrados dados de tempo de retorno das inundações e sistemas de proteção nas áreas com suscetibilidade. A caracterização das áreas vulneráveis foi realizada a partir da avaliação da exposição das moradias e das características socioeconômicas da população. As áreas com perigo de inundação no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí totalizam 230 km²; destes, 95 km² apresentam perigo alto. As áreas com perigo alto não apresentam sistema de proteção contra inundações e o tempo de retorno dos eventos é inferior a 10 anos, predominando inundações de baixa magnitude. No período 1950-2015 a expansão urbana nas áreas com perigo perfaz 18 km². As áreas com alta vulnerabilidade totalizam 7 km². Nestes locais as moradias apresentam baixo padrão construtivo, precário estado de conservação e acesso limitado a serviços básicos. Em geral, a renda dos domicílios é inferior a um salário mínimo mensal e há elevado número de crianças ou idosos. As áreas com risco alto de inundação estão localizadas junto às ilhas, na porção central e sul do município de Porto Alegre, ainda em porções da área urbana de Eldorado do Sul. As áreas com alto risco são caracterizadas pelo alto perigo de inundação e pela alta vulnerabilidade, apresentando baixas condições de resposta e mitigação diante dos eventos e totalizam 7 km². A avaliação do risco é importante para direcionar as ações de prevenção e resposta diante da ocorrência de inundações.

Palavras-chave: Perigo, Vulnerabilidade, Risco, Lago Guaíba, Delta do Jacuí.

1. INTRODUÇÃO

Inundações são caracterizadas pela submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas (COBRADE, 2012). De acordo com EM-DAT (2016) as inundações afetaram 27.504.263 pessoas e foram registradas 3.310 mortes associadas a estes eventos no ano de 2015 em todo o mundo. De acordo com CRED (2015), as inundações estão entre os desastres naturais que mais causaram mortes e vítimas em 2014, sendo que 34% das vítimas e 46% das mortes ocorridas por desastres estão associadas a eventos de inundação.

No Lago Guaíba e Delta do Jacuí, o crescimento populacional nos municípios situados no entorno levou a ocupação de áreas suscetíveis a inundação. Esta expansão urbana tem como consequência perdas financeiras e danos sociais decorrentes das inundações, tornando-se fundamental o mapeamento das áreas com risco para identificar as moradias e a população exposta aos eventos.

O risco é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, propriedades danificadas, atividade econômica

interrompida), resultante de interações entre um perigo natural ou induzido e as condições de vulnerabilidade local. Convencionalmente o risco é expresso pela notação $\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade}$ (ISDR, 2004).

Em relação ao perigo, de acordo com ISDR (2004), constitui um evento físico potencialmente perigoso, fenômeno ou atividade humana, que pode causar perda de vidas, danos em propriedades, destruição social e econômica ou degradação ambiental.

Já a vulnerabilidade é o potencial para a perda. A vulnerabilidade inclui quer elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder e se recuperar de ameaças ambientais) (CUTTER, 2011).

Com relação aos mapas de risco, são uma ferramenta para detectar as áreas e os elementos submetidos a risco e assim poder distribuir os esforços proporcionalmente aos níveis de afetação. Ou seja, conhecer o nível potencial de impacto da inundação sobre os diversos elementos distribuídos no território ajuda a analisar, a tomar decisões e a desenvolver medidas de gestão (MASGRAU, 2004).

Neste contexto, este estudo tem por objetivo delimitar as áreas com risco de inundação associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí a partir da definição das áreas com perigo de inundação e da avaliação da vulnerabilidade da população e das ocupações urbanas. A avaliação do risco é fundamental para identificar os locais onde as consequências dos eventos de inundação terão maior impacto, podendo servir de subsídio para o planejamento destas áreas.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Lago Guaíba e o Delta do Jacuí estão localizados na região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). Na margem oeste do Lago Guaíba estão localizados os municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul e Guaíba e na margem leste os municípios de Porto Alegre e Viamão.



Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Imagens de satélite disponibilizadas no Google Earth.

A população dos municípios situados no entorno, de acordo com o Censo (IBGE, 2010), corresponde a aproximadamente 1.800.000 habitantes. Destes, 98% estão localizados em área urbana, sendo que o município de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, apresenta 78% destes habitantes. Além de Porto Alegre, nas margens localizam-se as áreas urbanas dos municípios de Eldorado do Sul, Guaíba e Barra do Ribeiro, assim como, o distrito de Itapuã (localizado no município de Viamão).

A área de estudo está inserida na Província Costeira do Rio Grande do Sul, proposta por Villwock (1972). Dois grandes elementos geológicos constituem a Província Costeira do Rio Grande do Sul: o Embasamento e a Bacia de Pelotas que sobre ele se instalou (VILLWOCK e TOMAZELLI, 2006).

Dois grandes compartimentos geomorfológicos integram a Província Costeira, o das Terras Altas e o das Terras Baixas. As Terras Altas agrupam o Escudo Sul-Rio-Grandense, a Depressão Central Gaúcha e o Planalto das Araucárias. Planície Costeira e Plataforma Continental constituem as Terras Baixas. Sedimentos clásticos terrígenos provenientes da dissecação do primeiro chegam ao segundo onde, sob a ação dos processos costeiros, ventos, ondas, correntes e

variações do nível do mar, acumulam-se numa ampla variedade de ambientes deposicionais transicionais e marinhos (VILLWOCK e TOMAZELLI, 2006).

3. METODOLOGIA

A delimitação das áreas com risco de inundação foi realizada a partir da correlação das informações das áreas com potencial de ocorrência de inundação (perigo) e da vulnerabilidade da população e das moradias expostas aos eventos.

Para a delimitação das áreas com perigo foram integradas informações relativas ao sistema de proteção existente e informações sobre o tempo de retorno das inundações nas áreas com suscetibilidade.

Para o mapeamento do sistema de proteção contra inundação foi utilizado como base o trabalho desenvolvido por Rauber (1992). Os diques foram vetorizados a partir de imagens de satélite de sensoriamento remoto disponíveis no Google Earth.

Para definir o tempo de retorno das inundações foram consideradas as cotas fluviométricas da estação Praça da Harmonia que corresponde a estação com maior série histórica de dados disponível na área de estudo. Estes dados foram disponibilizados pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH/RS) para o período de 1941-2015. Para o ano de 1940 foram consultados os dados da estação fluviométrica Porto Alegre, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA).

O tempo de retorno dos eventos foi definido a partir da equação apresentada por Christofletti (1981) para estabelecer o intervalo de recorrência (I_r). Esta metodologia foi aplicada por autores como Bazzan (2011) que delimitou as áreas inundadas do Rio dos Sinos em São Leopoldo e Oliveira (2010) que espacializou as áreas inundáveis do Rio Caí, ambos cursos de água afluentes do Delta do Jacuí.

Foram definidas classes de alto, médio e baixo perigo de inundação. As áreas de alto perigo são aquelas com tempo de retorno inferior a 10 anos e que não são protegidas pelo sistema de proteção contra inundação. As áreas de médio perigo são aquelas com tempo de retorno superior a 10 anos e que não apresentam sistema de proteção. Já as áreas que são protegidas pelos diques foram consideradas com baixo perigo de inundação.

A delimitação da expansão urbana nas áreas com perigo de inundação foi definida para os anos de 1956, 1971 e 2015. O mapeamento do ano de 1956 foi realizado para o município de Porto Alegre com base em fotografias aéreas do ano de 1956 na escala 1:10.000 disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Urbanismo (SMURB). Para os demais municípios foram utilizadas cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico na escala 1:50.000.

Para o mapeamento da malha urbana no ano de 1971 foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:40.000 para os municípios de Porto Alegre, Eldorado do Sul e Guaíba disponibilizadas pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN). Para o município de Barra do Ribeiro e para Itapuã (Viamão) foram utilizadas as cartas topográficas na escala 1:50.000 da Diretoria de Serviço Geográfico. Para o ano de 2015 foram utilizadas imagens de satélite disponíveis no *software* Google Earth.

O mapeamento do uso e ocupação do solo nas áreas com perigo de inundação foi gerado com base nas imagens de satélite do Google Earth. Nas áreas com ocupação urbana identificadas no mapa de uso e ocupação foi realizada a avaliação da vulnerabilidade. A caracterização das áreas vulneráveis foi realizada com base em variáveis associadas às moradias e estruturas do entorno e também com base em indicadores socioeconômicos da população.

Para a avaliação da exposição das moradias e estruturas do entorno foi analisado o padrão construtivo e estado de conservação das moradias, definidos a partir de imagens de satélite e verificações em campo, e foi considerado o acesso a serviços essenciais, definidos a partir dos setores censitários do IBGE (2010).

As áreas mais vulneráveis foram consideradas aquelas onde as moradias apresentam baixo padrão construtivo e precário estado de conservação. Também foram considerados os setores censitários onde são restritos o acesso à energia elétrica, coleta de lixo, água da rede geral e domicílios com banheiro de uso exclusivo e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. As áreas menos vulneráveis foram consideradas aquelas onde as moradias apresentam alto padrão construtivo e bom estado de conservação. E ainda, os locais que possuem energia elétrica, coleta de lixo, água da rede geral e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial.

A avaliação das variáveis socioeconômicas da população exposta foi realizada com base no rendimento médio mensal, percentual de idosos e crianças e variância do número de moradores nos domicílios a partir dos setores censitários do IBGE (2010). As áreas mais vulneráveis foram consideradas aquelas constituídas por domicílios com menor rendimento médio mensal, com maior número de moradores por domicílio e com maior percentual de idosos e crianças. As menos vulneráveis foram consideradas aquelas constituídas por domicílios com maior rendimento médio mensal, onde há menor número de moradores por domicílio e menor percentual de idosos e crianças.

Também foram verificados os aglomerados subnormais existentes nas áreas de perigo. Estes locais apresentam alta vulnerabilidade. De acordo com IBGE (2010), aglomerado subnormal é um conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas, etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e/ou densa. A identificação dos aglomerados subnormais é feita com base nos seguintes critérios: a) Ocupação ilegal da terra; e b) Possuir pelo menos uma das seguintes características: - urbanização fora dos padrões vigentes; ou - precariedade de serviços públicos essenciais, tais quais energia elétrica, coleta de lixo e redes de água e esgoto (IBGE, 2010).

Foram atribuídos pesos para as variáveis que compõem a vulnerabilidade (Tabela 1) e realizado o cruzamento das informações com auxílio da ferramenta *Map Algebra* no ArcGIS. A partir do cruzamento das informações foram definidas classes de alta, média e baixa vulnerabilidade.

Tabela 1: Variáveis adotadas para a definição da vulnerabilidade.

Vulnerabilidade associada às moradias e entorno			
Variáveis	Peso		
	3	2	1
Estado de conservação e padrão construtivo das moradias	Ruim	Regular	Bom
Domicílios com energia elétrica	0 - 70%	71 - 90%	91 - 100%
Domicílios com água da rede geral	0 - 70%	71 - 90%	91 - 100%
Domicílios com coleta de lixo	0 - 70%	71 - 90%	91 - 100%
Domicílios com esgoto da rede geral	0 - 70%	71 - 90%	91 - 100%
Vulnerabilidade associada às variáveis socioeconômicas da população			
Variáveis	Peso		
	3	2	1
Renda	Menos de 1 salário mín.	Entre 1 e 3 salários mín	Mais de 3 salários mín.
Moradores por domicílio	Mais de 4	3 - 4	0 - 2
Pessoas com mais de 60 anos	Mais de 20%	11 - 20%	0 -10%
Pessoas com menos de 12 anos	Mais de 20%	11 - 20%	0 -10%
Aglomerados subnormais	Alta vulnerabilidade		

Fonte: Organizado pelos autores.

Para a avaliação do risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foram atribuídos pesos para as classes de perigo e vulnerabilidade (Tabela 2) e realizado o cruzamento das informações a partir da fórmula **Risco = Perigo x Vulnerabilidade**. Após o cruzamento das informações as áreas com risco foram setorizadas sendo definidas classes de alto, médio, baixo e muito baixo risco.

Tabela 2: Integração das informações para a definição do risco de inundação.

Risco de inundação		Vulnerabilidade		
		Alta (3)	Média (2)	Baixa (1)
Perigo	Alto (3)	9 (Alto)	6 (Alto)	3 (Médio)
	Médio (2)	6 (Alto)	4 (Médio)	2 (Baixo)
	Baixo (1)	3 (Médio)	2 (Baixo)	1 (Muito baixo)

Fonte: Organizado pelos autores.

Na Figura 2 consta a síntese das informações avaliadas para determinar o risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

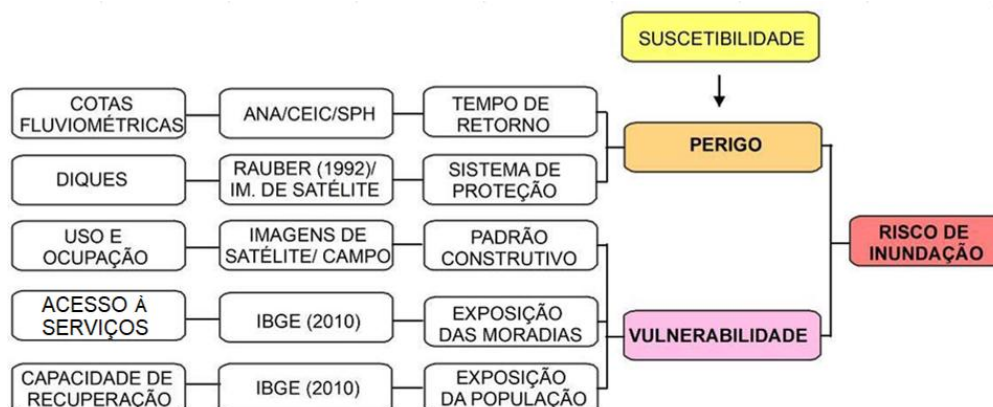


Figura 2: Síntese das etapas realizadas.

4. RESULTADOS

4.1. Sistemas de proteção

Os sistemas de proteção constituem uma importante medida estrutural de controle das inundações, uma vez que, protegem a população e as estruturas urbanas em locais com potencial de serem impactados por estes eventos. Na área de estudo, o centro e a porção norte do município de Porto Alegre estão protegidos pelo sistema de proteção contra as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Figura 3).

Em 1970 foi iniciada a construção de um sistema de proteção de cheias para a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Esse sistema consiste de uma série de diques de concreto (área central de Porto Alegre) e de enrocamento no restante. A drenagem interna do sistema dos diques é realizada através de estações de recalque localizadas no ponto inferior das mesmas. O sistema de diques foi projetado para a cota 6,0 m, que representa 1,25 m acima do máximo nível da cheia de 1941 (DEP, 2002).

Em Porto Alegre, o conjunto de obras de contenção consiste em um conjunto de diques delimitando 8 pôlderes (área protegida pelas obras de contenção). O escoamento das águas pluviais drenadas no interior dos pôlderes se processa por gravidade ou bombeamento, em função do nível das águas do Guaíba. As águas abaixo da cota de 9 metros são escoadas por valas ou coletores gerais. Quando o nível do Guaíba não permitir o escoamento por gravidade, as casas de bombas entram em funcionamento (RISSO e GIUGNO, 1994).

