

# Revista de Gestão Costeira Integrada

## 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 Reckziegel<sup>@, 1</sup>, Jair Weschenfelder<sup>2</sup>, Thiago Bazzan<sup>3</sup>

<sup>@</sup> Corresponding author: [elisabetewr@gmail.com](mailto:elisabetewr@gmail.com)

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). [elisabetewr@gmail.com](mailto:elisabetewr@gmail.com)

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGEO), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). [jairweschenfelder@ufrgs.br](mailto:jairweschenfelder@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São Paulo, Brasil. [thiago.bazzan@inpe.br](mailto:thiago.bazzan@inpe.br)

**ABSTRACT:** Occupation of areas with hydrological risk can cause damage and loss to the population and infrastructure. The delineation and sectorization of flood risk areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta were carried out with the integration of flood hazard and socioeconomic vulnerability information. For a flood hazard assessment, return time and protection systems in areas susceptible to flooding were considered. The vulnerability was characterized by the exposure of housing, structures of interest and socioeconomic characteristics of the population. The extension of flood hazard areas around Guaíba Lake and Jacuí Delta is of 230 km<sup>2</sup>, from which 95 km<sup>2</sup> are considered of high hazard (41% of the overall). Areas with high flood hazard do not have flood protection system, the return time is less than 10 years and floods are of low magnitude. Urban occupation in flood hazard areas covers 40 km<sup>2</sup>. Areas with high vulnerability total 7 km<sup>2</sup> (18% of the overall). The houses have a low standard of construction, poor condition and limited access to basic services. In general, household income is less than a minimum monthly wage with a high number of children or older people. High flood risk areas are characterized by high flood hazard and high vulnerability. These areas have a low response to flood events and are located near the islands, in the central and southern part of the municipality of Porto Alegre and parts of the urban area of Eldorado do Sul. Assessment and risk sectorization is important to direct prevention and response actions in the event of flooding.

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

**RESUMO:** A ocupação de áreas com risco hidrológico tem como consequência a ocorrência de danos e perdas para a população e estruturas expostas, tornando importante a identificação destes locais. A delimitação e setorização 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 estruturas de entorno e das características socioeconômicas da população. A extensão das áreas com perigo de inundação no entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí é de 230 km<sup>2</sup>, destes 95 km<sup>2</sup> são considerados como tendo perigo alto (41%, do total). As áreas com perigo alto não apresentam sistema de proteção contra inundação e o tempo de retorno dos eventos é inferior a 10 anos, predominando inundações de baixa magnitude. A ocupação urbana em áreas com perigo de inundação abrange 40 km<sup>2</sup>. As áreas com alta vulnerabilidade totalizam 7 km<sup>2</sup> (18% do total). 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 alto risco são caracterizadas pelo alto perigo de inundação e pela alta vulnerabilidade, apresentando baixas condições de resposta e mitigação diante dos eventos e 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. A avaliação e setorização 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 CRED (2019), no ano de 2018, as inundações foram o tipo de desastre natural com maior número de eventos (38%) e que afetaram maior número de pessoas (50% do total de afetados) em todo o mundo. No Brasil, de acordo com o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2014), o maior número de ocorrências de inundações, no ano de 2013, foi registrado na macrorregião Sul (33,33%), seguida pelas macrorregiões Norte (27,45%) e Sudeste (25,98%). Em relação às ocorrências registradas por mesorregião, a Metropolitana de Porto Alegre está entre as mesorregiões que mais tiveram incidência de inundações (20 ocorrências).

Na Região Metropolitana de Porto Alegre as inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí são frequentes. 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 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. 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 de 2,60 e 2,94 metros (SPH, 2015), respectivamente, ocasionando inundação nos municípios situados nas margens do Lago Guaíba e nas ilhas do Delta do Jacuí.

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.

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).

Dessa forma, diante da problemática associada às inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, é fundamental a setorização das áreas com risco hidrológico para identificar os locais onde os danos e impactos causados por estes eventos podem ser mais significativos.

Em relação ao risco, de acordo com UNISDR (2009), este é a combinação entre a probabilidade de um evento e suas consequências negativas. De acordo com ISDR (2004), convencionalmente o risco é expresso pela



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).

### 3. METODOLOGIA

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

#### 3.1. Áreas de perigo

A delimitação das áreas com perigo foi realizada a partir da integração das 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 *software* Google Earth.

Para definir o tempo de retorno das inundações foram consideradas as cotas linimétricas 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 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 em anos ( $I_r$ ) (1).

$$I_r = \frac{N + 1}{M} \quad (1)$$

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. 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 delimitou as áreas inundáveis do Rio Caí, ambos cursos de água afluentes do Delta do Jacuí.

Para a delimitação das áreas com perigo foram utilizadas as informações topográficas derivadas das curvas de nível e pontos cotados do município de Porto Alegre, em escala 1:1.000, 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 (BRASIL, 2008).

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, sendo áreas com maior potencial de ocorrência dos eventos. 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, pois a proteção destes locais confere menor potencial de serem atingidas pelos eventos.

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 dos municípios de Eldorado do Sul, Guaíba e Porto Alegre foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:40.000 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 da Diretoria de Serviço Geográfico na escala 1:50.000. Para o ano de 2015 foram utilizadas imagens de satélite com alta resolução espacial 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 *software* Google Earth. Nas áreas com ocupação urbana identificadas no mapa de uso e ocupação foi realizada a avaliação da vulnerabilidade.

#### 3.2. Elementos expostos e vulnerabilidade

De acordo com UNISDR (2009) há muitos aspectos da vulnerabilidade, decorrentes de vários fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais. ALMEIDA (2010) para determinar a vulnerabilidade na bacia do Rio Maranguapinho coletou dados socioeconômicos a partir do Censo (IBGE, 2010). A autora selecionou 59 variáveis específicas para a caracterização da vulnerabilidade

Tabela 1. Variáveis selecionadas para a definição da vulnerabilidade.

Table 1. Variables selected to define the vulnerability.

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 mínimo*.	Entre 1 e 3 salários mínimos*	Mais de 3 salários mínimos*.
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		
*1 salário mínimo (937,00 reais) corresponde a aproximadamente 300 dólares dos E.U.A..			

social na área utilizando os setores censitários. RIGHI (2016) em estudo sobre inundações graduais na área urbana do município de Uruguaiana, para analisar o grau de vulnerabilidade da população, considerou o padrão das edificações, variáveis socioeconômicas (número de pessoas por residência, rendimento nominal médio mensal), de infraestrutura urbana (abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais urbanas, sistema viário), doenças de veiculação hídrica e o impacto emocional.

Para este estudo a caracterização das áreas vulneráveis foi realizada a partir da seleção de variáveis associadas às moradias, estruturas do entorno e também com base em indicadores socioeconômicos da população residente.

Para a avaliação da exposição das moradias e estruturas do entorno foi analisado o padrão construtivo e estado de conservação das moradias, obtidos a partir da interpretação de imagens de satélite com verificações e validações realizadas em campo. Também foi considerado o acesso a serviços essenciais, com base nos setores censitários do IBGE (2010a), que indicam o acesso da população aos serviços básicos.

Como áreas mais vulneráveis foram consideradas aquelas onde as moradias apresentam baixo padrão construtivo, precário estado de conservação, localizadas em setores censitários com acesso restrito ou sem acesso à energia elétrica, coleta de lixo, água da rede geral e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. As áreas menos vulneráveis foram consideradas aquelas onde

as moradias apresentam alto padrão construtivo, bom estado de conservação, que possuem energia elétrica, coleta de lixo, água da rede geral e esgotamento sanitário via 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 (2010a). 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. De acordo com o IBGE (2010b), 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, 2010b).

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.

### 3.3. Risco de Inundação

Para a avaliação e setorização do risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí foram atribuídos pesos para as classes de perigo e vulnerabilidade (Figura 2) e realizado o cruzamento das informações a partir da fórmula  $Risco = Perigo \times Vulnerabilidade$  proposta por ISDR (2004) e IPT e CPRM (2014). Após a integração das informações, as áreas com risco foram setorizadas sendo definidas classes de alto, médio, baixo e muito baixo risco.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Perigo de inundação

Para a delimitação das áreas com perigo foram avaliadas informações sobre os sistemas de proteção das inundações e tempo de retorno dos eventos.

Os sistemas de proteção constituem uma importante medida estrutural para o controle do perigo das inundações, uma vez que, protegem a população e as estruturas urbanas em locais com potencial de serem impactados pelos eventos. Na área de estudo, o centro e a porção norte de Porto

Alegre estão protegidos pelo sistema de proteção contra as inundações do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

De acordo com o DEP (2002), 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).

Apesar do centro e porção norte do município de Porto Alegre apresentarem 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.

Com relação ao tempo de retorno dos eventos, no período 1940-2015 a maior cota linimétrica registrada correspondeu a 4,63 metros no ano de 1941 representando um tempo de retorno de 76 anos. Esta cota 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 linimétricas acima de 2,50 metros que representam tempo de retorno superior a 10 anos, foram registradas em 1965, 1966, 1967, 1984 e 2002 (Figura 3).