Apesar do centro e da porção norte do município de Porto Alegre apresentar proteção contra inundações existe um conjunto de infraestrutura urbana localizada entre o dique e o Lago Guaíba e o canal do Delta do Jacuí, incluindo domicílios residenciais e estabelecimentos comerciais, que não estão protegidos. Além disso, as ilhas localizadas no Delta do Jacuí, a porção sul do município de Porto Alegre, as cidades de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul e Guaíba e o Distrito de Itapuã (Viamão) não apresentam diques de proteção.

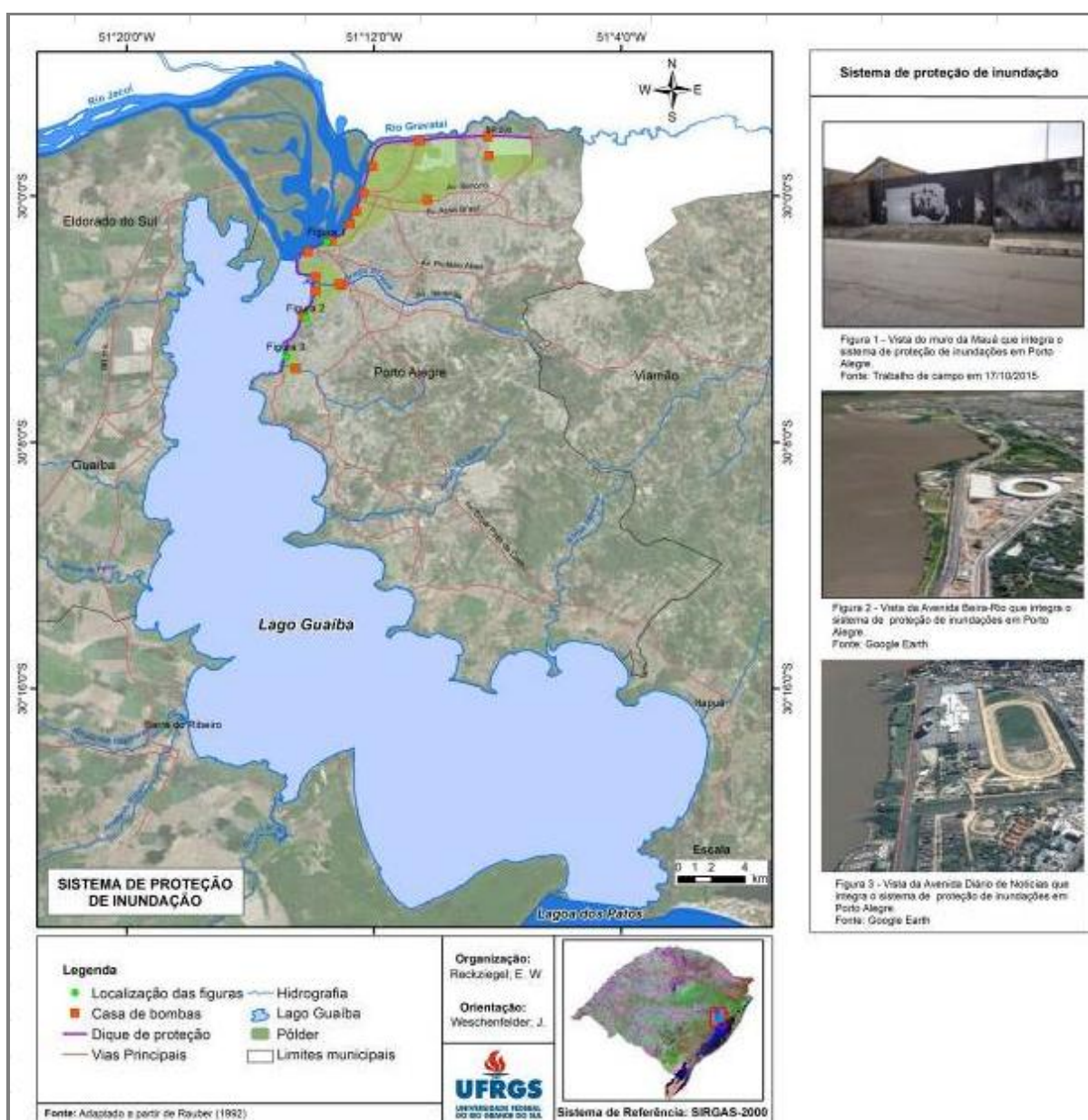


Figura 3: Sistema de proteção contra inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Destaca-se também que apesar da presença do sistema de proteção contra inundação no centro e na porção norte do município de Porto Alegre a eficiência do mesmo não é garantida, uma vez que não houve registro de evento de magnitude igual a da inundação de 1941 após a construção do mesmo. Neste contexto, Sá *et al.* (2016) mencionam que é de referir que as áreas protegidas por estruturas como diques continuam a representar algum risco ainda que residual, decorrente da possibilidade de galgamento ou rotura, não podendo ser possível garantir que estas defesas sejam mantidas no futuro.

4.2. Tempo de retorno (TR)

No período 1940-2015 a maior cota fluviométrica registrada correspondeu a 4,63 metros no ano de 1941 representando um tempo de retorno superior a 76 anos. Esta cota fluviométrica é 1,69 metros acima da segunda maior registrada (2,94 metros) em 2015 e que possui um tempo de retorno de 38 anos.

Além do ano de 1941 e 2015, as cotas fluviométricas acima de 2,50 metros que representam tempo de retorno superior a 10 anos, foram registradas em 1965, 1966, 1967, 1984 e 2002. A partir da avaliação da série histórica pode-se verificar que as cotas fluviométricas de 2 metros apresentam tempo de retorno superior a 2 anos (Figura 4).

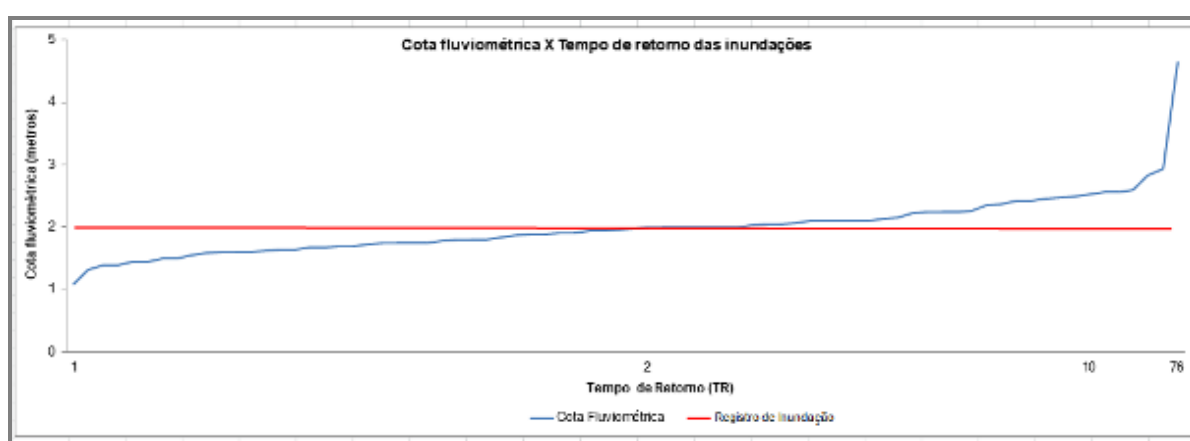


Figura 4: Tempo de retorno das inundações.

Com relação à cota topográfica, com base em informações constantes na ficha com o histórico da estação Praça da Harmonia fornecida pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH) a marca da enchente de 1941 (que corresponde a

maior cota fluviométrica registrada na série histórica desta pesquisa) seria de 4,91 metros referidos ao zero do mar. Diante disso, para esta pesquisa foi considerada a cota topográfica de 5 metros para espacialização do tempo de retorno da maior inundação registrada na área de estudo e como limite para definição das áreas com perigo de inundação.

4.3. Perigo de inundação

As áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Figura 5) estão localizadas em todos os municípios do entorno, com destaque para as ilhas no Delta do Jacuí e áreas junto a foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba. As áreas com perigo totalizam aproximadamente 230 km². Destes, 95 km² apresentam perigo alto.

As áreas com perigo alto são aquelas que não apresentam proteção contra inundação e onde o tempo de retorno dos eventos é inferior a 10 anos sendo recorrentes inundações de baixa e média intensidade. Nas áreas de médio perigo as inundações não são recorrentes, tendo potencial de ser atingidas por eventos de alta intensidade. As áreas com baixo perigo são protegidas pelos diques. Nestes locais apesar da presença do sistema de proteção o potencial de ocorrência de inundação permanece.

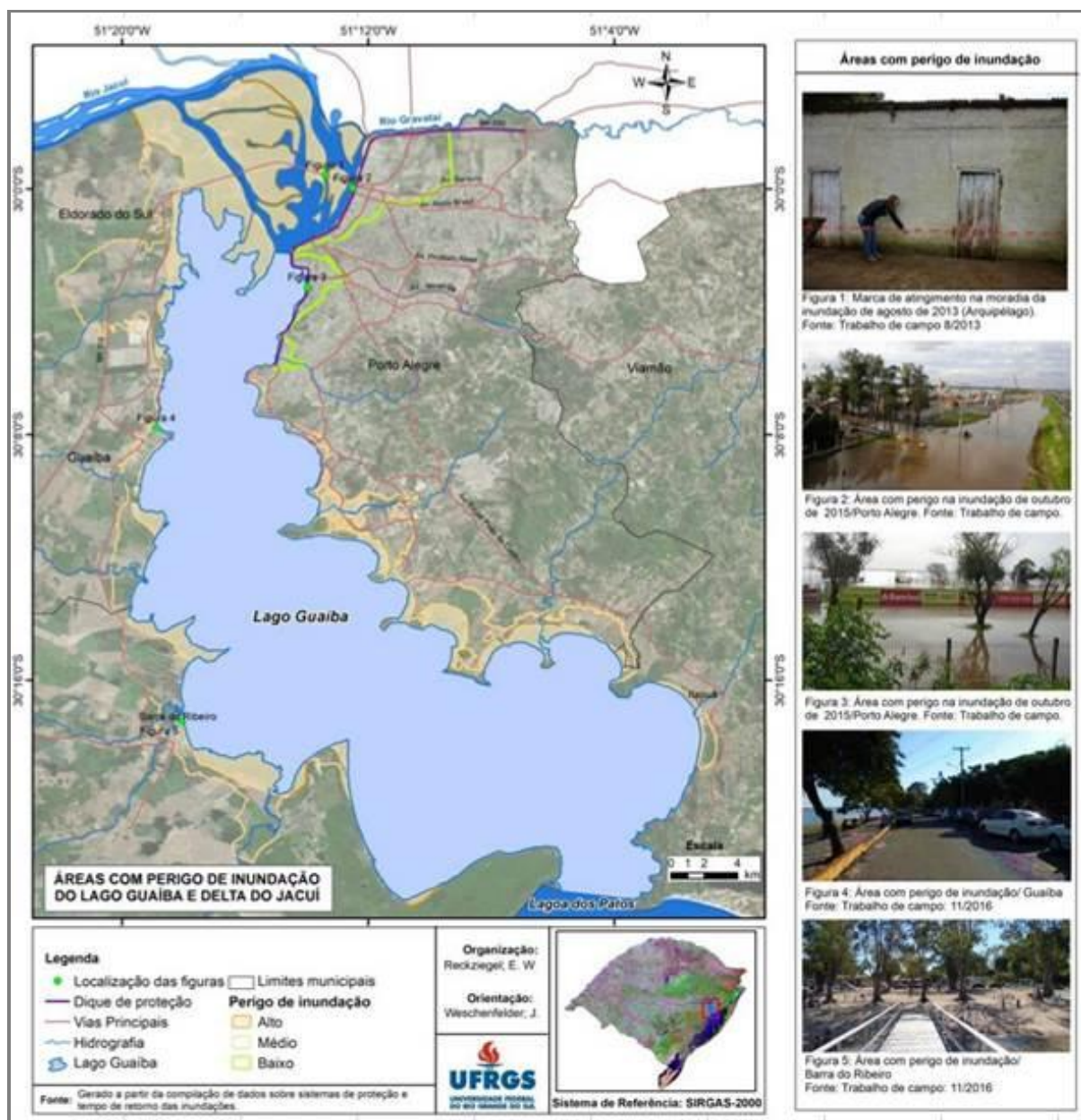


Figura 5: Áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

A avaliação do perigo permitiu identificar as áreas com potencial de serem atingidas pelas inundações. Nestas áreas foi avaliada a expansão urbana para verificar onde houve maior incremento das ocupações. Também foram mapeados os principais tipos de uso e ocupação para identificar os locais onde os danos decorrentes das inundações podem ser mais significativos.

4.4. Expansão urbana nas áreas com perigo de inundação

No ano de 1950 a população residente nos municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí era de 437.901 habitantes. Em 1970 o número de habitantes correspondia a 995.009 (IBGE, 2007). Já em 2010 essa população totaliza 1.790.854 habitantes (IBGE, 2010), indicando que a população quadruplicou no período entre 1950-2010 (Tabela 3). A ausência de dados do município de Barra do Ribeiro em 1950 e de Eldorado do Sul em 1950 e 1970 ocorre, pois, Barra do Ribeiro foi emancipada do município de Guaíba em 1959 e Eldorado do Sul foi emancipado do município de Guaíba em 1988.

Tabela 3: População dos municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Município	População - 1950	População - 1970	População - 2010
Barra do Ribeiro	-	9.383	12.572
Eldorado do Sul	-	-	34.343
Guaíba	22.796	33.695	95.204
Porto Alegre	394.151	885.564	1.409.351
Viamão	20.954	66.367	239.384
Total	437.901	995.009	1.790.854

Fonte: Informações obtidas a partir de IBGE (2007) e IBGE (2010).

Nas Figuras 6, 7 e 8 consta a representação da expansão urbana das áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí com base no mapeamento de 1956, 1971 e 2015. A expansão da ocupação nas áreas com perigo corresponde a aproximadamente 18 km² e ocorre principalmente na porção central e sul de Porto Alegre, assim como, nas ilhas localizadas no Delta do Jacuí. Também na área urbana dos municípios de Eldorado do Sul, Guaíba e Barra do Ribeiro.