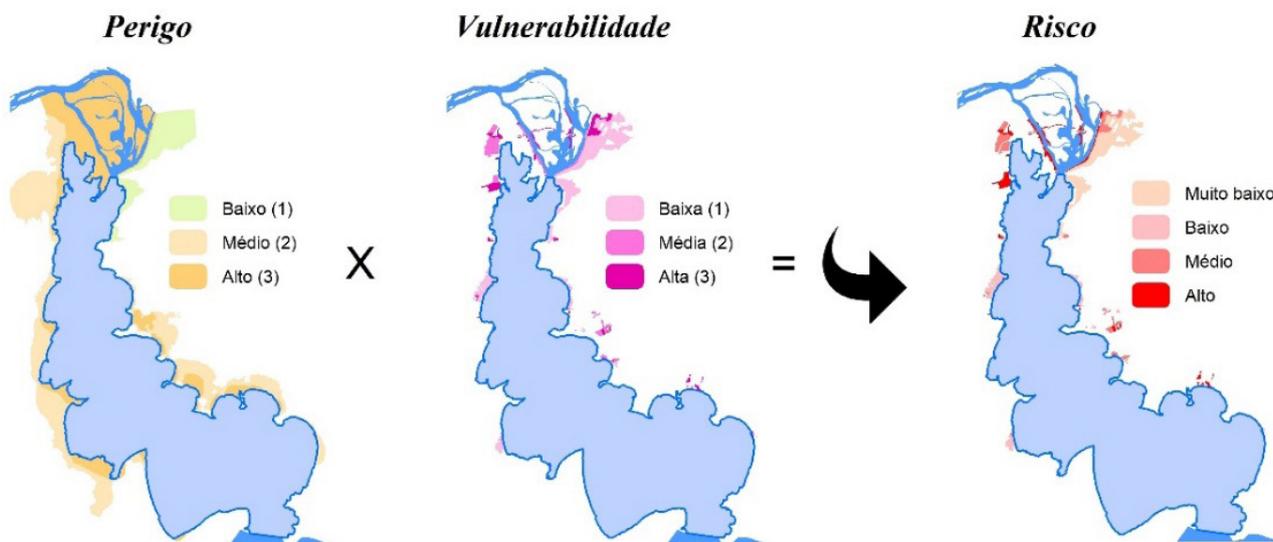


Figura 2. Integração das informações para a determinação do risco de inundação.

Figure 2. Compilation of information to determine the flood risk.

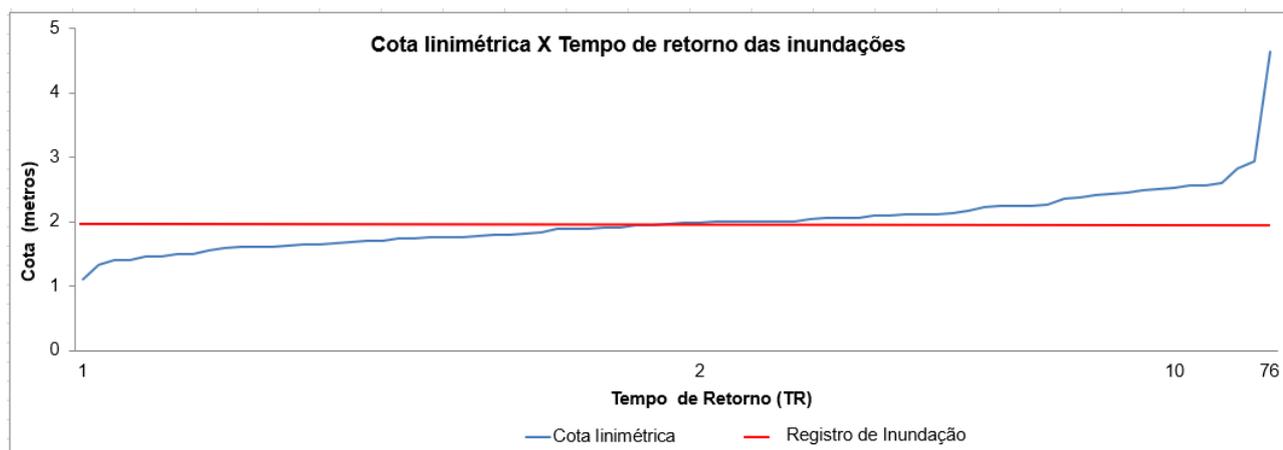


Figura 3. Tempo de retorno (anos) das inundações.

Figure 3. Return period of floods.

Em relação à cota topográfica, com base em informações constantes na ficha com o histórico da régua na estação Praça da Harmonia (Figura 4) fornecida pela Superintendência de Portos e Hidrovias (SPH) a marca da enchente de 1941 (que corresponde a maior cota registrada na série histórica do estudo) 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.

As áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Figura 4) evidenciam-se nas ilhas no Delta do Jacuí e em áreas junto a foz dos arroios afluentes do Lago Guaíba. As áreas com perigo totalizam em torno de 230 km<sup>2</sup>, dos quais, 95 km<sup>2</sup> (41%) apresentam perigo alto de inundação.

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 com a presença do sistema de proteção o potencial de ocorrência de inundação é baixo.

A avaliação do perigo permitiu identificar as áreas com potencial de serem atingidas pelas inundações. Sobre estas 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.

#### 4.2. 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, 2010a), indicando que a população quadriplicou no período entre 1950-2010 (Tabela 2). 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.

Nas Figuras 5, 6 e 7 constam os mapas com a representação da expansão urbana nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí a partir do mapeamento de 1956, 1971 e 2015. Com base no mapeamento do ano de 2015, a área urbana em perigo de inundação perfaz 40 km<sup>2</sup>, o que representa expansão urbana de 20 km<sup>2</sup> em relação ao mapeamento do ano de 1971 e de 25 km<sup>2</sup> em relação ao mapeamento do ano de 1956. A expansão da ocupação 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.

Em 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

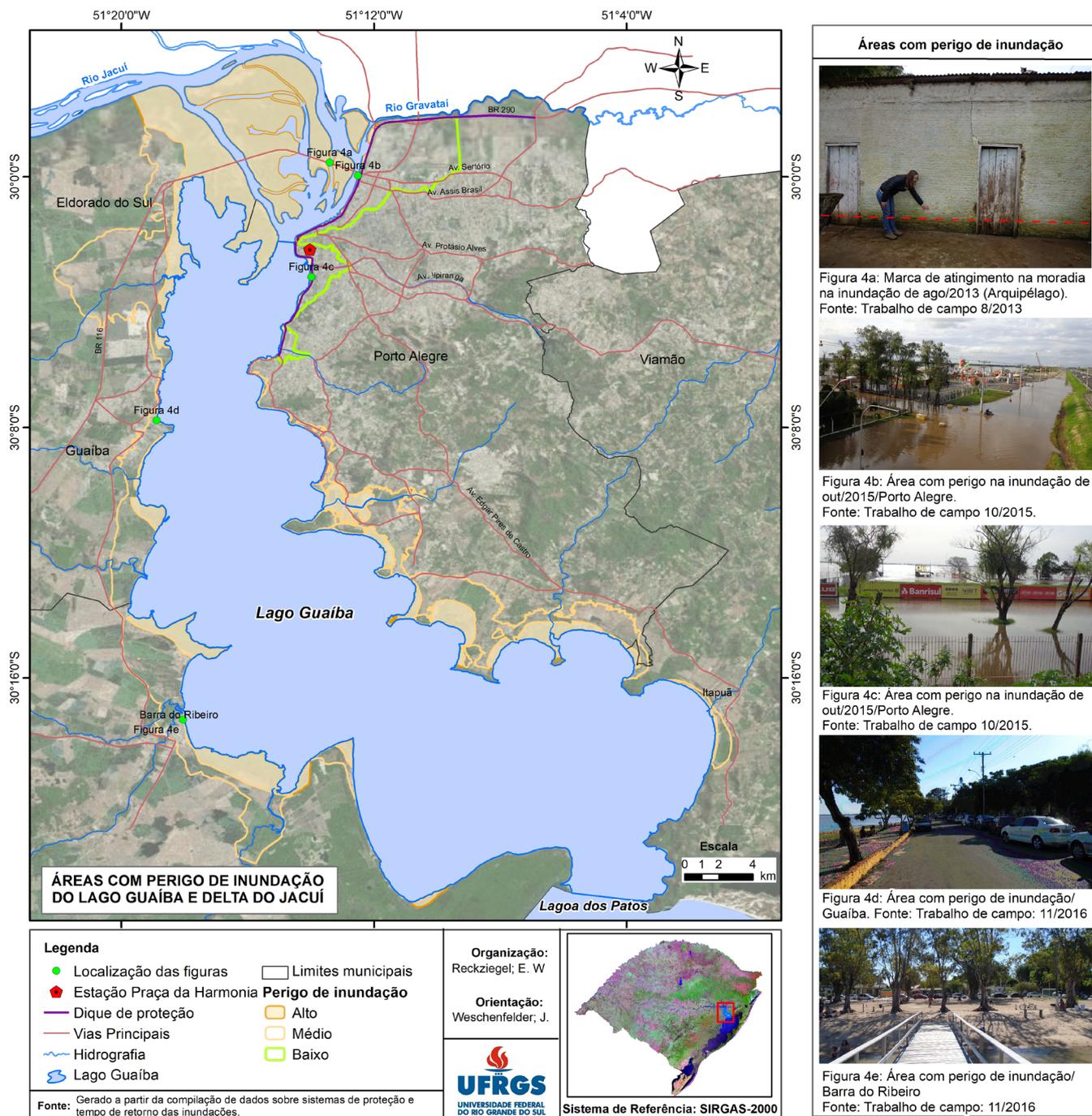


Figura 4. Mapa das áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Figure 4. Map of flood hazard areas in Guaíba Lake and Jacuí Delta.

Tabela 2. População dos municípios do entorno do Lago Guaíba e Delta do Jacuí. Fonte: IBGE (2007; 2010a)

Table 2. Population of the municipalities surrounding of Guaíba Lake and Jacuí Delta.

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
<b>Total</b>	<b>437.901</b>	<b>995.009</b>	<b>1.790.854</b>

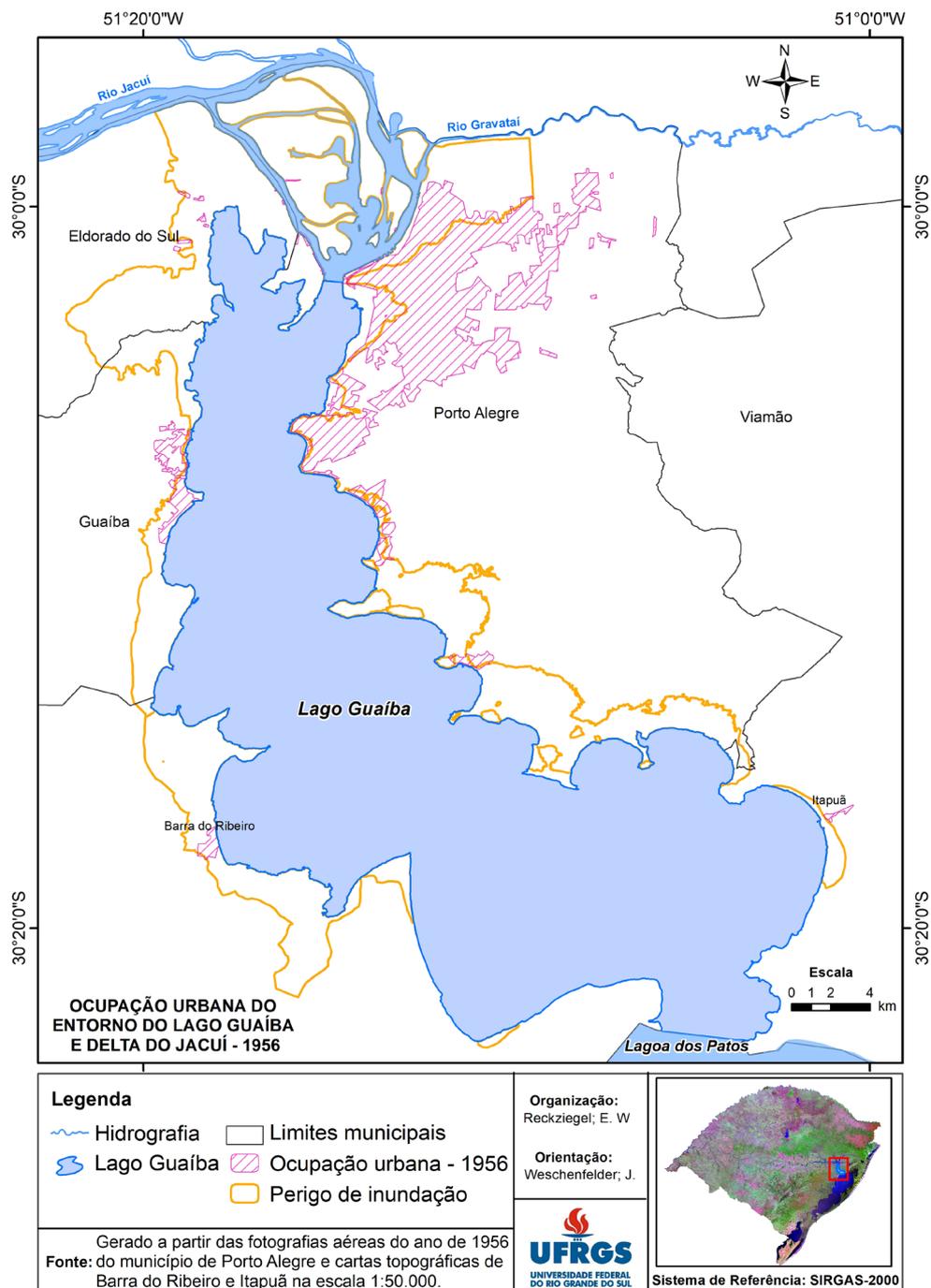


Figura 5. Mapa da ocupação urbana do entorno - 1956.

Figure 5. Urban occupation map in the studied area - 1956.

e empresarias 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.

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

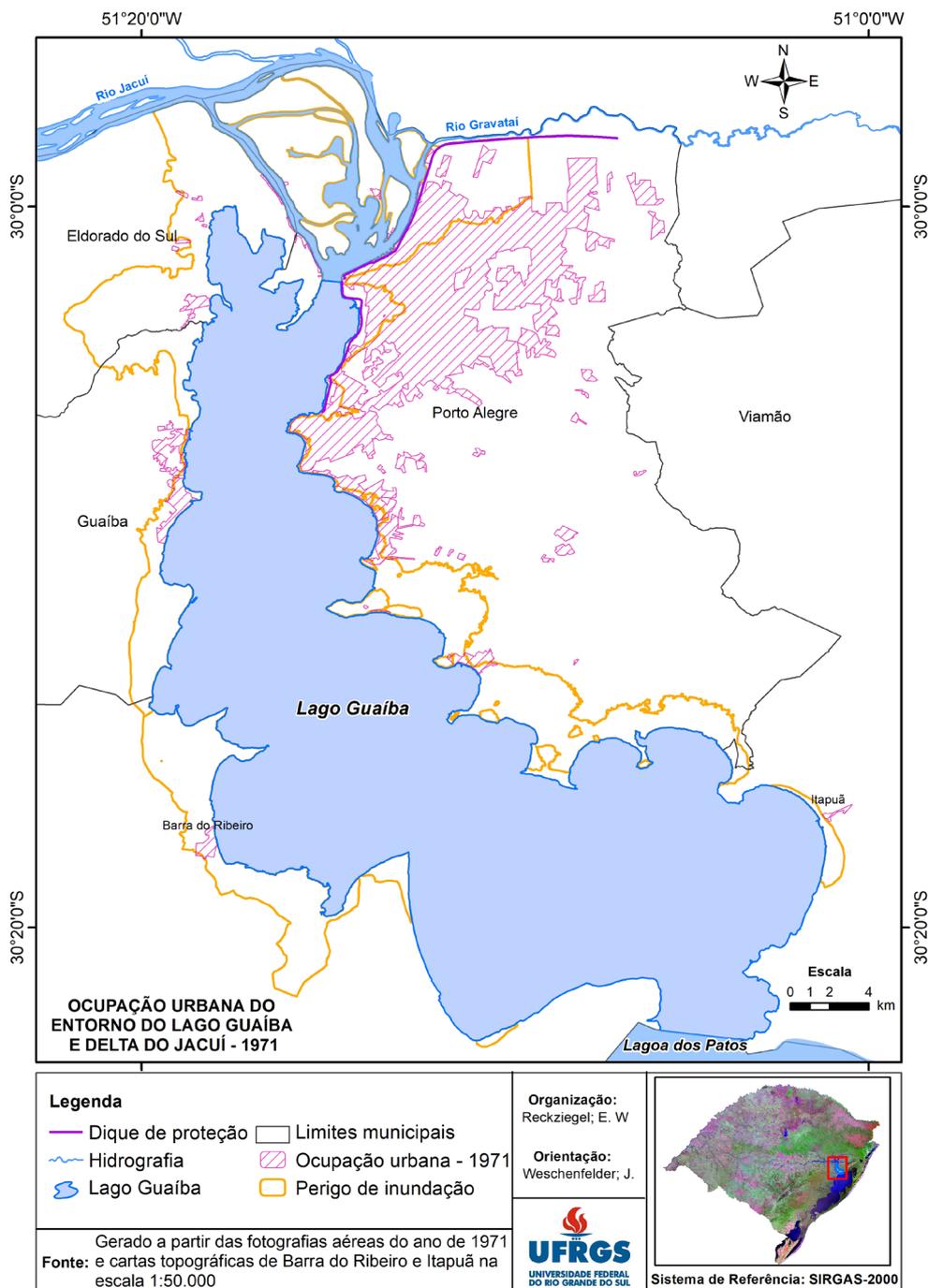


Figura 6. Mapa da ocupação urbana do entorno - 1971.

Figure 6. Urban occupation map in the studied area - 1971.

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.