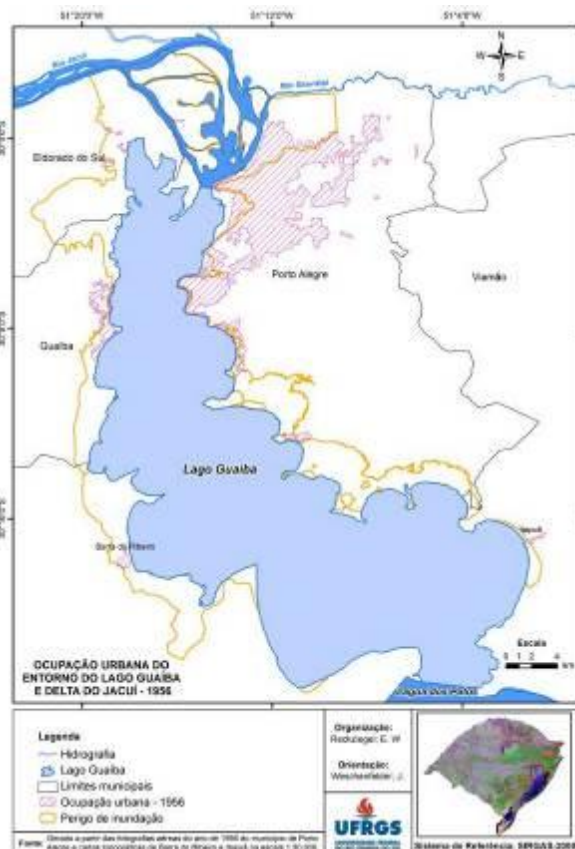


Figura 6: Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 1956.

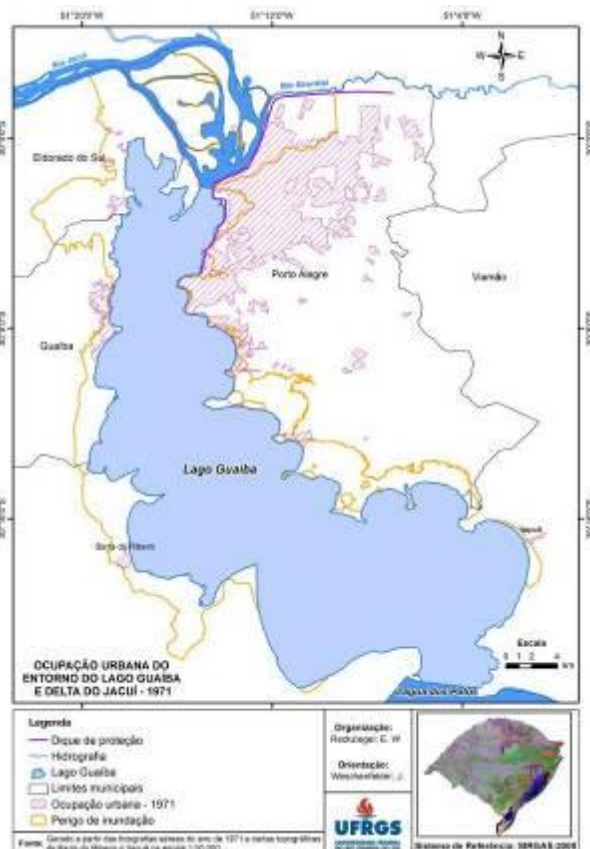


Figura 7: Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 1971.

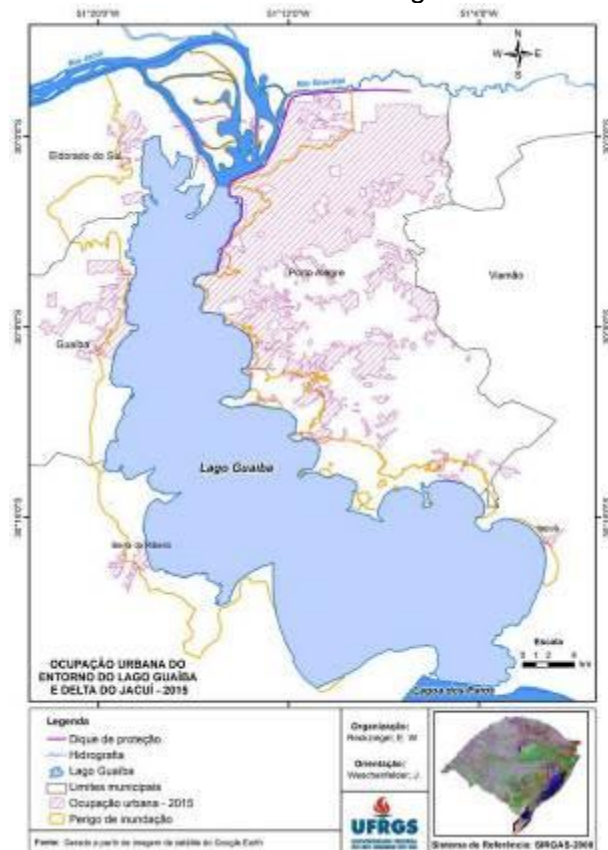


Figura 8: Ocupação urbana do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí - 2015.

Com relação à zona sul do município de Porto Alegre, Dias (2014) menciona que a ocupação destas áreas durante muito tempo permaneceu segregada e predominantemente destinada às atividades rurais, era uma área com acesso dificultado pela linha de morros que a separa da zona norte e pela distância do centro do município. Para a autora, as facilidades de acesso existentes hoje e as iniciativas governamentais e empresárias incentivam a ocupação dessa área que é formada, na maior parte, por planícies. Dias (2014) também menciona que o incremento da ocupação nesta área decorre principalmente do adensamento de áreas já existentes, do deslocamento de populações realocadas das áreas mais centrais para áreas mais afastadas do centro, pelo crescimento dos condomínios horizontais e pelos programas habitacionais do governo federal.

Nas áreas com perigo de inundação no município de Eldorado do Sul a ocupação apresenta baixa densidade no mapeamento de 1971, observando-se uma ampliação da ocupação no mapeamento de 2015. Neste município, Prefeitura Municipal de Eldorado do Sul (2017) menciona que a região era composta de propriedades particulares que se dedicavam à pecuária e à cultura do arroz até a década de 1960. Nesse período as áreas passaram a ser fracionadas e vendidas para fins de moradia. Ainda de acordo com o autor, devido à proximidade da Capital e ao fácil acesso através da rodovia BR116 que há pouco tempo havia sido construída, na década de 1970 houve um incremento na procura por terrenos para residência nesta localidade; o crescimento populacional nestas regiões foi intenso na década de 1970 e início da década de 1980.

Na região das ilhas do Delta do Jacuí também se observa a expansão da ocupação no mapeamento do ano de 2015. Chiappetti (2005) menciona que as porções do Delta do Jacuí que tiveram maior crescimento populacional no período 1971-1991 foram nas ilhas que possuem acesso por estrada, junto às pontes e na própria rodovia BR116, isto é, na ilha Grande dos Marinheiros, das Flores, do Pavão e da Pintada. Ainda de acordo com o autor, as ilhas que possuem apenas acesso fluvial não tiveram o mesmo crescimento no período indicado, constatando a importância do sistema viário para justificar o crescimento das ocupações.

Nos municípios de Guaíba e Barra do Ribeiro também se observa a expansão da ocupação no mapeamento de 2015 em relação ao mapeamento do ano de 1971. Com relação ao município de Guaíba, Becker (2010) menciona que a

partir da industrialização da região teve início um período de migração que na década de 1970 chegou a índices superiores a 5% a.a.

Na Figura 8 pode-se observar a expansão da ocupação em áreas com perigo de inundação ao longo da Rodovia BR 116 e nas principais vias de acesso nas ilhas do Delta do Jacuí.

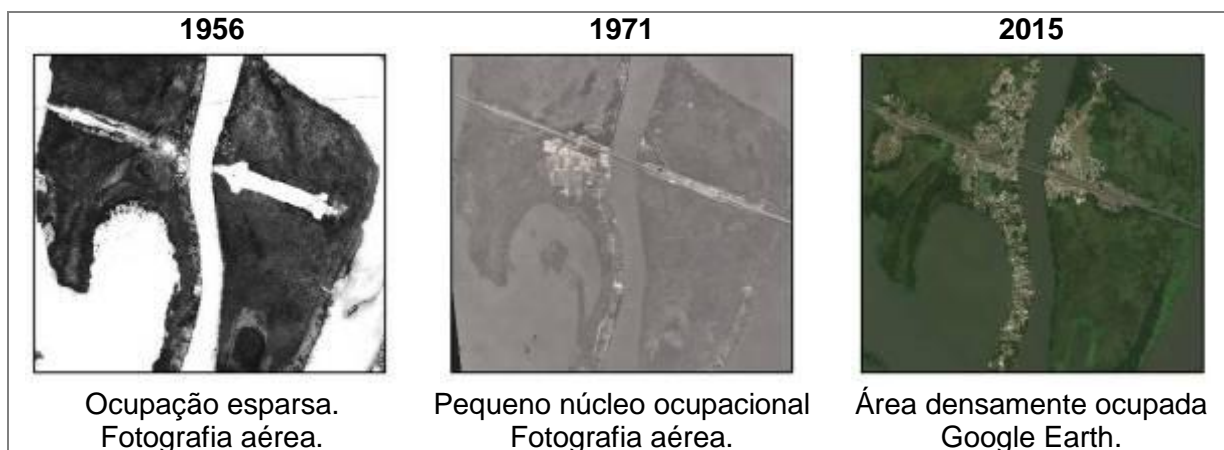


Figura 9: Ilha Grande dos Marinheiros e do Pavão - Delta do Jacuí.

Na Figura 10 está representado o aumento das ocupações na zona sul do município de Porto Alegre.

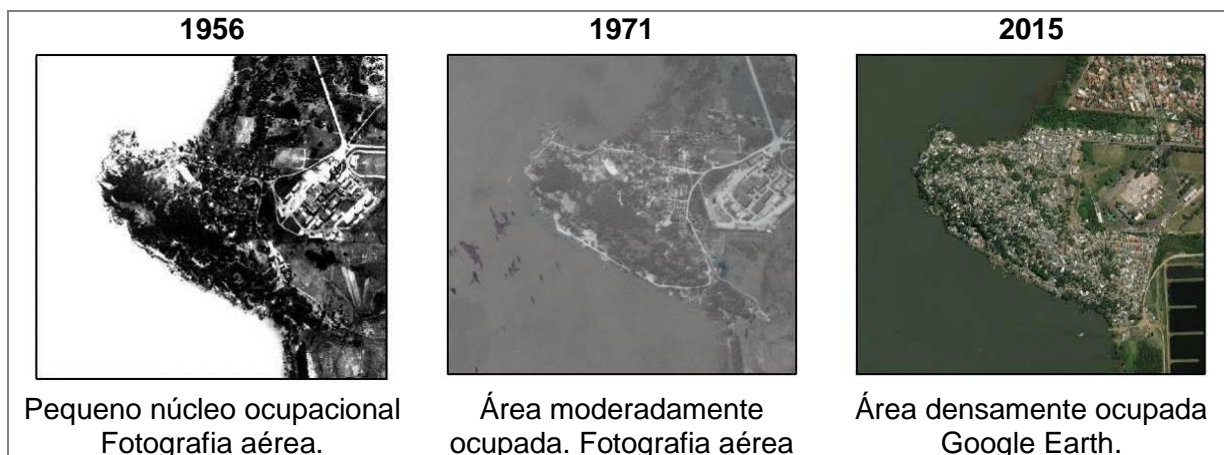


Figura 10: Bairro Serraria - Porto Alegre.

Com base no exposto é possível observar que no período de 1956-2015 ocorre uma ampliação significativa da ocupação em locais com perigo de inundação. Esta expansão urbana é observada em todos os municípios situados no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

4.5. Uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação

Com relação ao uso e ocupação do solo nas áreas com perigo de inundação predomina vegetação arbórea e arbustiva, principalmente na porção sul das margens leste e oeste e nas ilhas localizadas no Delta do Jacuí. Estas áreas de vegetação arbórea e arbustiva ocorrem em mais de 65% da área com perigo. Na margem oeste destacam-se ainda áreas de cultivo agrícola que ocorrem em 15% das áreas com perigo de inundação (Figura 11).

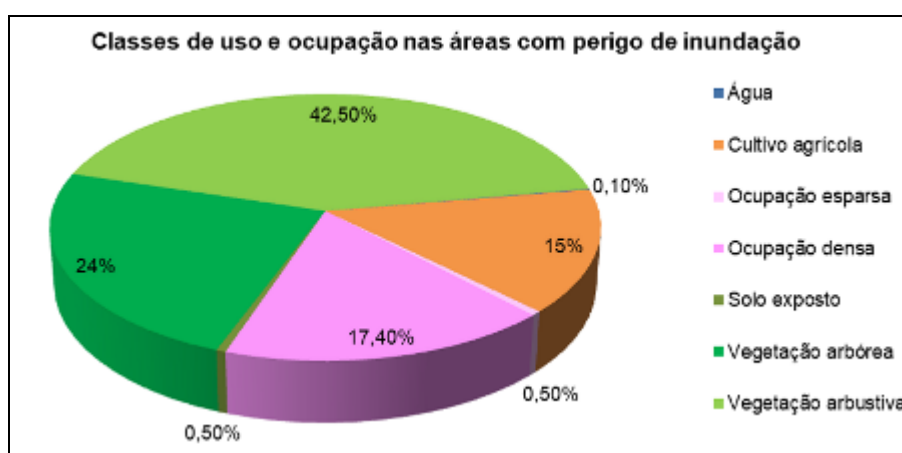


Figura 11: Classes de uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação.

Locais com ocupação urbana representam aproximadamente 18% das áreas com perigo de inundação. Ocorrem junto as ilhas localizadas no Delta do Jacuí, na porção norte, central e sul do município de Porto Alegre, em Itapuã (localizado no município de Viamão), na área urbana de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul e Guaíba (Figura 12).

A partir do mapeamento pode-se observar que mais de 80% das áreas com perigo de inundação não apresentam ocupação urbana. No entanto, as áreas urbanizadas situadas nas áreas com perigo de inundação representam em extensão mais de 40 km².