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

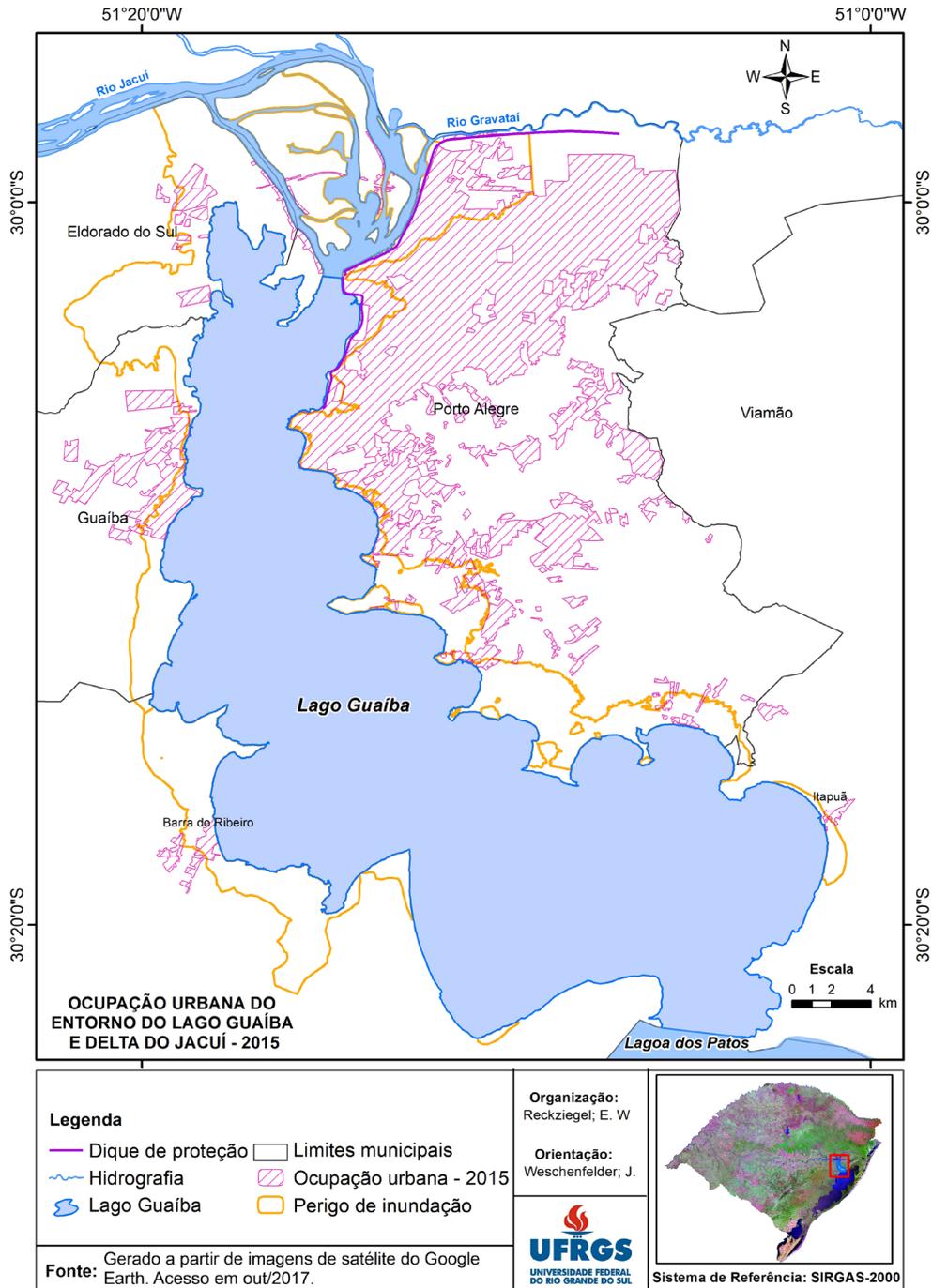


Figura 7. Mapa da ocupação urbana do entorno - 2015.

Figure 7. Urban occupation map in the studied area - 2015.

intenso na década de 1970 e início da década de 1980.

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 (ao ano).

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 podem observadas na Figura 8.

O aumento das ocupações no Bairro Serraria, localizado na zona sul do município de Porto Alegre, pode ser verificado nas fotografias áreas e imagem de satélite da Figura 9.

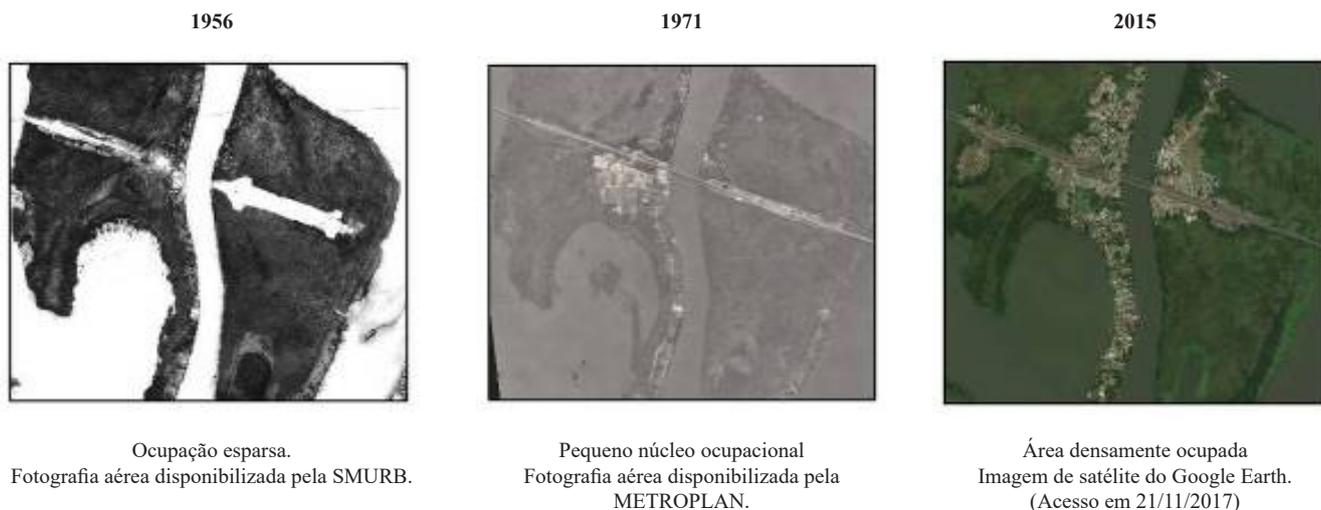


Figura 8. Registos fotográficos aéreos da Ilha Grande dos Marinheiros e do Pavão - Delta do Jacuí.  
*Figure 8. Aerial photography records of Ilha Grande dos Marinheiros e do Pavão - Delta do Jacuí.*

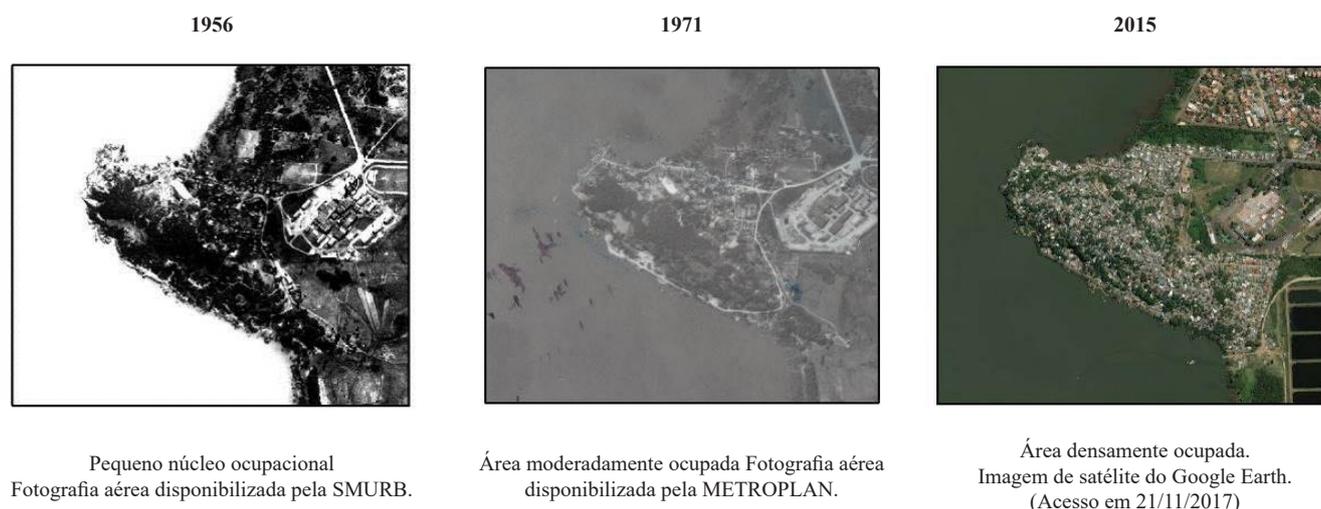


Figura 9. Registos fotográficos aéreos do Bairro Serraria - Porto Alegre.  
*Figure 9. Aerial photography records of Bairro Serraria - Porto Alegre.*

Com base no exposto é possível observar que no período de 1956-2015 ocorreu 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.

### 4.3. Uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação

Sobre o uso e ocupação do solo (Figura 10), 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% das áreas com perigo. Na margem oeste destacam-se ainda áreas de cultivo agrícola que ocorrem em 15% das áreas com perigo de inundação. Locais com ocupação urbana representam aproximadamente 18% das áreas com perigo de inundação. Estas, 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.

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 das moradias e da população.

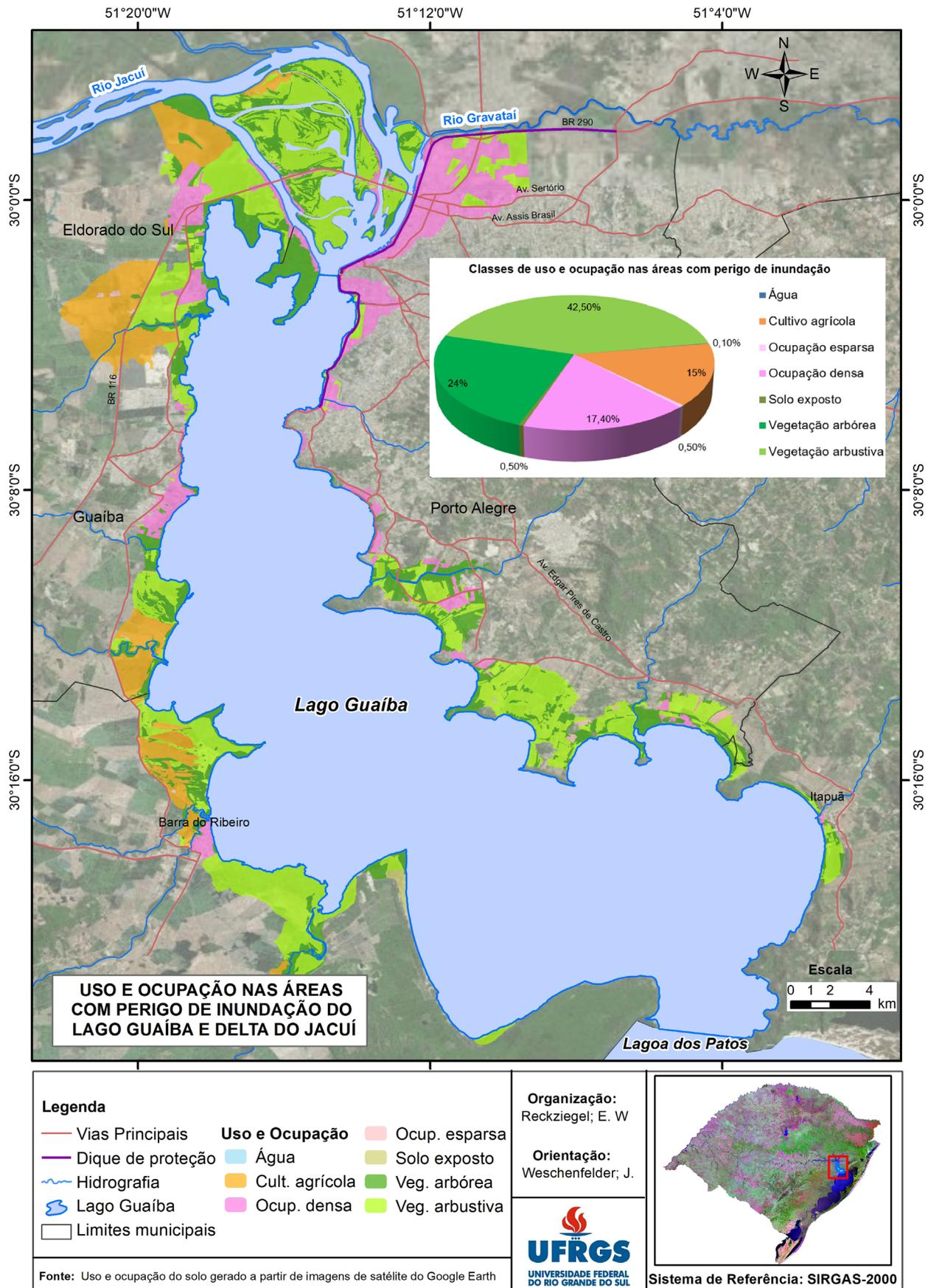


Figura 10. Mapa de uso e ocupação nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Figure 10. Map of use and occupation in flood hazard areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta.

#### 4.4. Áreas vulneráveis à inundação

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. Em relação ao acesso a serviços essenciais, os domicílios que possuem abastecimento de água pela rede geral, coleta de lixo, energia elétrica e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial foram considerados os menos vulneráveis.

Sobre a coleta de lixo e abastecimento de água nas áreas com perigo de inundação com ocupação urbana, predominam os setores censitários em que mais de 90% dos domicílios tem acesso a estes serviços (Figura 11).

Com relação a presença de esgoto sanitário via rede geral, muitos domicílios dos setores censitários situados nas áreas de perigo de inundação não possuem acesso. Destaca-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, porções da área urbana de Barra do Ribeiro e a região de Itapuã. Sobre a energia elétrica, mais de 90% dos domicílios tem acesso a este serviço (Figura 12).

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

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.

Sobre o rendimento médio mensal há predominância de rendimento de 1 a 3 salários mínimos nas áreas com perigo de inundação. 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 mínimo. Na ilha Grande dos Marinheiros há setores onde a renda é inferior a meio salário mínimo.

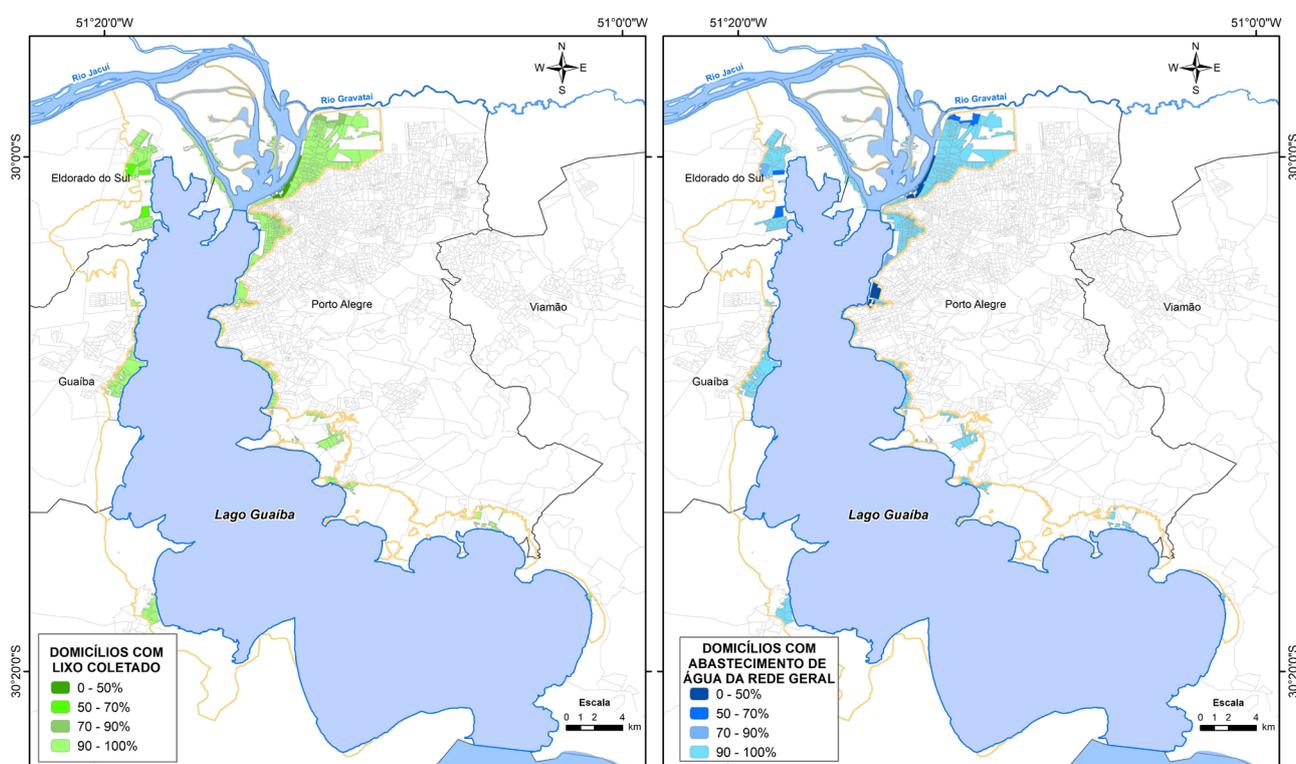


Figura 11. Mapas com as variáveis selecionadas para a caracterização do acesso a serviços essenciais nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Lixo coletado e abastecimento de água da rede geral). Fonte: IBGE (2010a).

Figure 11. Maps with the variables selected to characterize access to essential services in flood hazard areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta (Garbage collection and water supply system).

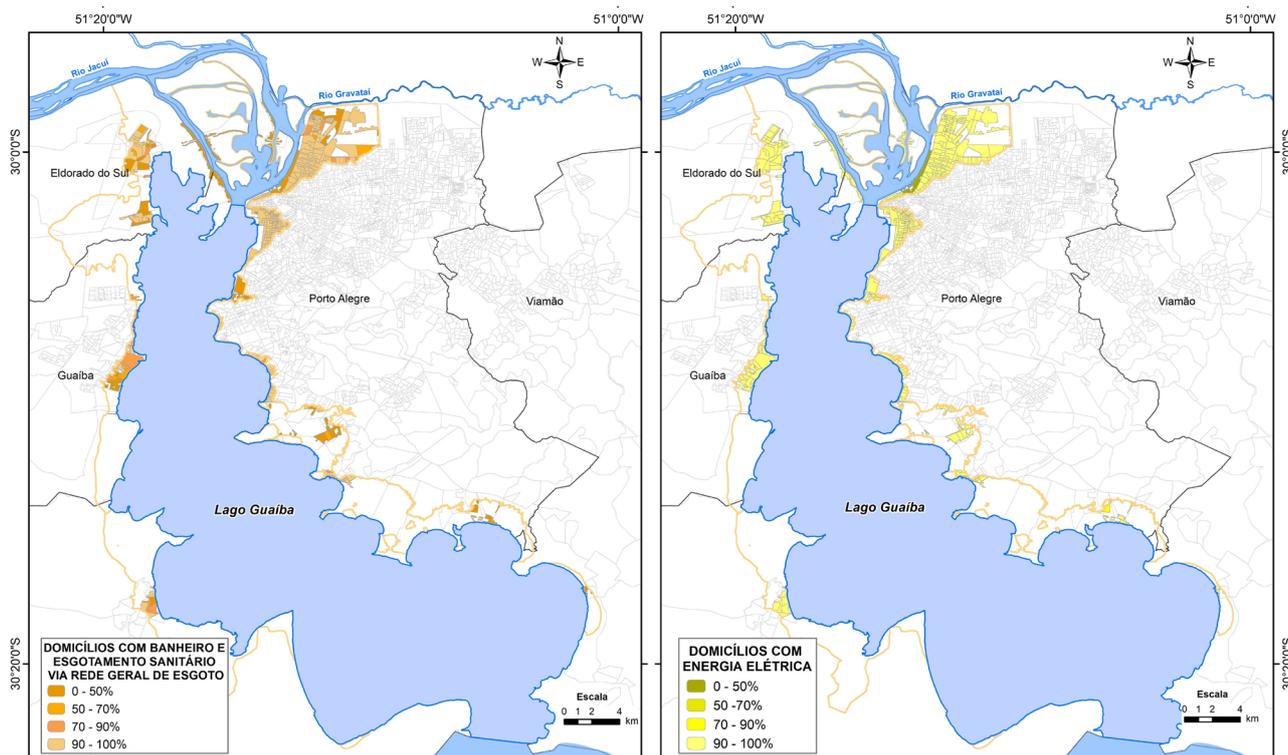


Figura 12. Mapas com as variáveis selecionadas para a caracterização do acesso a serviços essenciais nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Esgoto e energia elétrica). Fonte: IBGE (2010a).

Figure 12. Maps with the variables selected to characterize access to essential services in flood hazard areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta (Sewer system and electricity access).