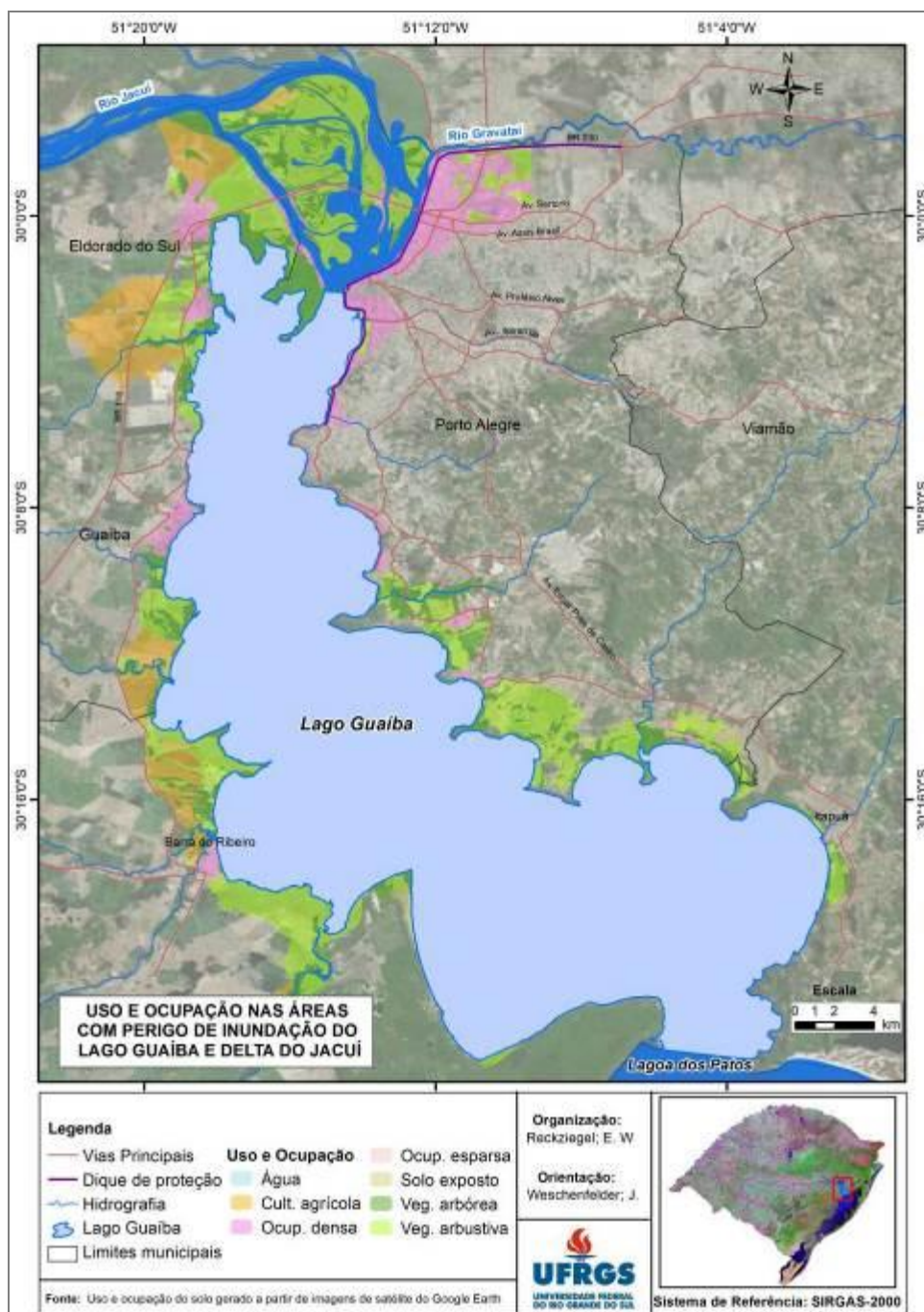


Figura 12: Mapa de uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Nas áreas com ocupação urbana indicadas no mapa de uso e ocupação do solo os impactos esperados em decorrência das inundações são mais significativos. Dessa forma, nestes locais foi realizada a caracterização da vulnerabilidade.

4.6. Vulnerabilidade

Na área de estudo a vulnerabilidade foi gerada a partir de variáveis que caracterizam a exposição das moradias e estruturas do entorno e também com base em indicadores socioeconômicos da população exposta.

Em relação à exposição das moradias, as mais vulneráveis são aquelas que apresentam baixo padrão construtivo e estado precário de conservação. As moradias melhor conservadas, com bom padrão construtivo são as menos vulneráveis.

Os domicílios que possuem abastecimento de água pela rede geral, coleta de lixo, energia elétrica e banheiro de uso exclusivo dos moradores e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial tem acesso aos serviços básicos e de melhor qualidade, sendo considerados os menos vulneráveis (Figura 13).

Em relação à energia elétrica, abastecimento de água e coleta de lixo nas áreas de perigo de inundação com ocupação urbana, predominam os setores censitários em que mais de 90% dos domicílios tem acesso a estes serviços.

Referente aos domicílios com banheiro de uso exclusivo e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto muitos domicílios nos setores censitários nas áreas de perigo de inundação com ocupação urbana não possuem acesso. Destacam-se a região das ilhas, porções dos bairros Cristal, Humaitá, Lami, e Serraria em Porto Alegre, porções dos bairros Chácara, Cidade Verde, Picada, Sans Souci, Vila da Paz em Eldorado do Sul, porções dos bairros Loteamento Engenho, Flórida e Vila Elsa em Guaíba, e porções da área urbana de Barra do Ribeiro e a região de Itapuã.

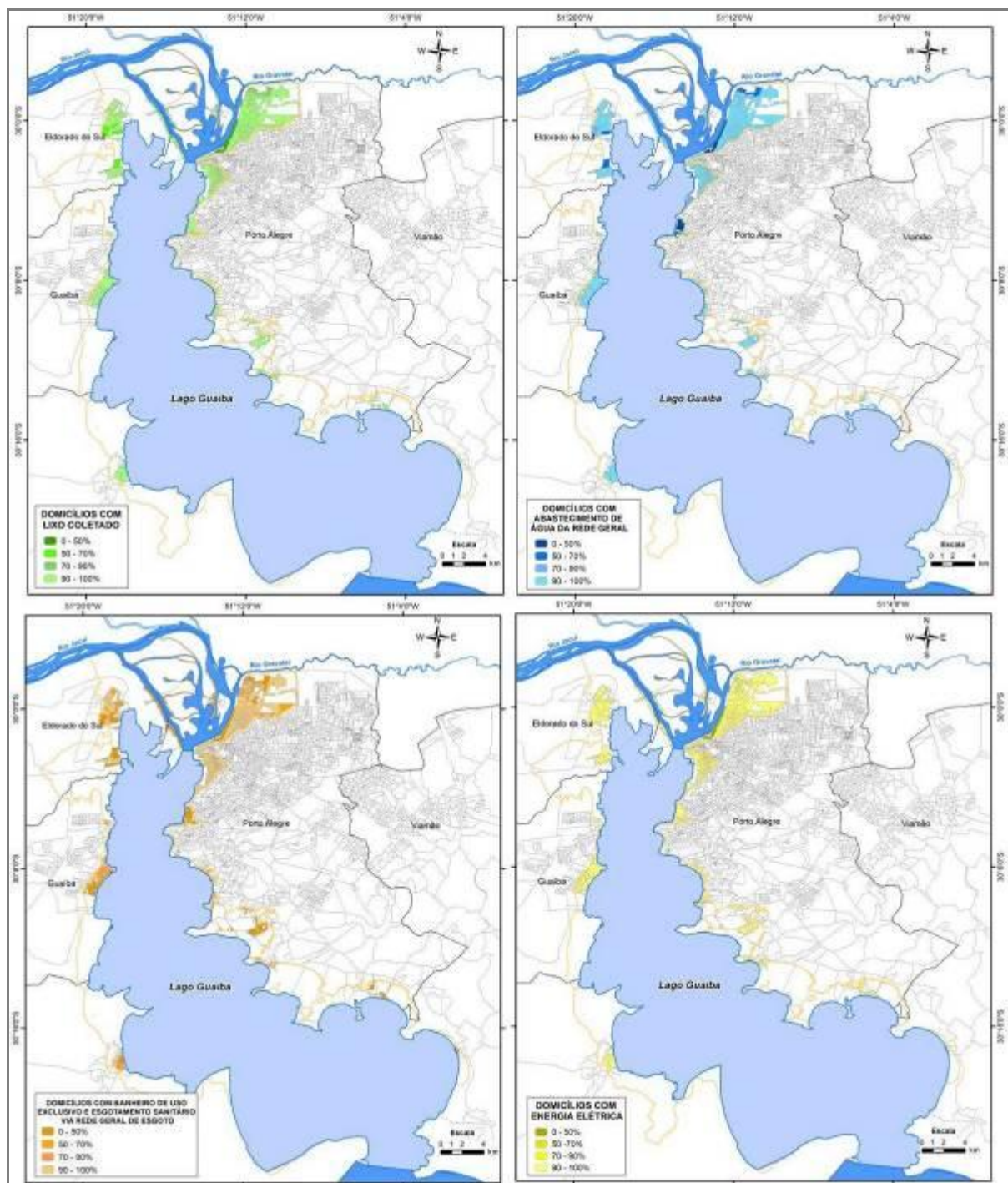


Figura 13: Variáveis adotadas para a caracterização do acesso a serviços essenciais nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.
 Fonte: Elaborado a partir do Censo (IBGE, 2010).

Em relação às variáveis socioeconômicas, estas foram avaliadas com base no rendimento médio mensal dos domicílios, no número de moradores por domicílio e no percentual de idosos e crianças (Figura 14).

O baixo rendimento médio mensal indica maior dificuldade das pessoas se reestabelecerem após a ocorrência das inundações e baixa capacidade de

prevenção e mitigação destes eventos. Já as pessoas com alto rendimento possuem melhores condições de recuperação dos danos após as inundações. Cerqueira (2010) menciona que, embora o valor monetário das perdas econômicas e materiais dos ricos possa ser elevado, as perdas sofridas pelos pobres são relativamente mais devastadoras.

Com relação ao rendimento médio mensal há predominância de rendimento de 1 a 3 salários mínimos nas áreas com perigo de inundação. Na ilha Grande dos Marinheiros há setores onde a renda é inferior a meio salário mínimo. Já em porções da Ilha das Flores e Ilha do Pavão, em porções dos bairros Serraria, Belém Novo e Lami em Porto Alegre, Cidade Verde, Medianeira, Sol Nascente, Sans Souci, Vila da Paz em Eldorado do Sul e na Vila Ipê em Guaíba a renda indicada é de até 1 salário.

Em porções dos bairros Centro, Ipanema, Guarujá, Praia de Belas, Tristeza, Vila Assunção e Vila Conceição em Porto Alegre e na porção central de Guaíba a renda é superior a 3 salários mínimos, chegando até 8 salários em porções dos bairros Menino Deus e Praia de Belas em Porto Alegre.

Referente ao número de moradores por domicílio, famílias com maior número de pessoas tem maior dificuldade de recuperação após a ocorrência de inundações em relação às famílias constituídas por menor número de membros. Neste sentido, Cerqueira, (2010) menciona que as características sociodemográficas tais como a maior densidade de moradores nos domicílios e com menores rendimentos podem sinalizar para uma condição de poucos recursos físicos para enfrentar os perigos ambientais.

Na maior parte dos domicílios situados nas áreas com perigo de inundação residem de 1 a 3 moradores. Porém, na Ilha das Flores e Ilha do Pavão em Porto Alegre ocorrem setores censitários com mais de 4 moradores nos domicílios.

Em relação a idade, os domicílios com maior percentual de idosos e crianças são os mais vulneráveis. Saito (2011) destaca que os jovens do ponto de vista de saúde, são os que possuem as melhores condições.

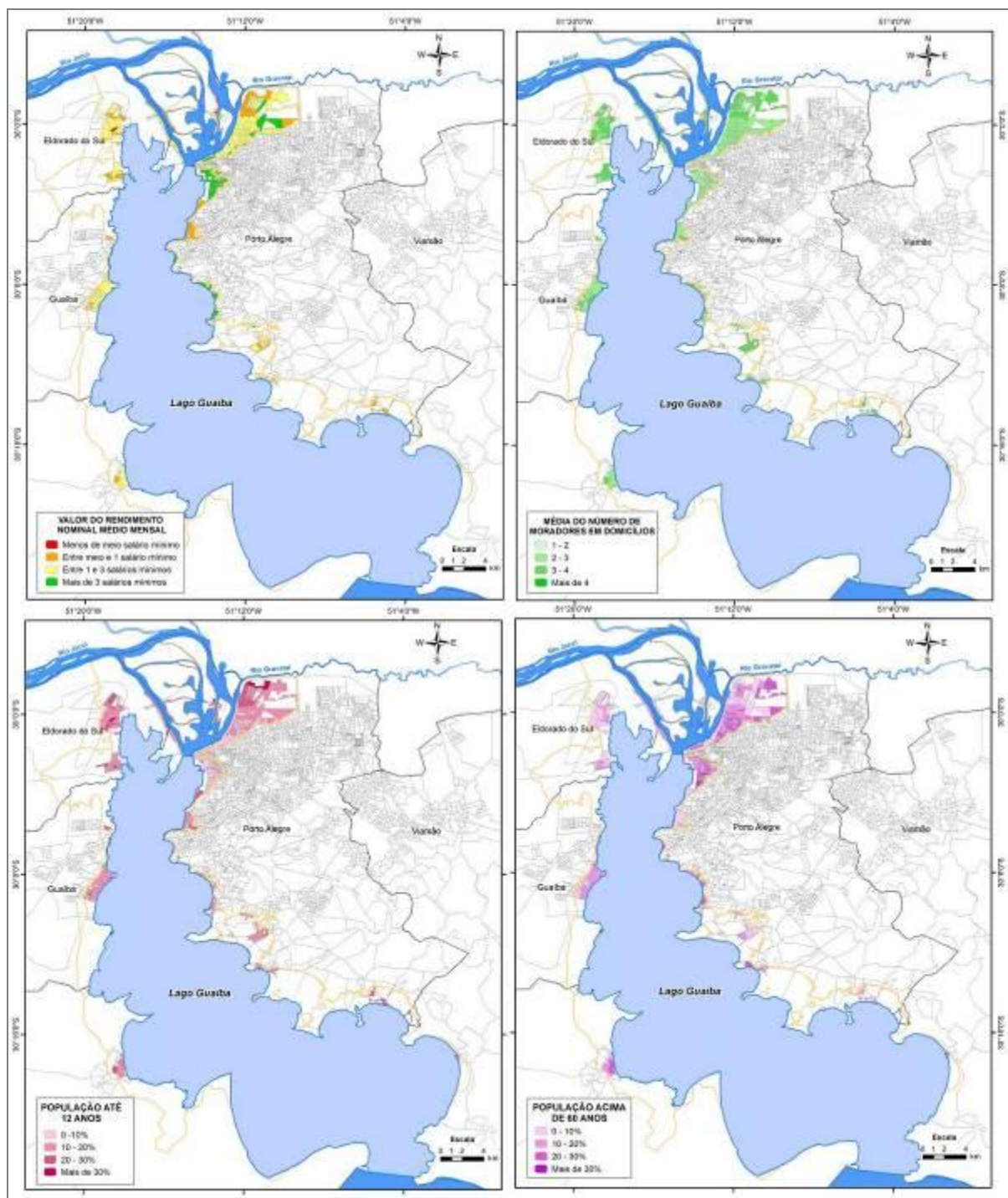


Figura 14: Variáveis socioeconômicas adotadas para a caracterização da vulnerabilidade nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.
Fonte: Elaborado a partir do Censo (IBGE, 2010).

Nas áreas com perigo de inundação predominam os setores onde menos de 25% das pessoas tem idade inferior 12 anos. No entanto, no bairro Serraria em Porto Alegre, em locais da Ilha do Pavão, Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha da Pintada e porções dos bairros Medianeira, Sol Nascente e Progresso em Eldorado do Sul há setores em que mais de 25% das pessoas tem idade inferior a 12 anos.

Ainda com relação à idade, nas áreas com perigo de inundação predominam os setores em que menos de 15% das pessoas tem idade superior a 60 anos. Porém, em porções do bairro Centro em Guaíba e dos bairros Ipanema, Menino Deus, Praia de Belas, Tristeza e Vila Assunção em Porto Alegre há setores em que mais de 25% das pessoas tem idade superior a 60 anos.

As informações relativas aos aglomerados subnormais indicam alta exposição ao risco e baixa capacidade de recuperação diante da ocorrência das inundações. Nas áreas com perigo de inundação ocorrem 21 aglomerados subnormais (Figura 15), sendo 18 na cidade de Porto Alegre nos bairros Arquipélago (Ilha do Pavão, Ilha dos Marinheiros), Cristal, Farrapos, Guarujá (Santina), Humaitá, Serraria (dos Sargentos) e Belém Novo (Julia). Há ainda, 2 aglomerados subnormais na cidade de Eldorado do Sul (Beco do Beto e Campo da Medianeira) e 1 na cidade de Guaíba (Ipê).