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 pessoas. 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. A distribuição espacial do rendimento médio e do número de moradores por domicílio podem ser observados nos mapas da Figura 13.

Em relação a idade, os domicílios com maior

percentual de idosos e crianças foram considerados os mais vulneráveis. SAITO (2011) em estudo sobre vulnerabilidade socioambiental a escorregamentos destaca que os jovens, do ponto de vista de saúde, são os que possuem as melhores condições físicas. Dessa forma, a vulnerabilidade da população jovem pode ser considerada menor em relação a população de idosos e crianças.

Nas áreas com perigo de inundação predominam os setores onde menos de 25% das pessoas tem idade inferior 12 anos (Figura 14). 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

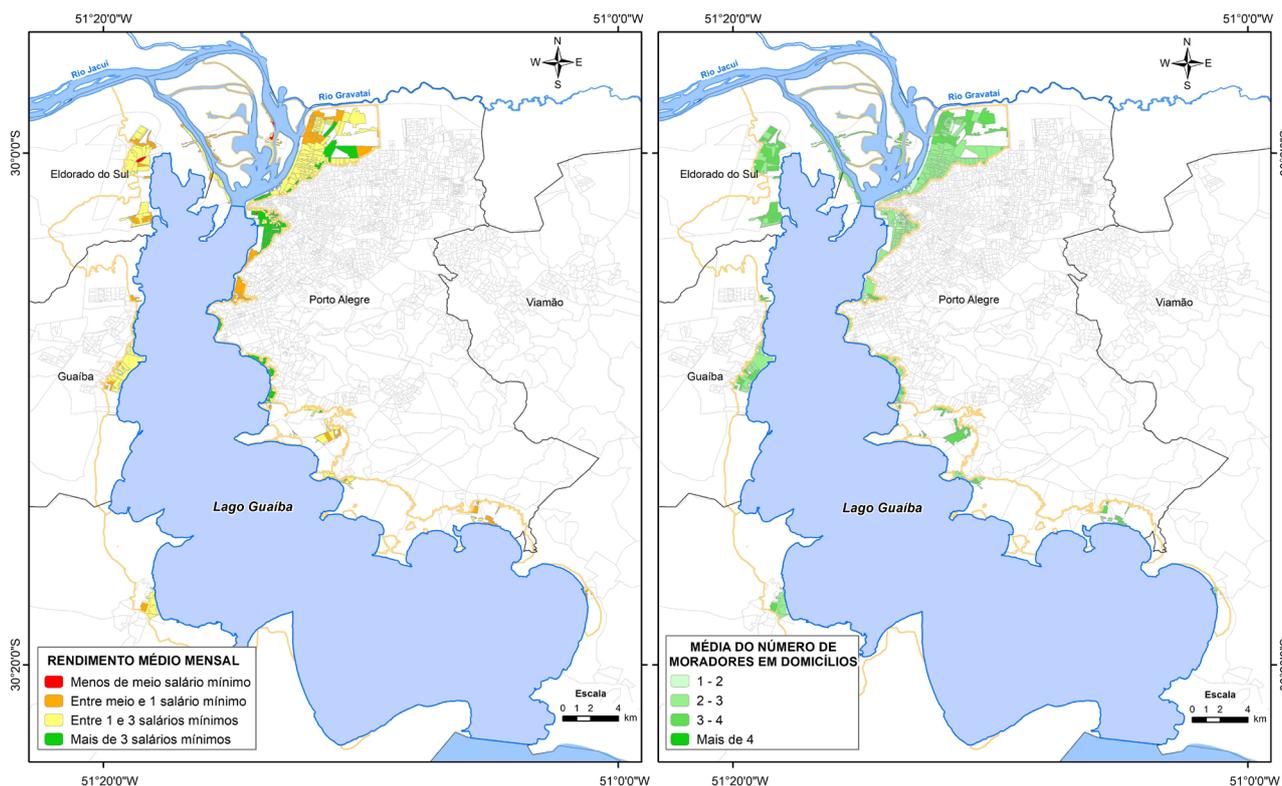


Figura 13. Mapas com variáveis selecionadas para a caracterização da vulnerabilidade nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Rendimento médio e número de moradores). Fonte: Elaborado a partir do Censo (IBGE, 2010a). Fonte: IBGE (2010a).

Figure 13. Maps with selected variables to characterize the vulnerability in flood hazard areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta (Income average and number of residents).

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).

A partir da integração e cruzamento de aspectos de exposição das moradias e de variáveis socioeconômicas da população e geração da vulnerabilidade verificou-se que as áreas vulneráveis totalizam aproximadamente 40 km<sup>2</sup>; destes, 7 km<sup>2</sup> (17,5%) 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 abrange 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, os domicílios possuem 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). A partir da caracterização e setorização das áreas vulneráveis foi possível identificar os locais com as melhores condições de resposta e mitigação diante das inundações associadas ao Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

## 5. DISCUSSÃO – AVALIAÇÃO E SETORIZAÇÃO DO 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 e onde não são esperados impactos significativos decorrentes das inundações (Figura 17).

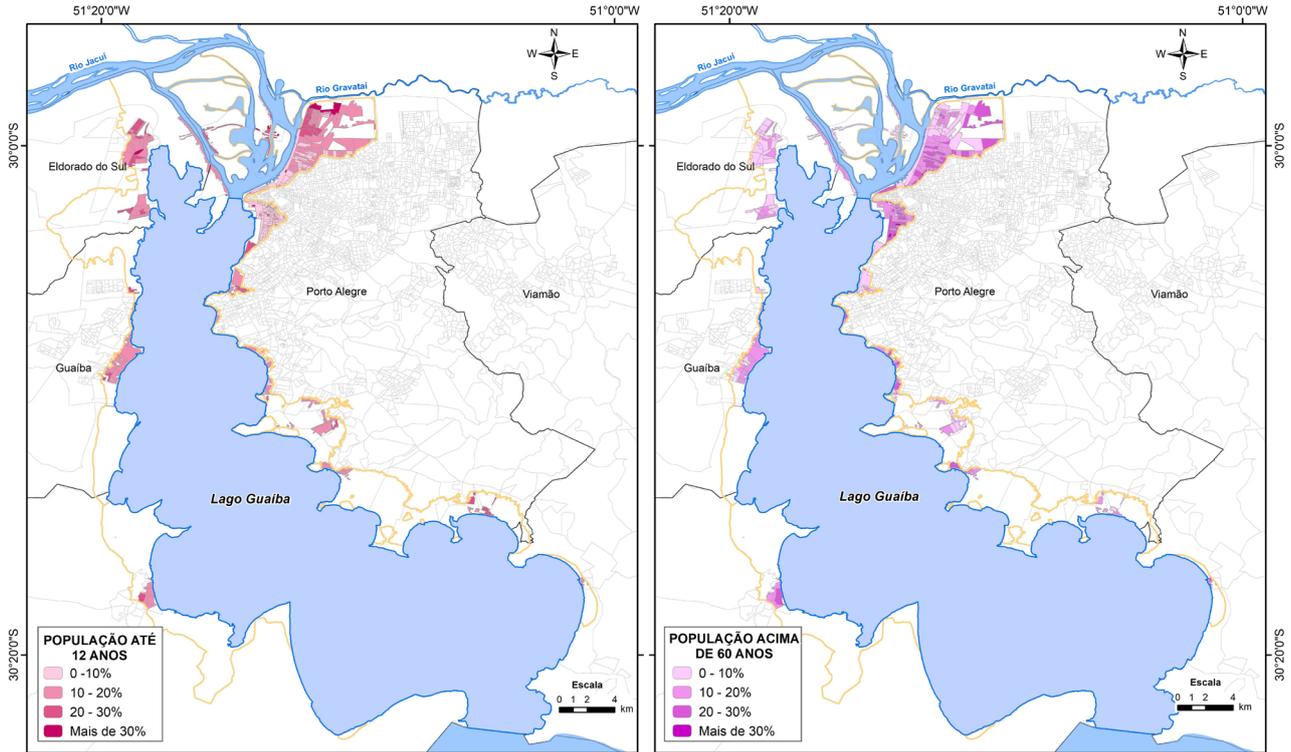


Figura 14. Mapas com variáveis selecionadas para a caracterização da vulnerabilidade nas áreas com perigo de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí (Idade até 12 anos e acima de 60 anos). Fonte: IBGE (2010a).

Figure 14. Maps with selected variables to characterize the vulnerability in flood hazard areas of Guaíba Lake and Jacuí Delta (People with age up to 12 years and above 60 years).

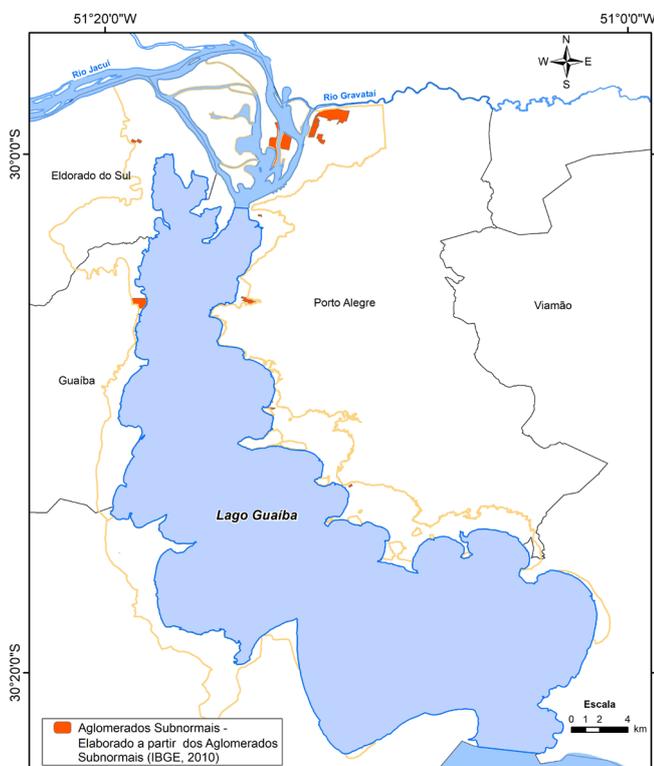


Figura 15. Mapa com os aglomerados subnormais nas áreas com perigo de inundação.