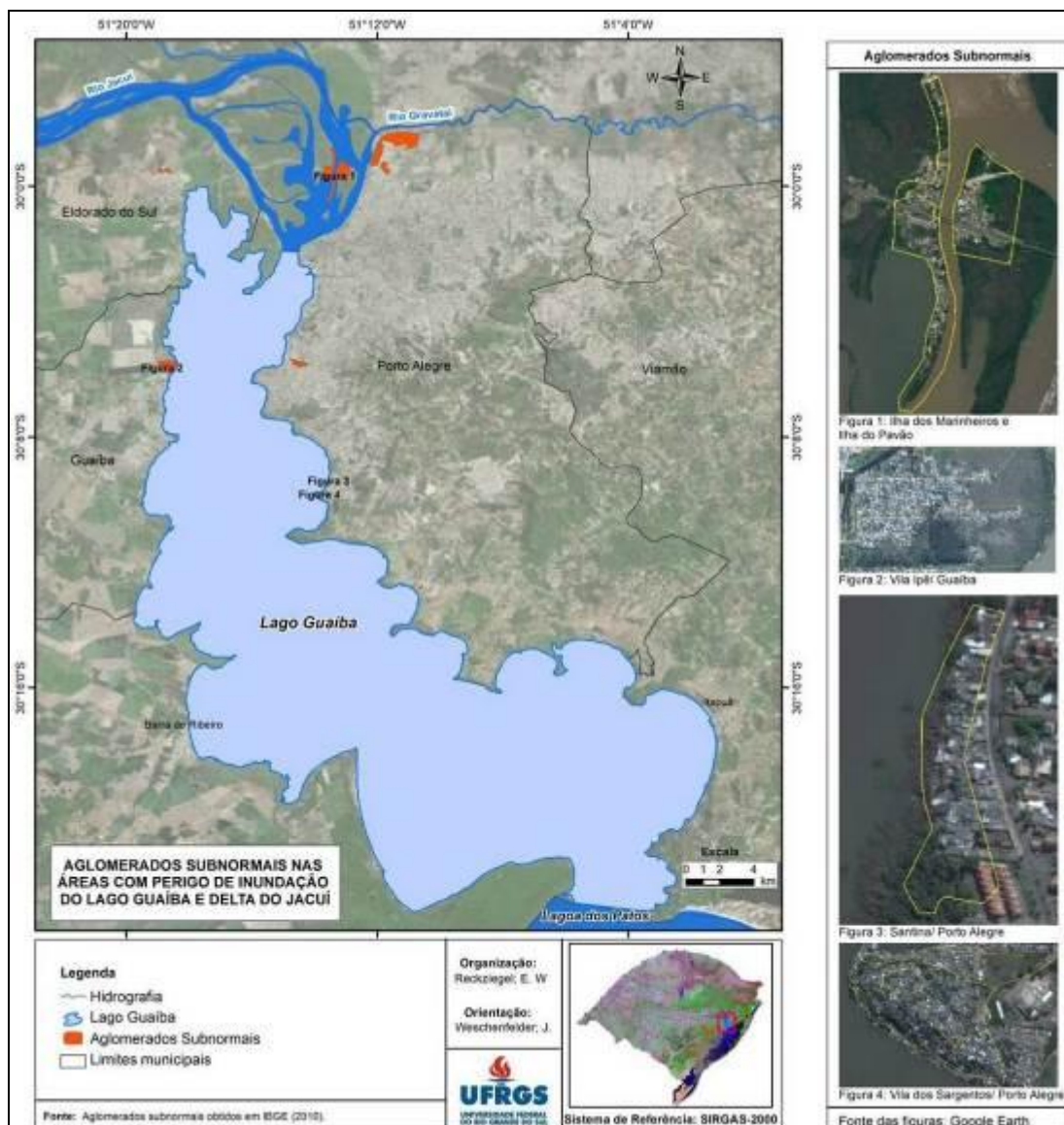


Figura 15: Aglomerados subnormais nas áreas com perigo de inundação.

A caracterização da vulnerabilidade foi gerada a partir da integração e cruzamento de aspectos de exposição das moradias e de variáveis socioeconômicas da população. As áreas vulneráveis totalizam aproximadamente 40km²; destes, 7km² apresentam alta vulnerabilidade.

Nas áreas com alta vulnerabilidade as moradias apresentam baixo padrão construtivo e precário estado de conservação. Além disso, o acesso a serviços básicos, em geral, não abrangem a totalidade da população. Nestes locais, predominam domicílios com renda inferior a um salário mínimo. Também há locais com elevado número de crianças ou idosos.

Nas áreas com baixa vulnerabilidade as moradias apresentam alto padrão construtivo e bom estado de conservação. Além disso, a maior parte dos domicílios

possui acesso a serviços essenciais, como água, energia elétrica, coleta de lixo e esgoto pela rede geral. Nestes locais, a renda dos domicílios é superior a 1 salário mínimo (Figura 16).

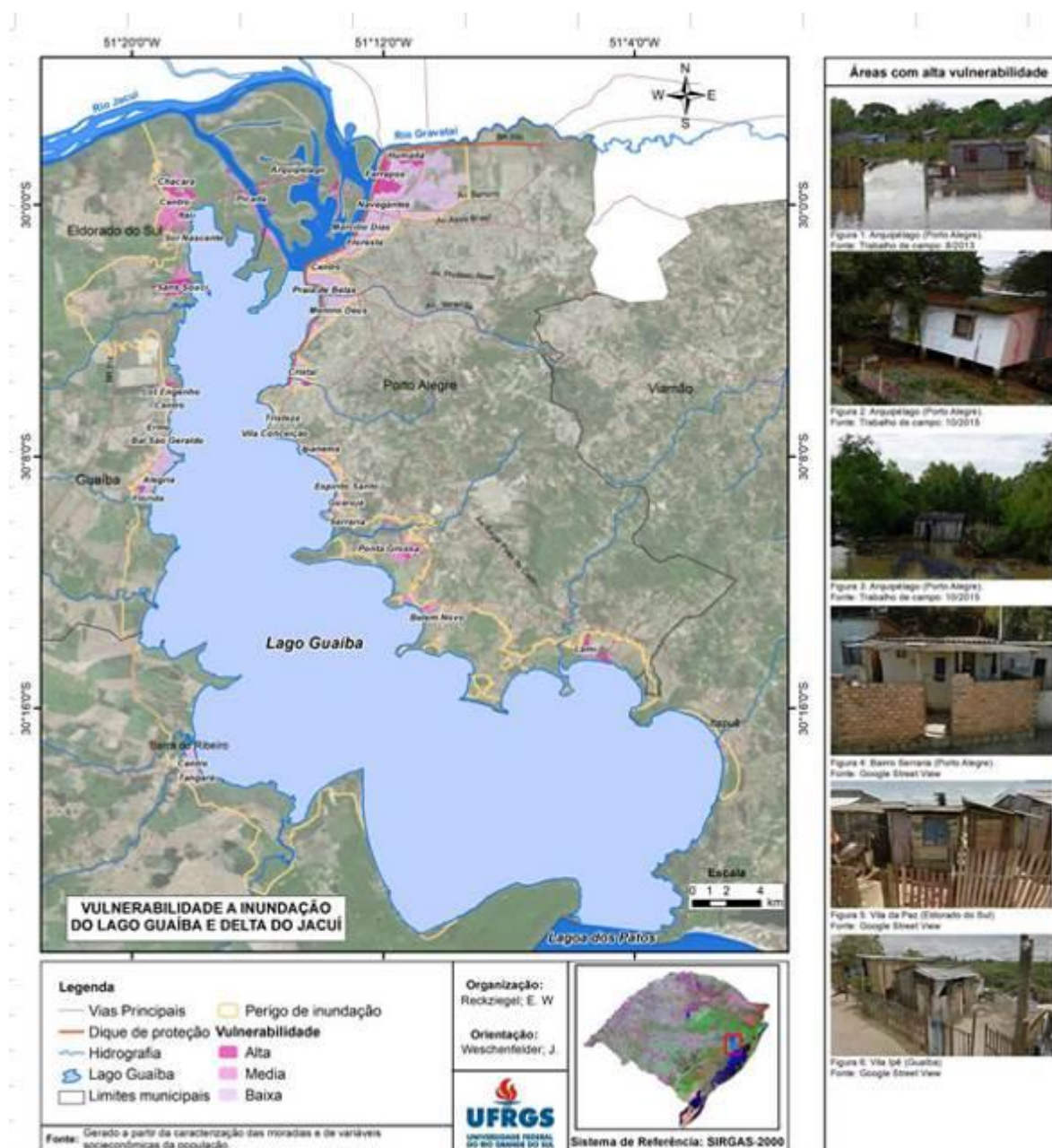


Figura 16: Vulnerabilidade a inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

A partir da caracterização das áreas vulneráveis foi possível identificar os locais com as melhores e as piores condições de resposta e mitigação diante das inundações.

4.7. Risco de inundação

A partir da integração e cruzamento das informações sobre o perigo e a vulnerabilidade foram setorizadas as áreas com risco de inundação. Nas áreas com alto risco são esperados os maiores danos e perdas decorrentes destes eventos. Já as áreas com muito baixo risco são aquelas que apresentam as melhores condições de mitigação e resposta e onde não são esperados impactos significativos decorrentes das inundações (Figura 17).

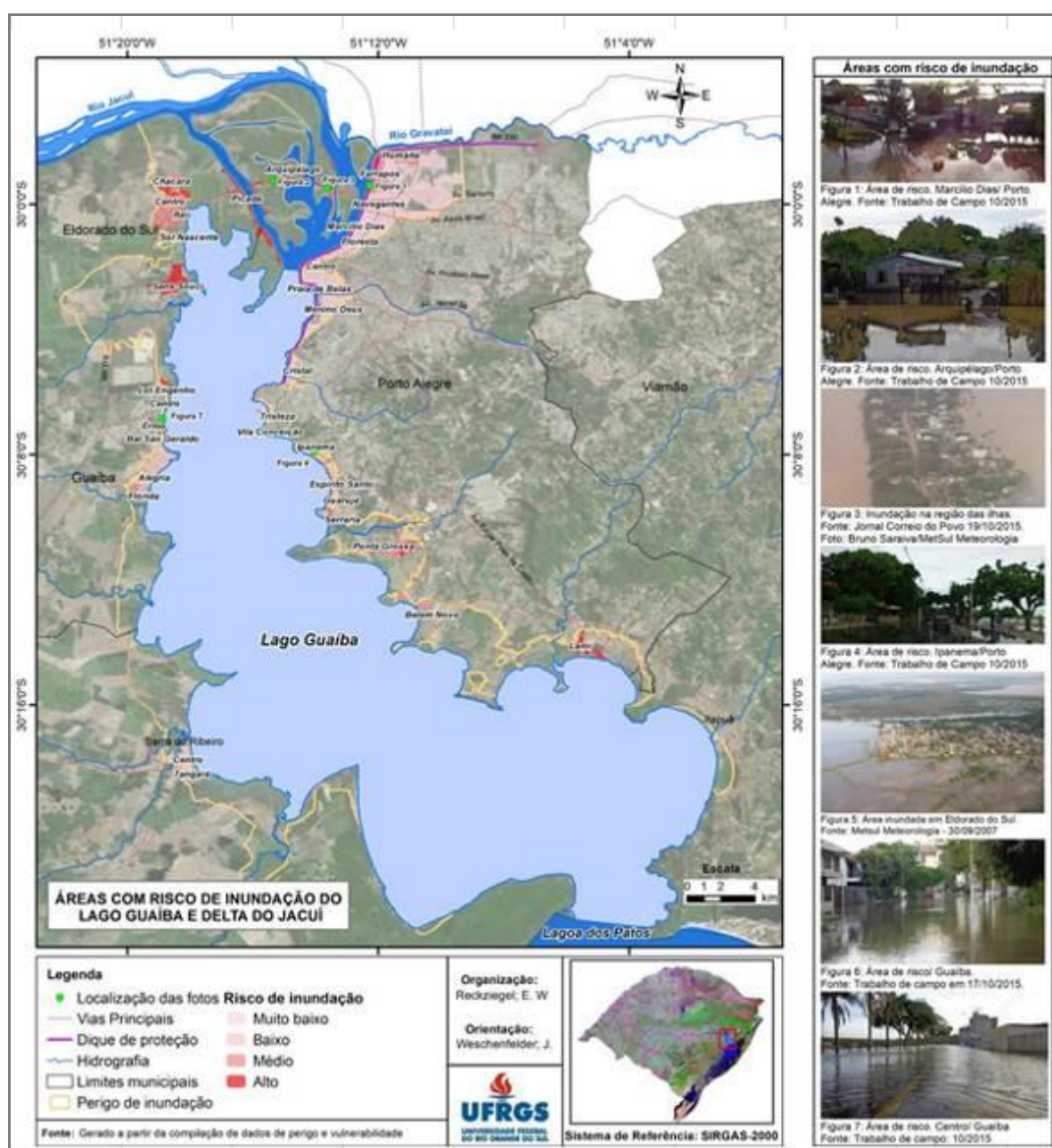


Figura 17: Risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

As áreas com risco de inundação estão localizadas junto as ilhas no Delta do Jacuí, na porção norte, central e sul do município de Porto Alegre incluindo porções dos bairros Belém Novo, Centro, Cristal, Farrapos, Guarujá, Humaitá, Ipanema, Lami, Marcílio Dias, Navegantes, Ponta Grossa, Serraria, Tristeza. Ainda, em Itapuã, no município de Viamão. Na margem oeste as áreas de risco incluem porções dos bairros Chácara, Cidade Verde, Industrial, Medianeira, Picada, Progresso, Sans Souci, Sol Nascente e Vila da Paz em Eldorado do Sul. No município de Guaíba porções dos bairros Alegria, Balneário São Geraldo, Centro, Engenho, Flórida, Passo Fundo, Vila Elsa e a Vila Ipê. E no município de Barra do Ribeiro porções dos bairros Centro, Picada e Tangará.

As áreas com risco alto estão localizadas junto as ilhas no Delta do Jacuí, na porção central e sul do município de Porto Alegre, incluindo porções dos bairros Farrapos, Humaitá, Lami e Serraria. Em Eldorado do Sul as áreas com risco alto incluem os bairros Cidade Verde, Medianeira, Picada, Sans Souci, Sol Nascente e Vila da Paz. No município de Guaíba porções do bairro Passo Fundo e da Vila Ipê.

As áreas com risco de inundação totalizam em torno de 40 km², dos quais 7 km² apresentam alto risco. Com relação à extensão (km²), as áreas com risco abrangem maior percentual de área no município de Porto Alegre (72% do total), seguido do município de Eldorado do Sul (16%). Em Barra do Ribeiro, Guaíba e Viamão as áreas com risco representam 3%, 8,5% e 0,5% da extensão, respectivamente (Figura 18).