Figure 15. Map with slum cluster in flood hazard areas.

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. Nas imagens da Figura 18 estão detalhadas as áreas com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí em escala original aproximada de 1:40.000.

As áreas com risco de inundação totalizam em torno de 40 km<sup>2</sup>, dos quais 7 km<sup>2</sup> (17,5%) apresentam alto risco. Com relação à extensão (km<sup>2</sup>), 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 19). Em relação ao grau de risco, as áreas com muito baixo risco são predominantes (19,5 km<sup>2</sup>), seguido pelas de médio (8 km<sup>2</sup>), alto (7 km<sup>2</sup>) e baixo risco (5,5 km<sup>2</sup>).

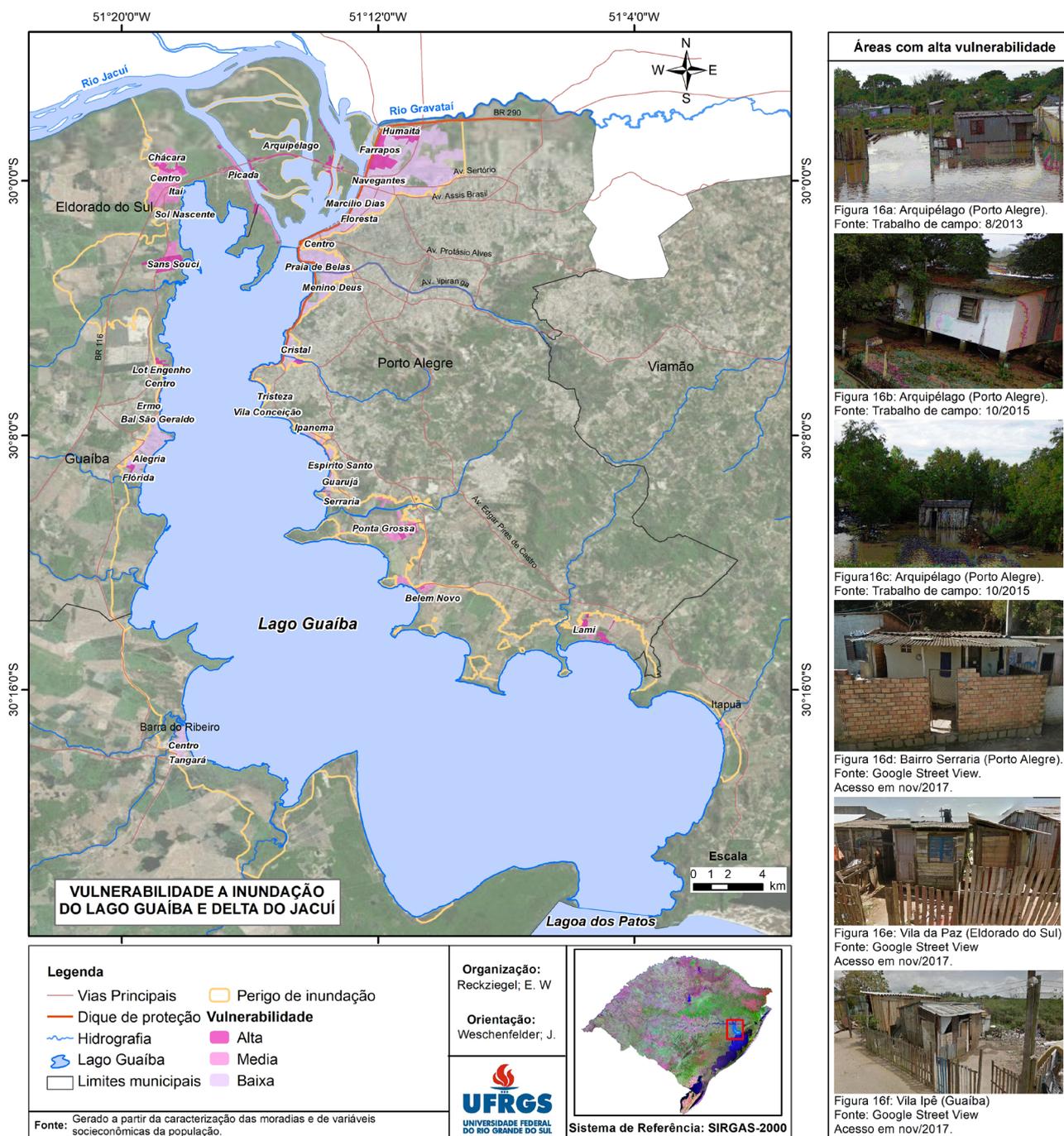


Figura 16. Mapa de vulnerabilidade a inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Figure 16. Flood vulnerability map of Guaíba Lake and Jacuí Delta.

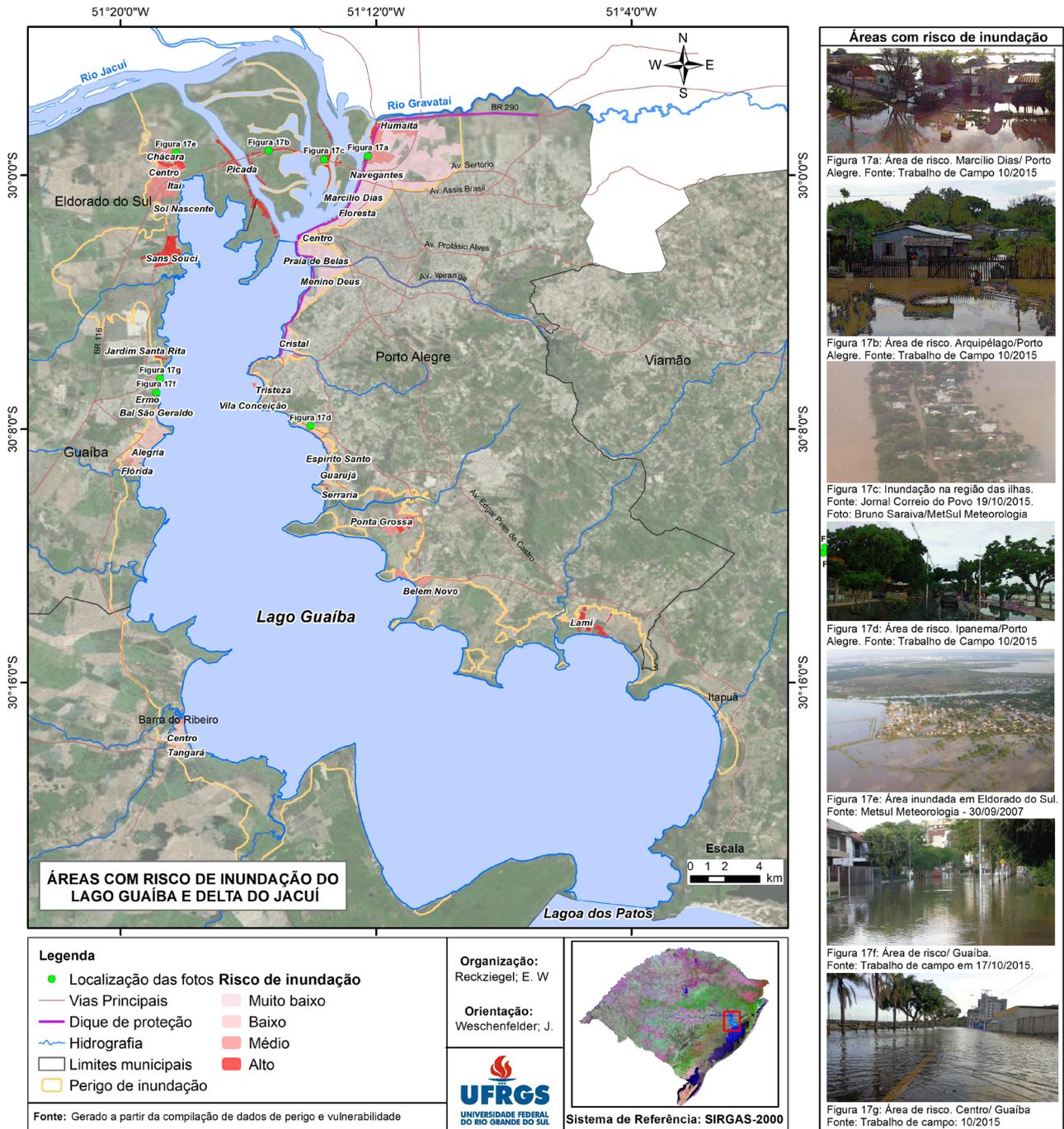


Figura 17. Mapa de risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.

Figure 17. Flood risk map of Guaíba Lake and Jacuí Delta.

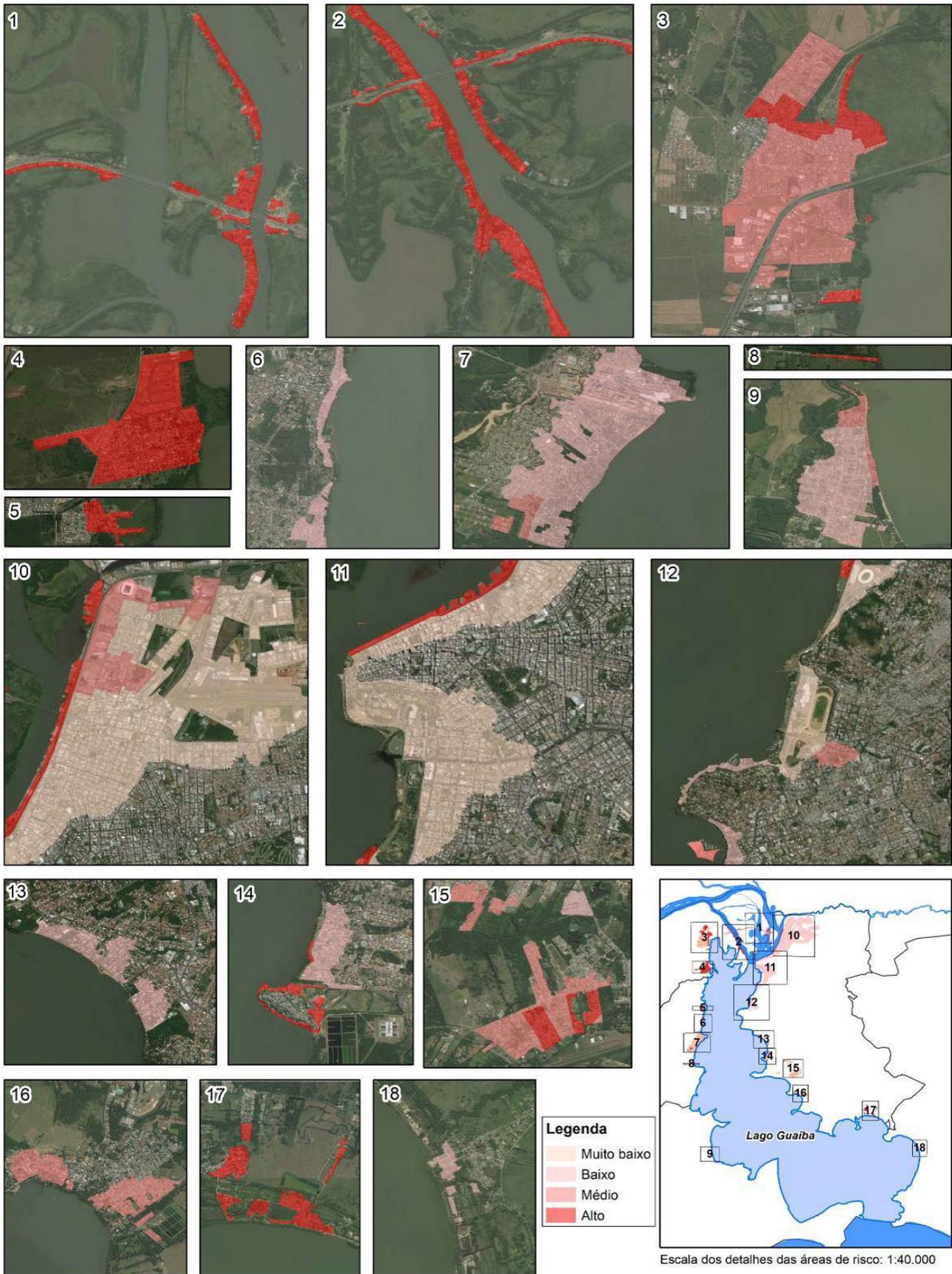


Figura 18. Detalhe dos setores com risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí.  
Fonte: Imagens de satélite disponíveis no Google Earth (Acesso em 02/12/2017).

Figure 18. Sectors with flood risk of Guaíba Lake and Jacuí Delta.  
Source: Satellite images available on Google Earth (Accessed on 02/12/2017).

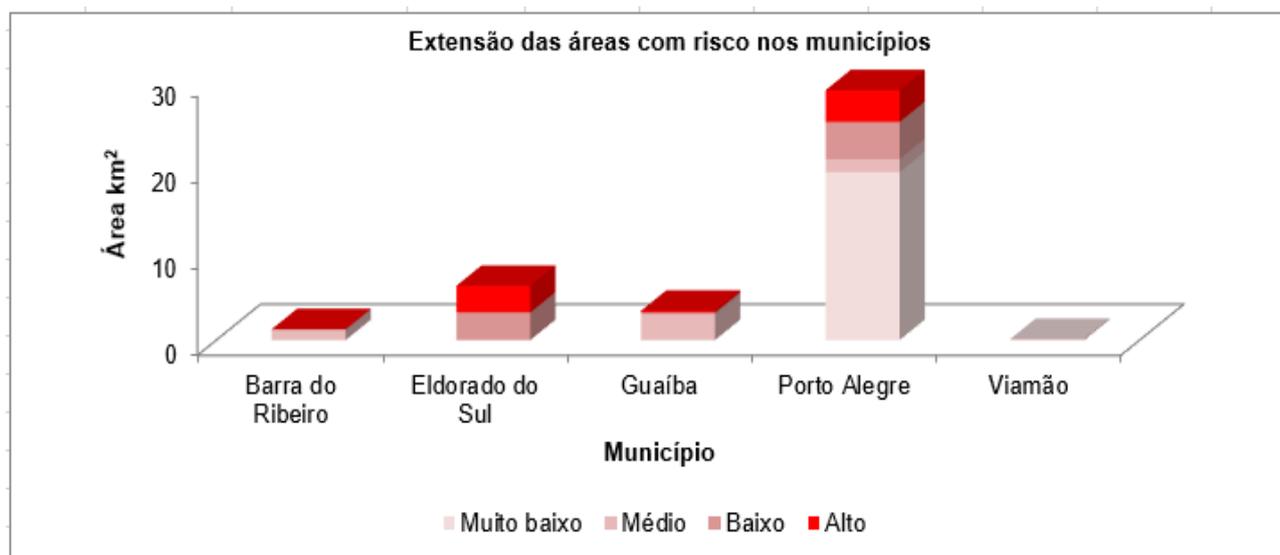


Figura 19. Extensão das áreas com risco de inundação nos municípios.

Figure 19. Extension of the areas with flooding risk in the municipalities.

## 6. 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, que atingem em geral locais isolados e os danos associados são menores. Já as áreas de perigo médio não apresentam sistema de proteção e são atingidas por eventos de alta intensidade, onde os danos causados são maiores. As áreas com baixo perigo são aquelas protegidas pelo sistema de proteção de inundação, no entanto, eventual falha neste sistema em decorrência de uma inundação de grande magnitude, poderia provocar danos e prejuízos socioeconômicos.

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 alto risco 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.

O mapeamento do risco constitui uma ferramenta para o planejamento dos municípios, fundamental na escolha de áreas adequadas para a expansão da ocupação e para restringir a ocupação de áreas com alto perigo e conversão destas em áreas com alto risco. Também é importante que seja avaliada a necessidade de implantação de sistemas de proteção em áreas com alto risco de inundação, bem como, a manutenção dos sistemas de proteção existentes para efetiva proteção contra as inundações.

A delimitação e setorização 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, pode contribuir para direcionar as ações de prevenção e de resposta durante a ocorrência dos eventos e indicar locais prioritários (áreas com alto risco de inundação) para medidas de proteção e evacuação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, L. Q. de. (2010) *Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho*. 2010. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Agência Nacional de Águas - ANA. HIDROWEB. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 14 mar. 2014.
- Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013 / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. – Brasília: CENAD, 2014.
- Assis, K. B. de. *O rio que não é rio*. Oficinas gráficas da Livraria do Globo. Porto Alegre. 1960. 129 p.
- 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.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). *Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais*. São José dos Campos, 2008. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 15. fev. 2014.
- 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.
- Christofolletti, A. *Geomorfologia fluvial*. v. 1. São Paulo. 1981.
- COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres Brasil. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa Nº1 de 24 de agosto de 2012.
- CRED. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. *Disasters 2018: Year in Review*. Issue No. 54. April 2019. p.2. 2019.
- 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. *Características topográficas e cheias na cidade*. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/>. Acesso em 7 jan. 2017.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. Ministério do Exército. *Barra do Ribeiro*. Folha SH.22-Y-B-III-3. MI 2987/3. Escala 1:50.000. 1979.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. Ministério do Exército. *Itapuã*. Folha SH.22-Y-B-III-34. MI 2987/4. Escala 1:50.000. 1979.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. Ministério do Exército. *Guaíba*. Folha SH.22-Y-B-III-1. MI 2987/1. Escala 1:50.000. 1980.
- 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.
- Guimaraens, R. A enchente de 41. 3ª ed. Porto Alegre: Libretos. 2009. 100p.
- 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. *Estatísticas do Séc. XX*. Disponível em: <http://seculoxx.ibge.gov.br/populacionais-sociais-politicas-e-culturais/busca-por-temas/populacao>. 2007. Acesso em 22 jul. 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico*. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. 2010a. Acesso em 3 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico*. 2010. *Aglomerados Subnormais*. Informações Territoriais. 2010b. Acesso em 10 mar. 2017.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa /coordenação Omar Yazbek Bitar*. - São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF : CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- 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. Anál. Geogr. 43, 2004. p. 153-171, 2004.
- METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. *Fotografias aéreas*. Escala 1:40.000. 1971.
- METROPLAN - Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional. *Mapa básico da Região Metropolitana de Porto Alegre na escala 1:10.000*. 1972.
- Oliveira, G. G. de. *Modelos para previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do Rio Cai, 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](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.
- Righi, E. *Metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais*. 2016. 196 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa

*Avaliação do risco de inundação do Lago Guaíba e Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul/Brasil*

- de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 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.
- SMURB - Secretaria Municipal de Urbanismo de Porto Alegre. Fotografias aéreas. Escala 1:10.000. 1956.
- SPH - Superintendência de Portos e Hidrovias. Ficha do histórico da estação Praça da Harmonia.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. *Terminology on Disaster Risk Reduction*. 2009.