Em relação ao nível de risco, as áreas com muito baixo risco são predominantes (19,5 km²), seguido pelas de médio (8 km²), alto (7 km²) e baixo risco (5,5 km²).

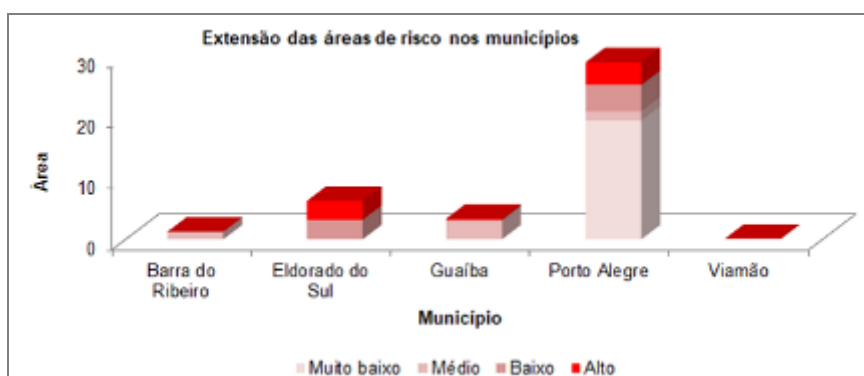


Figura 18: Extensão das áreas com risco de inundação nos municípios.

Na Figura 19 estão detalhadas as áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí em escala aproximada de 1:40.000.



Figura 19: Detalhe das áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí
Fonte: Imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth.

5. CONCLUSÕES

O risco de inundação para a área de estudo foi definido a partir da integração do potencial de ocorrência das inundações e da vulnerabilidade da população e das ocupações. O perigo foi definido com base no tempo de retorno dos eventos e com base na presença de sistema de proteção. Já a vulnerabilidade foi definida com base em indicadores que caracterizam a exposição das moradias e estruturas do entorno e com base em variáveis socioeconômicas da população exposta.

Na área de estudo as áreas com perigo alto são aquelas que não apresentam proteção contra inundação e onde o tempo de retorno dos eventos é inferior a 10 anos sendo recorrentes inundações de baixa intensidade. Já as áreas de perigo médio são atingidas por eventos de alta intensidade. As áreas com baixo perigo são aquelas protegidas pelo sistema de proteção de inundação.

Nas áreas com alta vulnerabilidade as moradias apresentam baixo padrão construtivo, precário estado de conservação e o acesso a serviços básicos, como água, energia elétrica, coleta de lixo e esgoto pela rede geral são limitados. Além disso, em geral, a renda dos domicílios é inferior a um salário mínimo e há elevado número de crianças ou idosos. Já nas áreas com baixa vulnerabilidade as moradias apresentam bom padrão construtivo e a população apresenta melhores condições de mitigação e resposta diante das inundações.

As áreas com risco de inundação totalizam 40 km², dos quais 7 km² apresentam alto risco. Nas áreas com alto risco o perigo de inundação é alto, assim como, a vulnerabilidade da população e das moradias. Estão localizadas nas ilhas do Delta do Jacuí, em porções dos bairros Farrapos, Humaitá, Lami e Serraria em Porto Alegre, dos bairros Cidade Verde, Medianeira, Picada, Sans Souci, Sol Nascente e Vila da Paz em Eldorado do Sul e porções do bairro Passo Fundo e da Vila Ipê em Guaíba.

A delimitação das áreas com risco realizado nesta pesquisa configura-se em uma importante medida não estrutural para a gestão das inundações, permitindo a avaliação das inundações sob o potencial de ocorrência dos eventos e também dos impactos que estes podem causar. Além disso, é importante para direcionar as ações de prevenção e de resposta durante a ocorrência dos eventos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Agência Nacional de Águas - ANA. HIDROWEB. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 14 mar. 2014.

BAZZAN, T. **Mapeamento das áreas com risco de inundação do Rio dos Sinos no município de São Leopoldo, RS**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

BECKER, L. (Coord). **Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental**. Prefeitura Municipal de Guaíba. Guaíba. p. 140. 2010.

CERQUEIRA, D. C. **Vulnerabilidade das famílias residentes em áreas de risco de deslizamentos em Cubatão (SP)**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Demografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CHIAPPETTI, A. B. **Ocupação do Parque Estadual Delta do Jacuí: conflitos de uso territorial**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. v. 1. São Paulo. 1981.

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres Brasil. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa N°1 de 24 de agosto de 2012.

CRED - 2015. Disaster Data: A balanced Perspective. Natural disasters in 2014. p. 2. 2015.

CUTTER, S. L. **A ciência da vulnerabilidade**: Modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais, 93. Coimbra, p. 59-69, 2011.

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais. Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU). Sistema de Proteção Contra Enchentes. Volume VI. p. 83. 2002.

DIAS, T. S. **Análise das intervenções na morfologia original e na dinâmica geomorfológica em áreas alagáveis no município de Porto Alegre - RS**. 2014. 191 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Alegre, 2014.

EM-DAT. *The OFDA/CRED- International Disaster Database*. Université catholique de Louvain Brussels - Belgium. p. 2. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas do Séc. XX. Disponível em: <http://seculoxx.ibge.gov.br/populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-temas/populacao>. 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. 2010. Acesso em 3 out. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. **Aglomerados Subnormais**. Informações Territoriais. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Histórico dos municípios - RS**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em 10 ago. 2017.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). **Living with Risk**. A global review of disaster reduction initiatives. United Nations. Volume I. p. 431 2004.

MASGRAU, L. R. **Los mapas de riesgo de inundaciones**: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. Doc. Anàl. Geogr. 43, 2004. p. 153-171, 2004.

OLIVEIRA, G. G. de. **Modelos para previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do Rio Caí, RS**. 2010. 197 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Prefeitura Municipal de Eldorado do Sul. História. Disponível em: http://eldorado.rs.gov.br/pagina/78_Historia.html. Acesso em 10 ago. 2017.

RAUBER, V. **Prevenir é o melhor remédio**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. 1992. 47p.

RISSE, A.; GIUGNO, N. B. **Áreas de inundação, alagamento e banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS/** Alfonso Risse; Nanci B. Giugno. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN. 1994. 53 p.

SÁ, L.; ALMEIDA, M do C.; FREIRE, P; AVARES, A. **Gestão do risco de inundação. Documento de apoio a boas práticas**. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes. p. 44. 2016.

SAITO, S. M. **Dimensão socioambiental na gestão de risco dos assentamentos precários do maciço do Morro da Cruz, Florianópolis - SC**. 2011. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SPH - Superintendência de Portos e Hidrovias. Ficha do histórico da estação Praça da Harmonia.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual**. In: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA / SBF. 2006. 388 p.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Capítulo consta a análise integradora da tese e as principais conclusões da pesquisa sobre as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

6.1. Análise integradora

A pesquisa realizada permitiu a elaboração de um diagnóstico integrado acerca da problemática associada às inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. As inundações foram avaliadas sob aspectos como: identificação dos locais atingidos, a frequência de eventos e o número de pessoas afetadas realizada a partir do histórico; a identificação das áreas que apresentam favorabilidade a ocorrência de eventos gerada a partir da delimitação das áreas com suscetibilidade; e a definição das áreas de risco que englobou a análise das áreas com potencial de ocorrência dos eventos e a avaliação da exposição e da capacidade de recuperação da população diante das inundações.

A elaboração do histórico de registros de inundações permitiu identificar os principais locais atingidos, assim como, a frequência destes eventos. Também possibilitou a avaliação do número de pessoas afetadas pelas inundações.

A partir da análise dos registros do histórico foi possível observar que as inundações ocorrem, em geral, quando o Lago Guaíba atinge a cota fluviométrica de 2,0 metros na estação Praça da Harmonia. Na estação Ilha da Pintada as inundações ocorrem, em geral, a partir da cota fluviométrica de 1,78 metros. O período do ano em que os eventos são mais frequentes corresponde aos meses de julho até outubro e, em geral, as inundações de alta e muito alta intensidade mantêm as áreas inundadas durante dias.

Entre os municípios localizados na área de estudo, Porto Alegre foi atingido com maior frequência pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, sendo os bairros Arquipélago, Centro, Ipanema, Navegantes e Serraria os que apresentam maior número de registros na série histórica.

Em Eldorado do Sul as inundações tornaram-se frequentes a partir da década de 1980, período a partir do qual ocorre a ampliação significativa da

ocupação urbana neste município. Os bairros Chácara, Cidade Verde, Itaí, Picada, Sans Souci e Vila da Paz são afetados com maior frequência pelas inundações.

No município de Guaíba, em geral, os registros estão associados a eventos de alta intensidade. Já no município de Barra do Ribeiro e no distrito de Itapuã (município de Viamão) foi registrado um evento de inundação, evento este de muito alta intensidade.

Apesar das inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí não terem como consequência um alto número de mortos e feridos, os impactos são significativos, o que pode ser comprovado pelo elevado número de pessoas afetadas e pelo elevado número de moradias atingidas em decorrência dos eventos.

Na Tabela 1 consta a síntese do número de pessoas e moradias afetadas pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí elaborada a partir do histórico. É possível observar que no município de Porto Alegre os danos registrados com relação às pessoas e moradias atingidas são mais significativos, seguido pelo município de Eldorado do Sul.

Tabela 1: Síntese do número de pessoas e moradias atingidas pelas inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí no período 1940-2015.

EVENTO	MUNICÍPIO	ATINGIDAS	
		PESSOAS	MORADIAS
1941/maio	Porto Alegre	70.000	15000
	Itapuã/Viam.	270	-
1941/set	Porto Alegre	100	-
1953	Porto Alegre	100	-
1954	Porto Alegre	2.000	-
1963/out	Porto Alegre	4.690	-
1965/ago	Porto Alegre	10.000	-
1965/set	Porto Alegre	8.000	-
1966/ago	Porto Alegre	Centenas	-
1967/set	Porto Alegre	4.850	-
1972/jul	Porto Alegre	100	-
1972/set	Porto Alegre	200	-
1983/jul	Porto Alegre	1.200	-
1983/ago	Porto Alegre	3000	-
1987/ago	Porto Alegre	350	-
1990/out	Porto Alegre	350	-
1993/jul	Porto Alegre	Dezenas	-
1995/ago	Porto Alegre	75	-
1997/out	Porto Alegre	20 famílias	-
2001/jul	Eldorado do Sul	800	-
	Porto Alegre	300	-
2001/out	Porto Alegre	150	-
2002/jun	Porto Alegre	500	-

EVENTO	MUNICÍPIO	ATINGIDAS	
		PESSOAS	MORADIAS
2007/jul	Porto Alegre	Dezenas	-
2007/set	Eldorado do Sul	12.000	2.000
	Porto Alegre	Aprox. 5000	-
2008/out	Porto Alegre	40	-
	Porto Alegre	230	-
2009/set	Eldorado do Sul	-	1.000
	Porto Alegre	96	20
2011/ago	Porto Alegre	-	215
2013/ago	Porto Alegre	145	-
2015/jul	Eldorado do Sul	2.400	-
	Porto Alegre	Milhares	-
2015/out	Guaíba	70	-
	Eldorado do Sul	-	20.000

Fonte: Organizado a partir do histórico.

A partir da espacialização da suscetibilidade foi possível identificar os locais que apresentam maior favorabilidade a ocorrência de inundações, considerando as características do ambiente em que está localizada a área de estudo e as áreas inundadas obtidas a partir do mapeamento elaborado com base em imagem de satélite.

Os principais condicionantes que favorecem a ocorrência das inundações são as baixas declividades e altitudes do entorno e o substrato caracterizado pela ocorrência de materiais inconsolidados.

Além disso, a posição geográfica da área que recebe as águas de importantes bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul contribui para o desenvolvimento das inundações em períodos de intensa precipitação à montante. As áreas de alta suscetibilidade estão localizadas principalmente junto as ilhas no Delta do Jacuí e junto a foz dos principais arroios que afluem para o Lago Guaíba.

A avaliação do sentido predominante dos ventos realizada para os dias em que foi registrada a maior cota fluviométrica do Lago Guaíba durante a ocorrência de inundações permitiu verificar que em aproximadamente 70% das datas de ocorrência de inundação predominaram ventos de sudeste, sul e sudoeste indicando que estes ventos podem contribuir para as inundações.

A partir da análise do histórico de ocorrência, caracterização ambiental do entorno do Lago Guaíba e tempo de permanência das águas pode-se afirmar que as inundações na área de estudo são tipicamente inundações graduais.

A avaliação das áreas suscetíveis que são protegidas ambientalmente perante a legislação mostrou-se importante para identificar os locais que já apresentam restrição ambiental legal para ocupação e aqueles em que deve ser regulamentado o uso visando a prioridade para preservação e conservação. Foi possível quantificar que mais de 70% das áreas com alta suscetibilidade estão localizadas em áreas de proteção ou conservação.

A avaliação do risco de inundação na área de estudo permitiu associar os locais que apresentam potencial para ocorrência dos eventos (perigo) e a avaliação da exposição da população diante das inundações (vulnerabilidade).

Com relação às áreas de perigo, as de alto e médio perigo são caracterizadas pela ausência de sistemas de proteção; nas áreas de alto perigo as inundações são mais frequentes apresentando tempo de retorno inferior a 10 anos; as de médio perigo apresentam tempo de retorno superior a 10 anos, tendo potencial de ser atingidas por eventos de alta e muito alta intensidade. Já as áreas de baixo perigo são protegidas pelo sistema de proteção. Nestes locais apesar da presença dos diques o potencial de ser atingidas por inundações permanece.

A avaliação da expansão urbana nas áreas de perigo permitiu identificar os locais que apresentaram maior incremento de edificações em áreas com potencial de ocorrência de inundação. Esta expansão das ocupações foi verificada na área urbana de todos os municípios situados no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, principalmente a partir da década de 1970.

Nas áreas com perigo de inundação também foi realizado o mapeamento do uso e ocupação do solo para identificar os locais onde os impactos decorrentes das inundações podem ser mais significativos. Nas áreas mapeadas com ocupação urbana foi realizada a caracterização da vulnerabilidade.

Em relação a vulnerabilidade, na área de estudo as áreas mais vulneráveis são caracterizadas pelo baixo padrão construtivo e precário estado de conservação das residências e apresentam acesso limitado a serviços essenciais como água, energia elétrica, lixo coletado e esgoto via rede geral. A renda dos domicílios, em geral, é inferior a um salário mínimo e há elevado número de crianças ou idosos.

O mapeamento das áreas com risco de inundação foi realizado a partir da geração e integração de diferentes bases temáticas georreferenciadas, que permitiram a representação espacial das variáveis que compõem a análise do risco.

A partir das informações básicas foram geradas informações derivadas e o mapa final integrado de risco de inundação (Figura 1).

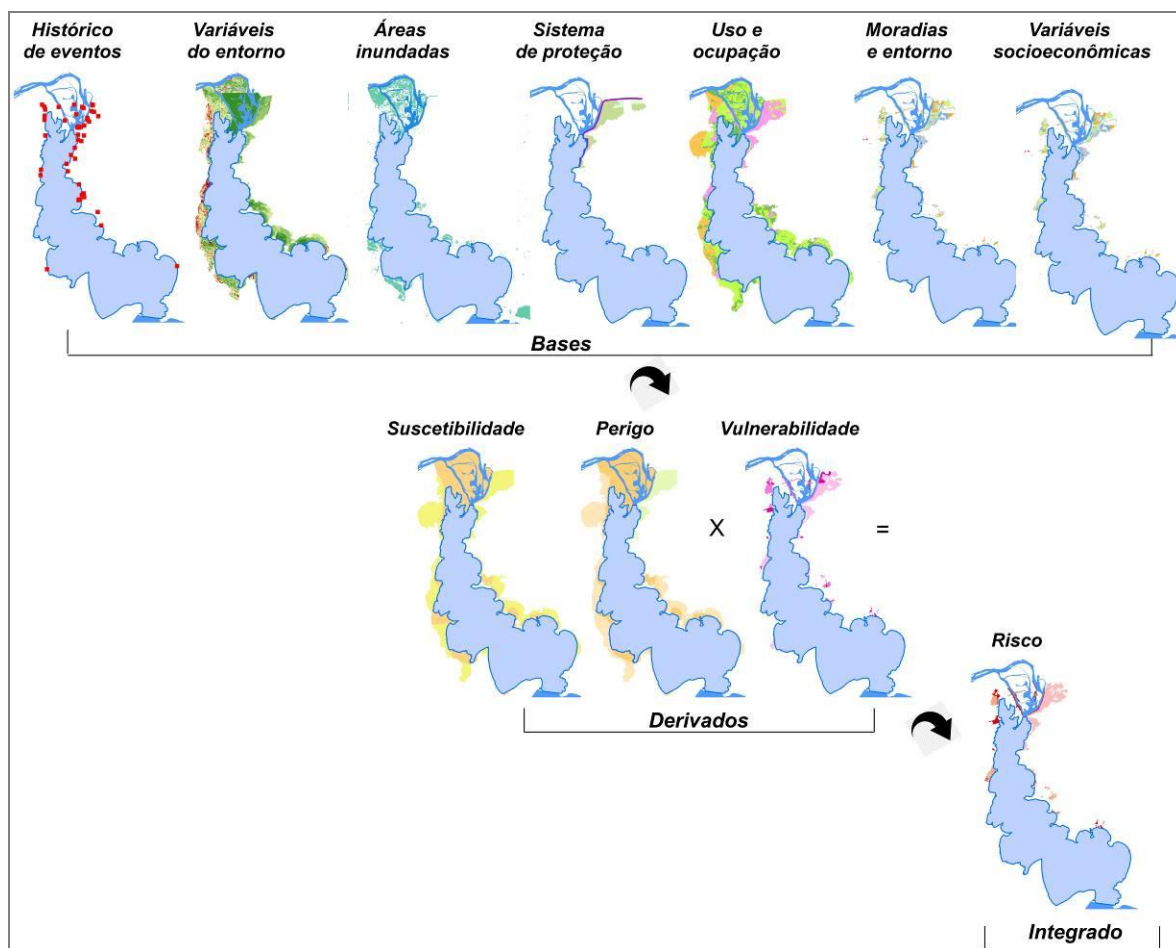


Figura 1: Integração das variáveis para a definição do risco de inundação.

A partir do mapa final integrado de risco de inundação foi possível identificar os locais onde são esperados os maiores e os menores impactos e perdas decorrentes das inundações. As áreas de risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí totalizam em torno de 40 km², dos quais 7 km² apresentam alto risco. O município de Porto Alegre possui a maior extensão (km²) de áreas com risco, seguido do município de Eldorado do Sul.

Nas áreas com alto risco o potencial de ocorrência de inundação é alto, assim como, a vulnerabilidade. Já nas áreas com muito baixo risco o potencial de ocorrência das inundações é baixo e a população apresenta melhores condições de resposta e mitigação diante das inundações. Destaca-se, no entanto, que em algumas áreas protegidas pelos diques, com baixo perigo de inundação, há áreas com alta vulnerabilidade como em porções dos bairros Farrapos, Humaitá e Cristal.

As áreas de alto risco estão localizadas junto às ilhas no Delta do Jacuí, na porção central e sul do município de Porto Alegre, incluindo porções dos bairros Farrapos, Humaitá, Lami e Serraria. Em Eldorado do Sul as áreas de risco alto incluem porções dos bairros Cidade Verde, Medianeira, Picada, Sans Souci, Sol Nascente e Vila da Paz. No município de Guaíba porções da Vila Ipê e do Bairro Passo Fundo.

Nas áreas urbanas de Barra do Ribeiro, Guaíba, assim como, em Itapuã, são predominantes as áreas de baixo risco. Estes locais também apresentam o menor número de registros de ocorrência de inundações.

A partir da integração dos locais com registro de ocorrência de eventos (gerado com base no histórico) e do mapa final de risco de inundação foi possível confirmar que os registros ocorrem em áreas mapeadas com risco, principalmente de alto e médio (Figura 2).

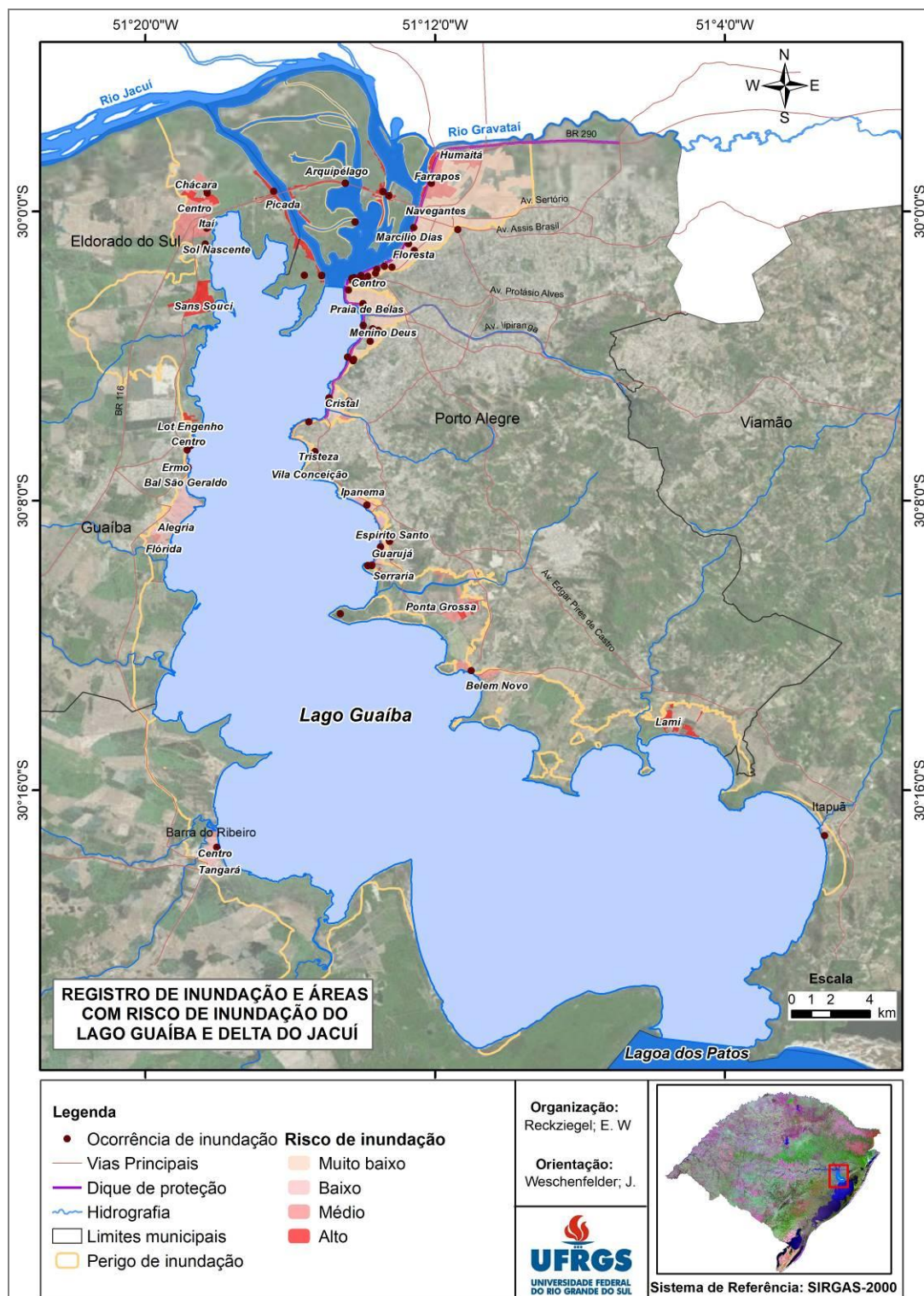


Figura 2: Integração dos registros de eventos e áreas com risco de inundação

Os resultados gerados nesta pesquisa permitiram uma avaliação e integração de diferentes aspectos associados as inundações na área de estudo podendo servir de apoio para o planejamento dos municípios.

6.2. Conclusões

A expansão urbana nas áreas com suscetibilidade a ocorrência de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí teve como consequência o surgimento de áreas com risco de inundação. Esta ocupação urbana nas áreas suscetíveis ocorre desde o início da colonização dos municípios, sendo que as primeiras ocupações se instalaram as margens do Lago Guaíba pela função estratégica de localização do mesmo. Com a intensificação da urbanização da região ocorreu uma ampliação das áreas de risco.

Com relação às hipóteses adotadas para a pesquisa, foi possível observar uma intensificação das ocupações nas áreas com potencial de ocorrência de inundação, principalmente a partir da década de 1970. Essa urbanização tem como consequência o desenvolvimento de áreas de risco de inundação marcadas por diferentes níveis de perigo e vulnerabilidade.

A expansão da ocupação urbana nas áreas de perigo é constituída tanto por pessoas e moradias que apresentam baixas condições para recuperação e mitigação diante das inundações, marcadas pela alta vulnerabilidade, como por pessoas e moradias que possuem boas condições de resposta diante dos eventos. Dessa forma, estes locais apresentam diferentes graus de vulnerabilidade e risco.

Também foi possível verificar que nas áreas de alto risco não protegidas pelo sistema de proteção, principalmente na porção sul de Porto Alegre, em locais das ilhas localizadas no Delta do Jacuí e em áreas do município de Eldorado do Sul, há ocupações marcadas pela alta vulnerabilidade. Já nos municípios de Barra do Ribeiro, Guaíba e em Viamão, mesmo não apresentando diques de proteção as ocupações apresentam boas condições de resposta e mitigação diante das inundações, predominando áreas com baixo risco.

Em relação a implantação de medidas estruturas de proteção verificou-se que estas foram eficazes, não sendo registradas inundações nas áreas protegidas após a implantação dos diques. Em relação à expansão do processo de urbanização, esta ocorre tanto em áreas protegidas pelo sistema de proteção, como em locais onde não há proteção contra as inundações.

Em relação aos objetivos da pesquisa, o objetivo principal que consistiu em delimitar as áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e do Delta do Jacuí é uma importante medida não estrutural para a gestão das inundações, sendo fundamental para o planejamento adequado do uso do solo nestes locais.

Em relação aos objetivos específicos, a organização do histórico de inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí para o período de 1940-2015 foi importante para indicar os locais onde os registros de eventos são mais frequentes e para identificar o número de pessoas afetadas pelas inundações. Estas informações são essenciais para adoção de medidas que visem minimizar os danos decorrentes das inundações nas áreas afetadas.

Referente à delimitação das áreas com suscetibilidade mostrou-se importante para identificar os locais em que há possibilidade de ocorrer inundação considerando variáveis do ambiente do entorno e áreas com ocorrência de eventos. Também foi fundamental para identificar os locais suscetíveis que são protegidos ambientalmente pela legislação e também aqueles em que o zoneamento dos municípios deve limitar os usos com o objetivo de evitar a ocupação.

Referente às áreas de perigo de inundação foi fundamental para identificar os locais que podem ser afetados pelas inundações e associar os mesmos a diferentes intensidades de eventos. Já a caracterização da vulnerabilidade da população e das ocupações foi importante, pois indicou os locais onde a população apresenta as melhores condições de resposta em relação as inundações.

A partir do exposto, o mapeamento do risco gerado nesta pesquisa configura-se como uma importante ferramenta para o planejamento dos municípios, sendo fundamental na escolha de áreas ambientalmente adequadas para a expansão urbana.

Também é importante para o gerenciamento e resposta durante a ocorrência dos eventos, pois indica as áreas em que os danos esperados são mais significativos e poderão causar maior impacto para a população, indicando desta forma, as áreas em que as medidas de apoio e evacuação devem ser priorizadas. Além disso, pode contribuir para estudos de prevenção das inundações indicando os locais prioritários para instalação de medidas de controle e proteção.

Verificou-se também que os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e os dados obtidos a partir de sensoriamento remoto foram ferramentas eficazes para a geração, organização e integração de dados, auxiliando na delimitação das áreas com risco de inundação na área de estudo. Além disso, estas informações ficam registradas em um Banco de Dados Geográfico (BDG) o que possibilita a consulta para estudos futuros.

A partir do estudo realizado, recomenda-se a execução de levantamentos topográficos detalhados, especialmente nos municípios que apresentam maior risco de inundação. Esses levantamentos poderão auxiliar no refinamento dos limites das áreas de risco de inundação.

Recomenda-se também a instalação de estações fluviométricas para o registro diário do nível da água nos municípios situados na margem oeste do Lago Guaíba, em especial naqueles com maior risco de inundação. Os registros poderão auxiliar nos cálculos dos tempos de retorno para estes locais e também para o monitoramento das inundações.

Outra medida não estrutural importante é a realização de parcerias entre prefeituras, defesas civis, universidades, centros de pesquisa e monitoramento de desastres naturais para treinamentos, capacitações e troca de experiências para formar uma base de dados que subsidiem a atuação de cada instituição.

Recomenda-se ainda aos municípios manterem uma base de dados com os registros históricos de inundações, a identificação das áreas atingidas e dos danos causados por estes eventos. Estas informações são importantes para elaboração de estudos que avaliem os impactos decorrentes dos eventos de inundação.

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Agência Nacional de Águas - ANA. HIDROWEB. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 14 mar. 2014.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47. p. 107-124. 2002.

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Tese (Doutorado). 278 f. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2010.

ASSIS, K. B. de. **O rio que não é rio.** Oficinas gráficas da Livraria do Globo. Porto Alegre. 1960. 129 p.

Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. Elaborado por Camargo-Schubert Engenheiros Associados. Eletrosul Centrais elétricas S.A.: dados do modelo mesoescala fornecidos por AWS TruePower. Porto Alegre: SDPI: AGDI. p. 120. 2014.

BARROS, F. M. L. de. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.** 2010. 301 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BAZZAN, T. **Mapeamento das áreas com risco de inundação do Rio dos Sinos no município de São Leopoldo, RS.** 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BECKER, L. (Coord). **Plano Municipal de Gerenciamento Ambiental.** Prefeitura Municipal de Guaíba. p. 140. 2010.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 15 jun. 2016. 2012.

BRASIL. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Portaria conjunta Nº 148 de 18 de dezembro de 2013. Estabelece o Protocolo de Ação Integrada para os casos de inundação gradual entre a Agência Nacional de Águas, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Diário Oficial da União. Brasília, 24 de dezembro de 2013.

BRASIL - Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa Nº2, de 20 de dezembro de 2016. Conceitos no âmbito da política Nacional de proteção e Defesa Civil. 2016.

BRUBACHER, J. P. **Inundações e Enxurradas, Município de Esteio - RS**. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CANTOS, J. O. De los mapas de zonas afectadas a las cartografías de riesgo de inundación en España. *Anales de Geografía*. vol. 32, núm. 1 91-131. 2012.

CANTÚ, E. T. *et al.* **Manual de Protección Civil**. Secretaría General de Gobierno. Coordinación General de Protección Civil. 2da Edición. p. 40. 2012.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional. Vol. 1. Brasília. p. 174. 2003.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden/>. Acesso em 3 de mar. 2017.

CHAPMAN, D. **Natural Hazards**. Melbourne: Oxford University Press. 1994.

CHIAPPETTI, A. B. **Ocupação do Parque Estadual Delta do Jacuí**: conflitos de uso territorial. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. Geografia dos Eventos Catastróficos. **Boletim de Geografia Teorética**. n.6, v.11/12. Rio Claro. p.91-93, 1976.

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres Brasil. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa N°1 de 24 de agosto de 2012.

CONOZ, L. A. **Evaluación de la vulnerabilidad físico-estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul, Suchitepéquez**. 2012. Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes. 2012.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: Modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, 93. Coimbra, p. 59-69, 2011.

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais. Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU). Sistema de Proteção Contra Enchentes. Volume VI. p. 83. 2002.

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais. Proteção contra cheias. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=73. Acesso em 7 jan. 2017.

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais. Características topográficas e cheias na cidade. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/>. Acesso em 7 jan. 2017.

DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos. Lago Guaíba. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=1&p_secao=197. Acesso em 7 out. 2017.

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

GUIMARAENS, R. **A enchente de 41**. 3ª ed. Porto Alegre: Libretos. 2009. 100p.

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

HASENACK, H.; WEBER, E.J.; LUCATELLI, L.M.L. 2010. Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em 12 jun. 2013.

HAUSMAN, A. Aspectos da geografia urbana de Porto Alegre. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. p. 8-31, 1961.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento de recursos naturais. Volume 33. Folha SH 22 Porto Alegre. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. **Projeto RADAMBRASIL**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. p. 791. 1986.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. Geologia. **Mapas**. SH22YB. Disponível em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. 2010. Acesso em 3 out. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. 2010. **Aglomerados Subnormais**. Informações Territoriais. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Evolução da Divisão Territorial do Brasil 1872-2010**. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: Acesso em 5 fev. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. **Cartas e Mapas**. Disponível em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias. Acesso em 7 maio 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Histórico dos municípios**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em 10 ago. 2017.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 16 jul. 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em 13 abr. 2014.

IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 3º Relatório do convênio IPH/DMAE para estudos do Guaíba. 1976.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Ministério das Cidades. Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações. p. 73. 2004.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Brasil. Ministério das Cidades. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores - Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. p. 176. 2007.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). **Living with Risk.** A global review of disaster reduction initiatives. United Nations. Volume I. p. 431 2004.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais:** conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading. 2006. 109 p.

MARANDOLA JR.; E; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade** - Ano VII - n. 2. São Paulo. jul-dez. 2004. p. 95-110, 2004.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias:** conceitos básicos. INPE. Santa Maria. 2007.

MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo Fundação SEADE, v. 14, n.4. 21-33 p, 2000.

MASGRAU, L. R. Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. **Doc. Anàl. Geogr.** 43, 2004. p. 153-171, 2004.

MASKREY, A. **Navegando entre Brumas**. La aplicación de dos sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1998. 344 p.

MCFEETERS, S. K. The use of Normalised Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal Remote Sensing** 17. p. 1425-1432. 1996.

MENDONÇA, F.; Danni-Oliveira, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos. São Paulo. 2007. 208 p.

MENEGAT, R. Coord. **The environmental Atlas of Porto Alegre**. Coordinated by Rualdo Menegat, Maria Luiza Porto, Clovis Carlos Carraro e Luis Alberto Dávila Fernandes. UFRGS. Porto Alegre. 1998. 133 p.

MITCHELL, A. S. *et al.* As transformações territoriais e seus agentes como elementos geradores de mobilidade populacional: um olhar sobre a reestruturação fundiária no bairro Vila Nova em Porto Alegre/RS. II Encontro de Grupos de Pesquisa. Uberlândia – UFU. 2006.

MOSCHEN, T. **Do Cais ao Pontal**: Disputas e interesses na produção do espaço urbano na orla do Guaíba em Porto Alegre. 2015. 83 f. Monografia (Graduação). Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MOURA, N.S.V.M.; DIAS, T.S. Elaboração do mapa geomorfológico do município de Porto Alegre - RS. **Ciência e Natura**, Edição especial, p. 219-233, 2012. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.

NICOLODI, J. L. **O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação**. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OAS - Organization of American States. **Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning**. Department of Regional Development and Environment. Executive Secretariat for Economic and Social Affairs. 1991.

OLIMPIO, J. L.; ZANELLA, M. E. Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. **RAEGA**. O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, p. 94-109, 2017.

PALOM, A. R. **La géographie française et le risque d'inondation: de la géographie physique à la géographie humaine**. Cahiers de géographie du Québec, vol. 38, n° 103. p. 7-20. 1994.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ELDORADO DO SUL. **História**. Disponível em: http://eldorado.rs.gov.br/pagina/78_Historia.html. Acesso em 10 ago. 2017.

PREFEITURA DE GUAÍBA. **A cidade**. Disponível em: <http://www.guaiba.rs.gov.br/a-cidade/>. Acesso em 10 ago. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Histórico da Cidade**. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/>. Acesso em 10 jul. 2017.

PREFEITURA DE VIAMÃO. **História**. Disponível em: <https://www.viamao.rs.gov.br/portal/cidade/1/História>. Acesso em 10 ago. 2017.

QUARANTELLI, E. L. **Disaster Planning, Emergency Management and Civil Protection**: The historical development of organized efforts to plan for and to respond to disasters. University of Delaware. Disaster Research Center. p. 33. 2000.

QUINTO JR, L. de. P. Urbanização e a ocupação de áreas de risco. In: III ENCONTRO DE GEOGRAFIA. VI Semana de Ciências Humanas. 2010. **Anais...** Instituto Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro. p. 5. 2010.

RAUBER, V. **Prevenir é o melhor remédio**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. 1992. 47p.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RISSO, A.; GIUGNO, N. B. **Áreas de inundação, alagamento e banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS/** Alfonso Risso; Nanci B. Giugno. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN. 1994. 53 p.

ROBAINA, L. E. de S.; OLIVEIRA, E. L. de A. Bases conceituais para o estudo de áreas de risco em ambientes urbanos. In: ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R (Org). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul**. Editora da UFSM. 2013. 372 p.

ROCHE, J. Porto Alegre, MetrÓpole do Brasil Meridional. **Boletim Paulista de Geografia**. N°19, São Paulo, p. 30-51, 1955.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SALDANHA, D. L.; *et al.* L. Mapeamento e avaliação das áreas inundáveis do rio dos sinos através da utilização de imagens TM-Landsat 5. **Rev. Geog**, São Paulo, 1996.

SAYERS, P.; *et al.* 2013. **Flood risk management: A Strategic approach**. Published by UNESCO/WWF/GIWP. Paris. 2013. 203 p.

SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao>. Acesso em 15 ago. 2017.

SEMA - Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em 20 out. 2017.

SEPLAG - Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>. Acesso em 13 out. 2017.

SOBREIRA, F. G. Susceptibilidade a processos geológicos e suas consequências na área urbana de Mariana, MG. **Geo.br**, Ouro Preto. p. 43-60, 2001.

TOLDO JR, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.de. **Rio Guaíba**. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Porto Alegre. 2009.

TOPODATA. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 15. fev. 2014.

TRAJBER, R.; OLIVATO, D.; MARCHEZINE, V. **Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação**. Disponível em: <http://educacao.cemaden.gov.br/>. Acesso em 15 jun. 2017.

TRENTIN, C. B.; LACRUZ, M. S. P. ; SOUSA JR., M. A. ; SILVA, V. O. . Análise da ocorrência de enchentes na área de abrangência do Rio Jacuí/RS com a utilização de imagens MODIS e dados SRTM. *Geografia. Ensino & Pesquisa*, v. 12, p. 3803-3815, 2008.

TUCCI, C.E. M. **Inundações urbanas na América do Sul** / Carlos E. M. Tucci, Juan. Carlos Bertoni (organizadores). Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003. 150 p.

TUCCI, C.E. M. Conflitos do controle de inundação ribeirinha em Porto Alegre. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2003. **Anais...** 2003. p. 15.

USGS - U.S. Geological Survey. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 14.mar. 2016.

VALENTE, P. T.; AQUINO, F. E.; SCHOSSLER, V. Espacialização de Inundações na Foz do Rio Jacuí por NDWI e Reclass em Episódios de El Niño. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo. Volume Especial - XVII SBGFA / I CNGF, São Paulo, p. 11-19, 2017.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Biodiversidade. **Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA / SBF. 2006. 388 p.

WILCHES-CHAUX, G. La vulnerabilidad global. In: MASKREY, A. **Los desastres no son naturales**. LA RED. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 1993. 137 p.

WOLFE, C.; ROMERO, S.; VALENZUELA, K. **Flood Bulletin**. Thurston County. 2013. 19 p.

WOLLMANN, C. A. **A gênese climática das enchentes na bacia hidrográfica do Rio Caí**. 2008. 115 f. Monografia (Graduação). Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

XU, H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. **International Journal of Remote Sensing**. Vol. 27. N. 14. p. 3025–3033. 2006.

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

" ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUÍBA E DELTA DO JACUÍ "

Área de Concentração: Geologia Marinha

Autor: **Elisabete Weber Reckziegel**

Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Examinador: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Data: 09/03/2018

Conceito: B (BOM).

PARECER:

O trabalho é relevante e aborda de maneira criteriosa e detalhada aspectos pertinentes aos riscos de inundação do Lago Guíba e Delta do Jacuí.

O tema é relevante no cenário de Riscos Ambientais e ações mitigatórias revelando um levantamento de dados espacial-temporal (minucioso e uma cartografia representativas).

Os objetivos e hipóteses tratam de forma ~~o~~ embasar as revisões (conceitual e conjunto de dados) e foram atingidos em sua maior parte.

O texto e seu esboço e o conjunto de dados tem como os Artigos de um conjunto progressivo ao produto da Tese, na compreensão dos Riscos de Inundação do Lago Guíba e Delta do Jacuí.

Sugere-se uma ampliação no aspectos conceituais e uma discussão mais aprofundada nos índices definidos.

Apta a nível de Doutorado.

Lined area for text or notes.

Assinatura: *Wilson de S. Galv*
Ciente do Orientador:
Ciente do Aluno:

Data: *09/03/2018*

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
" ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUÍBA E DELTA DO JACUÍ "
Área de Concentração: Geologia Marinha
Autor: Elisabete Weber Reckziegel
Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder
Examinadora: Profa. Dra. Andrea Valli Nummer
Data: 09/03/2018
Conceito: B (bom)
PARECER:
Parabéns a Elisabete e ao seu orientador, prof. Jair Weschenfelder pela escolha do tema da tese e pela qualidade de escrita e produtos cartográficos. Apresento a seguir as considerações a respeito da pesquisa:
CAP 1.
pag 14. Cuidar a ordem cronológica das citações
p. 15. Rever as hipóteses pois a segunda e terceira não apresentam, da forma como foram redigidas, respostas neste trabalho.
p. 30-31. Há figuras pouco legíveis e sem a autoria
p. 34. Em estudos de inundação faltaram os estudos referentes a área estudada (IPH, GEOGRAFIA, GEOTECNIA)
p. 38. Para além dos conceitos de vul. vulnerabilidade faltou uma revisão sobre as variáveis utilizadas para a análise bem como metodologias utilizadas para avaliação de risco de inundação
CAP 2.
p. 47. Explicar como fez a avaliação do padrão construtivo pelas imagens (adensamento, etc...). Da mesma forma, qual autor que utilizou para selecionar as variáveis de vulnerabilidade.
p. 48 (qual notas e pesos para as variáveis utilizadas?)
ARTIGO 1. (p. 51)
Parabéns pelo trabalho de resgate histórico!
Parabéns pela qualidade dos mapas porém, como está na forma de artigo é difícil para ler as legendas. Sugiro enviar em arquivo .PDF das próximas vezes.

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

" ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO DO LAGO GUÍBA E DELTA DO JACUÍ "

Área de Concentração: Geologia Marinha

Autor: **Elisabete Weber Reckziegel**

Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Examinador: Prof. Dr. Roberto Verdum

Data: 08/03/2018

Conceito: **B****PARECER:**

Quanto a problemática, a pesquisa desenvolvida pela autora revela a complexidade dos aspectos que envolvem a análise das dinâmicas geomorfológicas e hidrográficas, no que se refere ao sistema deltaico lacustre Jacuí-Guíba. Além disso, ao analisar os aspectos de ocupação humana ao longo da sua história e dos problemas de ordenamento territorial, a autora propõe com clareza a vulnerabilidade de parte da população, ao perigo e o risco que ela está submetida.

O objetivo geral, assim como os específicos que ela se propõe a atingir estão concatenados na estrutura dos três artigos submetidos. Para atingi-los a autora concebe referências teóricas consistentes, tanto em termos conceituais como nos procedimentos metodológicos que os acompanham.

Nos resultados obtidos pela autora, destaca-se claramente a complexidade de analisar a dinâmica que se poderia afirmar como associada à dinâmica "natural" desse sistema hídrico e que se torna mais complexo quando são revelados alguns aspectos das intervenções sociais. Vale destacar a construção gradual de sistemas de proteção, assim como a ocupação gradual das áreas com alto potencial de inundação.

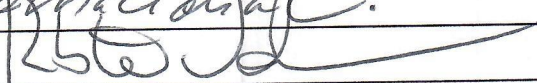
Algumas recomendações e observações devem ser destacadas no que se refere à estrutura da tese. O capítulo ① que a autora denomina como Introdução, ela apresenta tópicos além do que deveria ser apresentado como sendo a introdução da tese, tal como o chamado "Referencial Teórico" que não cabe num capítulo introdutório. Assim como o Capítulo ② em que a autora apresenta como conteúdo os Materiais e Métodos. Todo este conteúdo será muito melhor detalhado e suportado teoricamente nos três artigos subsequentes, sendo desnecessário repeti-los de forma sumário no início da tese.

Suger-se uma revisão de conceitos, fazer como: Serra Geral / Planalto das Araucárias / Planalto Meridional. Laguna / Laguna dos Patos. inundação / alagamento.

Suger-se o detalhamento das fontes de dados junto às figuras, assim como suas ilustrações e legendas que deveriam ser ampliadas para facilitar a leitura.

Suger-se a ampliação do referencial teórico, com bibliografias de âmbito internacional.

Assinatura:



Data: 08/03/2018

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: