

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

**TESE DE DOUTORADO**

**METODOLOGIA PARA ZONEAMENTO DE RISCO A INUNDAÇÕES  
GRADUAIS**

**ELÉIA RIGHI**

**ORIENTAÇÃO: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO**

**PORTO ALEGRE, ABRIL DE 2016.**

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

METODOLOGIA PARA ZONEAMENTO DE RISCO A INUNDAÇÕES  
GRADUAIS

ELÉIA RIGHI

ORIENTAÇÃO: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO

Banca Examinadora:

- Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andrea Valli Nummer (UFSM)
- Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Aline Biasoli Trentin (UNIPAMPA)
- Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tânia Marques Strohaecker (UFRGS)
- Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina (UFSM)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

PORTO ALEGRE, ABRIL DE 2016.

### CIP - Catalogação na Publicação

RIGHI, ELÉIA  
METODOLOGIA PARA ZONEAMENTO DE RISCO A INUNDAÇÕES  
GRADUAIS / ELÉIA RIGHI. -- 2016.  
196 f.

Orientador: LUÍS ALBERTO BASSO.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Inundação Gradual. 2. Áreas de Risco. 3. Gestão  
e Gerenciamento. 4. Uruguaiana. 5. Rio Uruguai. I.  
BASSO, LUÍS ALBERTO, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, particularmente ao *Programa de Pós-graduação em Geografia*, pela oportunidade de realizar o doutorado;

Ao Professor Dr. *Luis Alberto Basso*, pela orientação, amizade, incentivo e exemplo profissional. Que as nossas pesquisas e amizade continue até ficarmos bem velhinhos...;

Ao meu querido marido *Daniel Faturi* por todo o apoio e por todo o amor;

A minha amiga de longo tempo de caminhada, Professora Dra. *Carline Trentin*, pela amizade, apoio, motivação, força em todos os momentos e pela ajuda nesse trabalho...estarás eternamente no meu coração;

A minha querida amiga, Professora Dra. *Aline Biasoli Trentin*, pela colaboração nesse trabalho, e pelo exemplo profissional;

A querida *Aline Slodkowski*, pela amizade e carinho;

Ao meu querido *Rafael Kayser*, sem tua ajuda nada disso seria possível;

Aos meus queridos *familiares* que mesmo distantes sempre me auxiliaram;

Enfim, agradeço a *todos* aqueles que de alguma forma contribuíram para a finalização desse trabalho.

## RESUMO

A gestão e gerenciamento de riscos naturais têm sido aprimorados à medida que as perdas associadas a desastres assumem proporções insustentáveis do ponto de vista socioeconômico. As inundações graduais são os desastres que mais provocam perdas materiais e humanas mundialmente. Assim, esse trabalho objetiva propor uma metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais para áreas urbanas localizadas em grandes bacias hidrográficas. A aplicabilidade da sistemática proposta foi na área urbana do município de Uruguaiana. A metodologia foi estruturada primeiramente para definir os tempos de retorno, ou seja, os graus de perigo, através de modelos matemáticos. Na análise da vulnerabilidade incluíram-se parâmetros associados às características socioeconômicas, estrutura das edificações, infraestrutura urbana, doenças de veiculação hídrica e o impacto emocional. A combinação entre os graus de perigo a inundações e a vulnerabilidade, permitiu a construção de “*Mapas de Risco*”. Assim, foram gerados três níveis de perigo identificando-se 1664 edificações, dessas 857 possuem baixo padrão estrutural, sendo estruturalmente muito frágeis. Consequentemente as áreas com alta vulnerabilidade são predominantes envolvendo muitas residências de baixo padrão urbano, deficiência na infraestrutura urbana, um grande número de pessoas atingidas, aproximadamente 4300, e com uma baixa capacidade resiliente (baixa renda nominal). São os locais que mais impactam psicologicamente a população em pré-evento e pós-evento. A zona de média vulnerabilidade é pequena e concentra-se na parte Centro/Norte da área urbana, a faixa de baixa vulnerabilidade também ocupa uma pequena área e está distribuída por toda a zona de perigo, nela encontramos setores com uma renda média nominal superior a R\$ 600,00, ultrapassando os R\$ 2000,00. Apesar de possuir um número significativo de pessoas afetadas (aproximadamente 1000) as condições das edificações e a renda permite uma total recuperação, mesmo em médio prazo. Em relação ao risco, assim como ocorreu na vulnerabilidade, na faixa de alto risco, encontram-se um total de 832 edificações, com aproximadamente 2900 pessoas, constituindo-se a maioria de residências de baixo padrão estrutural com um sistema de esgoto, água e drenagem pluvial inexistente e viário deficitário. A faixa de risco médio possui 490 edificações, dessas duas são para usos comerciais e três são institucionais, e possui em torno de 1500 pessoas. Nas áreas caracterizadas de baixo risco predominam edificações com médio e alto padrão construtivo, com 334 residências e aproximadamente 800 pessoas. Nesse sentido, o conhecimento teórico, técnico e prático sobre as áreas de perigo, vulnerabilidade e risco de inundações graduais é, indiscutivelmente, fundamental para o desenvolvimento de técnicas adequadas para estabelecer planos de proteção civil e programar sistemas de vigilância dos fenômenos e alerta a população de Uruguaiana.

**Palavras-Chave:** Inundação Gradual, Áreas de Risco, Gestão e Gerenciamento, Uruguaiana, Rio Uruguai.

## ABSTRACT

The management of natural hazards have been enhanced as the losses associated with disasters assume unsustainable proportions of the socioeconomic point of view. Gradual floods are the disasters that cause material losses and more human world. Thus, this paper aims to propose a methodology for risk zoning the gradual flooding to urban areas located in large river basins. The applicability of the methodology proposed was in the urban area of the municipality of Uruguiana. The methodology was first structured to set the return time, namely the degree of danger, by mathematical models. The vulnerability analysis included up parameters associated with socioeconomic characteristics, the structure of buildings, urban infrastructure, water-borne diseases and the emotional impact. The combination of the degrees of danger and vulnerability to floods, allowed the construction of "*Risk Maps*". Therefore, we generated three hazard levels identifying buildings in 1664, 857 of these have low structural pattern, being structurally very fragile. Consequently areas with high vulnerability are prevalent involving many low standard urban residences, deficiency in urban infrastructure, a large number of people affected, about 4300, and with a low resilient capacity (low nominal income). Are the places that most psychologically impacting the population in pre-event and post-event. The average vulnerability zone is small and focuses on the Center/North inner city, low vulnerability group also occupies a small area and is distributed throughout the danger zone, there we find sectors with an average nominal income above R\$ 600,00, surpassing the R\$ 2.000,00. Despite having a significant number of affected people (about 1000) the conditions of the buildings and the income allows a full recovery, even in the medium term. Regarding the risk, as occurred in vulnerability in high-risk group, there are a total of 832 buildings, with about 2900 people, constituting the majority of low structural pattern residences with a sewer system, water and nonexistent storm drainage and road deficit. The medium-risk group has 490 buildings, these two are for commercial uses and three are institutional, and has around 1500 people. Characterized in low-risk areas predominate buildings with medium and high construction standards, with 334 homes and approximately 800 people. In this sense, the theoretical, technical and practical knowledge about the areas of risk, vulnerability and risk of progressive flooding is arguably crucial to the development of appropriate techniques to establish civil protection plans and program of phenomena surveillance systems and alert the population Uruguiana.

**Keywords:** Gradual Flood, Risk Areas, Management, Uruguiana, River Uruguai.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1. Objetivo Geral.....	16
1.1.2. Objetivos Específicos.....	16
1.2. JUSTIFICATIVA.....	16
<b>2. CONCEPÇÃO TEÓRICA SOBRE O PROCESSO DE INUNDAÇÃO</b> .....	20
2.1. INUNDAÇÕES.....	20
2.2. PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO.....	23
2.3. ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	28
2.4. HIDROLOGIA.....	32
2.4.1. Modelagem Hidrológica.....	33
2.4.2. Modelagem Hidráulica.....	40
2.4.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	42
2.5. IMPACTOS DECORRENTES DAS INUNDAÇÕES.....	43
2.5.1. Doenças de Veiculação Hídrica.....	48
2.5.2. Dano Emocional.....	51
2.6. GESTÃO E GERENCIAMENTO.....	53
<b>3. O RIO URUGUAI E URUGUAIANA</b> .....	58
3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI.....	58
3.2. O MUNICÍPIO DE URUGUAIANA.....	60
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	70
4.1. CONCEPÇÃO METODOLÓGICA.....	70
4.2. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS.....	71
4.2.1. Previsão de Vazão.....	72
4.2.2. Determinação das Áreas de Perigo Conforme Tempos de Retorno (TR).....	74
4.2.3. Vulnerabilidade a Inundações.....	76
4.2.3.1. Edificações e Variáveis Socioeconômicas.....	77
4.2.3.2. Infraestrutura Urbana.....	79
4.2.3.3. Casos Registrados de Doenças de Veiculação Hídrica.....	81
4.2.3.4. Impacto Emocional das Inundações nos Moradores Ribeirinhos do Meio Urbano.....	81
4.2.3.5. Zoneamento da Vulnerabilidade.....	84
4.2.4. Risco de Inundações.....	85
4.2.5. Gestão e Gerenciamento.....	86
<b>5. A NATUREZA FÍSICA DO PERIGO</b> .....	87
5.1. PREVISÃO DE VAZÃO (MGB-IPH).....	87
5.1.1. Dados de Entrada do MGB-IPH.....	87
5.1.2. Aplicação do Modelo MGB-IPH.....	95

5.2. DEFINIÇÃO DOS TEMPOS DE RETORNO.....	107
5.3. ZONEAMENTO DO PERIGO.....	111
<b>6. A VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO DO MEIO URBANO.....</b>	<b>122</b>
6.1. OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO GRADUAL.....	122
6.2. EDIFICAÇÕES: PADRÃO ESTRUTURAL E USOS.....	126
6.3. DADOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DE URUGUAIANA.....	131
6.4. INFRAESTRUTURA URBANA.....	137
6.4.1. Sistema Viário.....	137
6.4.2 Abastecimento de Água Potável.....	141
6.4.3. Esgotamento Sanitário.....	143
6.4.4. Sistema de Drenagem Pluvial.....	146
6.4.5. Resíduos Urbanos.....	147
6.5. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	148
6.6. IMPACTO EMOCIONAL.....	152
6.7. ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE.....	158
<b>7. O RISCO DE INUNDAÇÕES GRADUAIS.....</b>	<b>161</b>
7.1. ZONEAMENTO DE RISCO.....	161
7.2. DIRETRIZES PARA PLANOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO.....	165
7.2.1. Gerenciamento.....	165
7.2.2. Gestão.....	170
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>175</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>179</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Número de pessoas atingidas por inundações no Brasil.....	14
Figura 1.2: Eventos provocados pelas águas ocorridos em 2008 no Brasil.....	15
Figura 1.3: Danos humanos ocasionados por inundações graduais no Estado do Rio Grande do sul entre 1991-2010.....	17
Figura 2.1: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	22
Figura 2.2: Leitões Fluviais.....	23
Figura 2.3: Sistematização dos tipos de risco segundo o processo causador.....	26
Figura 2.4: Visão geral do modelo hidrológico distribuído MGB-IPH.....	36
Figura 2.5: Fluxograma da aplicação do MGB-IPH.....	36
Figura 2.6: Fluxograma de processos decorrentes da urbanização.....	44
Figura 2.7: Leptospirose e chuva em São Miguel, RN.....	51
Figura 3.1: Mapa de situação e localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Uruguai considerada neste estudo.....	59
Figura 3.2: Planta da “Villa de Uruguayana”, 1865.....	61
Figura 3.3: Ponte internacional.....	62
Figura 3.4: Ilustrações das inundações graduais ocorridas em Uruguaiana.....	63
Figura 3.5: Mapa de situação e localização geográfica do município e da área urbana de Uruguaiana.....	64
Figura 3.6: Pecuária 2012.....	67
Figura 3.7: Vegetação campestre com pecuária.....	67
Figura 3.8: Produção de arroz.....	68
Figura 4.1: Métodos da pesquisa.....	71
Figura 4.2: Fluxograma da aplicação do modelo MGB-IPH.....	73
Figura 4.3: Mapa dos setores censitários da área urbana de Uruguaiana.....	76
Figura 4.4: Fluxograma da vulnerabilidade.....	77
Figura 4.5: Construção da tabela com todas as informações por setores no software ArcGis.....	85
Figura 5.1: Modelo digital de elevação e rede de drenagem.....	88
Figura 5.2: Direção de fluxo.....	89
Figura 5.3: Discretização em mini-bacias.....	90
Figura 5.4: Uso do solo e cobertura vegetal.....	91
Figura 5.5: Quantificação do uso do solo e cobertura vegetal na bacia.....	92
Figura 5.6: Solos.....	94
Figura 5.7: Mapa das Unidades de Resposta Hidrológica.....	95
Figura 5.8: Postos pluviométricos, fluviométricos e estações meteorológicas da BHRU.....	97
Figura 5.9: Base para a calibração e simulação do modelo.....	98
Figura 5.10: Disponibilidade de dados pluviométricos visualizado no MapWindow-Gis com o plugin MGB-IPH.....	99

Figura 5.11: Início da simulação no MapWindow-Gis com o plugin MGB-IPH.....	100
Figura 5.12: Hidrograma de vazão diária calculada e observada do rio Uruguai em Uruguaiana...	101
Figura 5.13: Hidrograma de vazão diárias calculadas do rio Uruguai em Uruguaiana.....	101
Figura 5.14: Curva de permanência.....	102
Figura 5.15: Hidrograma da inundação de Julho de 1983.....	102
Figura 5.16: Hidrograma da inundação de Maio de 1992.....	103
Figura 5.17: Hidrograma da inundação da Estação 76800000.....	104
Figura 5.18: Hidrograma da inundação da Estação 75700000.....	104
Figura 5.19: Hidrograma da inundação da Estação 75550000.....	105
Figura 5.20: Hidrograma da inundação da Estação 75230000.....	105
Figura 5.21: Hidrograma da inundação da Estação 74610000.....	105
Figura 5.22: Hidrograma da inundação da Estação 74270000.....	106
Figura 5.23: Hidrograma da inundação da Estação 73960000.....	106
Figura 5.24: Hidrograma da inundação da Estação 72680000.....	106
Figura 5.25: Hidrograma da inundação da Estação 71550000.....	107
Figura 5.26: Hidrograma da inundação da Estação 70200000.....	107
Figura 5.27: Cota do TR 10.....	109
Figura 5.28: Cota do TR 20.....	110
Figura 5.29: Cota do TR 100.....	110
Figura 5.30: Mapa base para espacialização de dados.....	111
Figura 5.31: Dique da BR 290.....	112
Figura 5.32: Área inundada ao norte da área urbana.....	113
Figura 5.33: Localização dos bueiros na BR 290.....	113
Figura 5.34: Bueiro 01.....	114
Figura 5.35: Bueiro 02.....	115
Figura 5.36: Bueiro 03.....	115
Figura 5.37: Arroio Cacaréu.....	117
Figura 5.38: Rio Uruguai.....	118
Figura 5.39: Áreas de Preservação Permanente dos recursos hídricos.....	119
Figura 5.40: Zoneamento do perigo da área urbana do município de Uruguaiana.....	121
Figura 6.1: Inundação de 1983.....	123
Figura 6.2: Bairros mais afetados durante os eventos.....	124
Figura 6.3: Famílias da região ribeirinha de Uruguaiana sendo removidas.....	124
Figura 6.4: Inundação de julho/2014.....	125
Figura 6.5: Padrão das edificações.....	127
Figura 6.6: Padrão baixo das edificações.....	128
Figura 6.7: Usos das edificações.....	130
Figura 6.8: Distribuição da população conforme gênero e grupos etários.....	133
Figura 6.9: Famílias residentes em domicílios particulares com rendimento familiar.....	133
Figura 6.10: Setores censitários cruzados com os bairros mais atingidos em Uruguaiana.....	134
Figura 6.11: Distribuição do número médio de pessoas por residência.....	135
Figura 6.12: Distribuição do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (Reais).....	136

Figura 6.13: Imagem antiga do sistema viário da área urbana.....	138
Figura 6.14: Imagem do atual sistema viário da área urbana.....	138
Figura 6.15: Condições dos arruamentos nos bairros atingidos por inundações.....	139
Figura 6.16: Arruamentos nos bairros atingidos por inundações.....	141
Figura 6.17: Forma de abastecimento de água.....	142
Figura 6.18: Obras de saneamento da cidade de Uruguaiana, 1928 a 1931.....	143
Figura 6.19: Tipo de esgotamento sanitário.....	144
Figura 6.20: Esgoto sendo lançado diretamente na drenagem superficial de água.....	144
Figura 6.21: Drenagem superficial de água urbana.....	146
Figura 6.22: Resíduos na área urbana.....	148
Figura 6.23: Caderno de anotações.....	149
Figura 6.24: Gráfico com as ocupações dos entrevistados.....	152
Figura 6.25: Mapa com o sentimento Pré-Evento.....	155
Figura 6.26: Mapa com o sentimento Pós-Evento.....	156
Figura 6.27: Mapa do zoneamento da vulnerabilidade.....	159
Figura 7.1: Mapa de risco a inundações.....	162
Figura 7.2: Bacia de detenção em São Borja.....	167
Figura 7.3: Mapa com indicação de áreas para remoção das famílias.....	168
Figura 7.4: Volante sendo entregue pelo prefeito.....	169
Figura 7.5: Volante ocupada pelos moradores.....	169
Figura 7.6: Bacias hidrográficas.....	171
Figura 7.7: Região Hidrográfica do Uruguai.....	172
Figura 7.8: Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil.....	173

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Tipologia de danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.....	48
Quadro 2.2: Faixas de risco de inundação.....	55
Quadro 3.1: Compartimentos geomorfológicos.....	60
Quadro 3.2: População total, por gênero e rural/urbana.....	63
Quadro 3.3: Renda, pobreza e desigualdade.....	65
Quadro 3.4: Ocupação da população de 18 anos ou mais.....	66
Quadro 3.5: Produção Agrícola Municipal - Lavoura Temporária 2012.....	68
Quadro 3.6: Produção Agrícola Municipal - Lavoura Permanente 2012.....	69
Quadro 4.1: Informações do banco de dados SIG aplicados ao modelo MGB-IPH.....	72
Quadro 4.2: Descrição das operações da figura 4.2.....	73
Quadro 4.3: Padrão das edificações.....	78
Quadro 4.4: Uso das edificações.....	79
Quadro 4.5: Descrição do perfil do entrevistado.....	82
Quadro 4.6: Descrição do juízo de perigo do entrevistado.....	83
Quadro 4.7: Descrição do juízo emocional do entrevistado.....	83
Quadro 4.8: Parâmetros para calcular a vulnerabilidade.....	84
Quadro 4.9: Matriz para o cálculo do zoneamento de risco.....	85
Quadro 5.1: Unidades de Resposta Hidrológica em função do uso do solo e cobertura vegetal e tipo de solo.....	96
Quadro 5.2: Dados da simulação para o posto de Uruguaiana.....	100
Quadro 5.3: Dados da simulação para os demais postos fluviométricos.....	103
Quadro 6.1: Eventos de inundações graduais.....	122
Quadro 6.2: Padrão estrutural das edificações.....	126
Quadro 6.3: Uso das edificações.....	129
Quadro 6.4: Variação da população.....	132
Quadro 6.5: Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de Uruguaiana.....	147
Quadro 6.6: Casos de hepatite A de Uruguaiana.....	151
Quadro 6.7: Descrição do juízo de perigo do entrevistado.....	153
Quadro 6.8: Edificações e grau de vulnerabilidade.....	160
Quadro 7.1: Grau de risco.....	163

## 1. INTRODUÇÃO

As correntes fluviais representam possivelmente um dos mais importantes agentes geológicos, que desempenham papel de grande relevância não só na escultura do modelado da superfície terrestre, como também no condicionamento ambiental da própria vida do homem (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

O surgimento de várias civilizações ocorria através dos rios, e em sua maioria, localizavam-se às margens dos mesmos, para se beneficiarem do meio de transporte principal, os barcos, e, aproveitar-se engenhosamente dos recursos hídricos na irrigação dos campos agrícolas.

As cidades localizadas nas margens dos rios Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, assim como do rio Nilo, no Egito, tiveram que desenvolver técnicas que lhes proporcionassem meios de controlar as cheias na estação chuvosa, e a irrigação das terras cultiváveis na estação seca (BRUMES, 2001). Esses agrupamentos, com as experiências passadas de geração em geração, aprenderam a conviver com os desastres apesar do risco. Pode-se até considerar como uma forma “primitiva” de risco aceitável (MARCELINO, 2008).

Todavia, com o passar dos séculos, novas áreas foram povoadas e as cidades consolidaram-se. Na segunda metade do século passado já existiam densos aglomerados urbanos, fazendo com que áreas suscetíveis, como as várzeas inundáveis, fossem ocupadas, trazendo como consequência prejuízos humanos e materiais.

A ocupação das áreas avaliadas como de risco pode ser associada a vários fatores, que vão desde o aumento populacional e a falta de condições econômicas das pessoas para aquisição de imóveis e terrenos em locais adequados, até a carência de políticas públicas de planejamentos nas cidades e suas periferias (CRISTO, 2002).

A resposta humana ao perigo natural varia segundo o nível de organização do território e possibilidades tecnológicas disponíveis numa sociedade. O meio natural impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas é o meio social, ao ocupar as áreas naturalmente de perigo, que acaba desencadeando o surgimento do risco e potencializando a ocorrência de inundações (PELOGGIA, 1998).

Para a determinação do risco em uma área é necessário conhecer a periculosidade do processo e a vulnerabilidade da população. Isto implica à necessidade de dispor de

informações e inventários sobre a população humana e suas instalações, assim como a localização, distribuição espacial, valor real dos imóveis, e outros fatores.

A gestão de riscos naturais tem sido aprimorada à medida que as perdas associadas a desastres assumem proporções insustentáveis do ponto de vista socioeconômico. As inundações são os desastres que mais provocam perdas materiais e humanas mundialmente. De acordo com a UNESCO (2005) elas afetam cerca de 520 milhões de pessoas no mundo todo a cada ano, causando em média 25.000 mortes e prejuízos para a economia mundial da ordem de US\$ 60 bilhões.

Segundo o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), desde 1995, as inundações foram responsáveis por 47% de todo os desastres, afetando 2,3 bilhões de pessoas. O número de inundações por ano subiu para uma média de 171 no período 2005-2014, contra uma média anual de 127 em na década anterior. Na América do Sul, 560.000 pessoas foram afetadas pelas inundações em média a cada ano, entre 1995 e 2004. No seguinte década (2005-2014) esse número tinha aumentado para 2,2 milhões pessoas, um aumento de quase quatro vezes. Nos primeiros oito meses do ano de 2015, mais 820.000 pessoas foram afetadas por inundações na região (CRED, 2015).

Conforme o *Emergency Events Database*<sup>1</sup> (EM-DAT) desenvolvido e administrado pelo CRED, no Brasil o número de pessoas afetadas, feridas e desabrigadas por inundações nos últimos anos foi significativo (Figura 1.1).

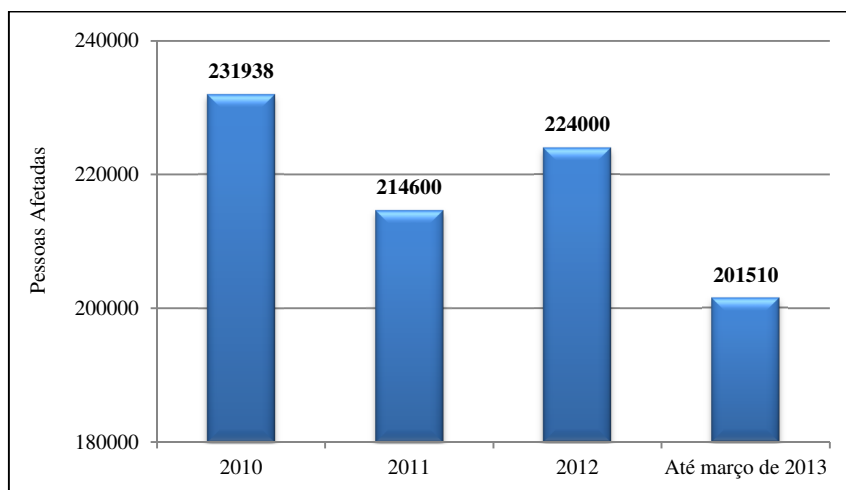


Figura 1.1: Número de pessoas atingidas por inundações no Brasil.

Fonte: Dados do EM-DAT (2013).

<sup>1</sup> EM- DAT contém dados básicos essenciais sobre a ocorrência de mais de 18.000 desastres de massa no mundo a partir de 1900. O banco de dados é compilado a partir de várias fontes, incluindo agências das Nações Unidas, organizações não governamentais, companhias de seguros, institutos de pesquisa e agências de imprensa.

A análise dos dados fornecidos pela Secretaria do Estado da Defesa Civil (SEDEC/MI) sobre desastres notificados ocorridos no Brasil durante o ano de 2008 (Figura 1.2) confirma que os desastres de natureza hidrológica, principalmente os relacionados aos denominados eventos extremos (inundações graduais e bruscas) são os predominantes (BARROS e BARROS, 2009).

Recentes catástrofes provocadas por eventos hidrológicos em vários estados da Federação revelam a fragilidade das atuais políticas públicas para o tratamento dos problemas das inundações. A demanda por políticas orientadas ao risco, em lugar da tradicional abordagem orientada ao evento, torna-se evidente, e, as soluções encontradas concentram-se em medidas não estruturais, as quais, por sua vez, são aplicadas em toda a bacia hidrográfica.

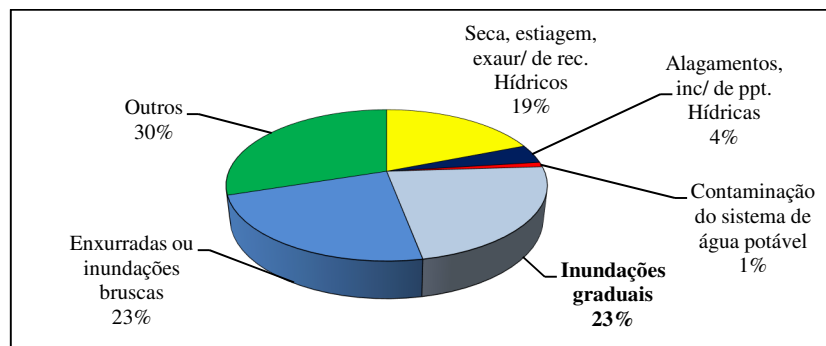


Figura 1.2: Eventos provocados pelas águas ocorridos em 2008 no Brasil.

Fonte: SEDEC/MI – Ocorrência de Desastres – Eventos notificados (BARROS e BARROS, 2009).

Nesse sentido, os modelos hidrológicos buscam uma representação matemática dos processos que envolvem o ciclo da água na superfície e subsuperfície, tendo normalmente como objeto de estudo a bacia hidrográfica. Os modelos matemáticos têm a vantagem de permitir a geração de resultados para diferentes situações com alta velocidade de resposta (TUCCI, 1998). Isso tem motivado amplamente o uso de modelos de simulação do escoamento também para sistemas de alerta e previsão de inundações em tempo real (MOORE *et al.*, 2005).

Juntamente com os modelos matemáticos, quantificar e qualificar as condições de vulnerabilidade da população torna-se imprescindível para a tomada de decisão em gerenciamento do risco de inundações graduais. Dessa forma, a decisão sobre a adoção de qualquer conjunto de medidas deve levar em consideração a análise de múltiplos critérios (CASTRO, 2007).

O conhecimento antecipado da cota a ser atingida por determinada inundação gradual, a respectiva área a ser inundada e o padrão de ocupação do solo permite a realização de planejamentos urbanos. Esses estudos também fornecem subsídios na execução de Planos de Ações Preventivos a desastres, para amenizar, reduzir ou até mesmo eliminar as situações de riscos.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Propor uma metodologia de zoneamento de risco a inundações graduais para áreas urbanas localizadas em grandes bacias hidrográficas.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos consistem em:

- Aplicar o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH) para previsão de vazão;
- Gerar manchas de inundação para diferentes períodos de retorno, definindo níveis de perigo;
- Verificar o grau de vulnerabilidade da população do meio urbano através de variáveis socioeconômicas, infraestrutura, número de casos registrados de doenças com veiculação hídrica e o impacto emocional desses fenômenos;
- Estabelecer uma relação entre o perigo ambiental e a vulnerabilidade social;
- Propor diretrizes para planos de gestão e gerenciamento de risco;
- Avaliar a aplicabilidade da sistemática proposta na área urbana do município de Uruguaiana.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

As inundações nos anos de 1960 fizeram 5,2 milhões de vítimas mundiais, tiveram na década de 1970 esta cifra aumentada para 15,4 milhões (CIMA, 1991). Segundo informações obtidas na ANA (Agência Nacional das Águas), na década de 1990, entre as pessoas atingidas por algum tipo de desastre natural no “mundo”, 75% foram vítimas de inundações.



Segundo a estimativa do EM-DAT desenvolvido e administrado pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) da Universidade de Louvain (Bélgica), entre 1900 a 2013 foram atingidas no Brasil cerca de 10,6 milhões de indivíduos pelas inundações (EM-DAT, 2013). Conforme o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT/CGE, 2002) esses eventos causam perdas de 1 bilhão de dólares por ano.

Com relação aos danos humanos causados entre 1991-2010, foram registradas aproximadamente, 730 mil pessoas atingidas por inundações graduais em todo o Estado do Rio Grande do Sul. Além desses, 73.628 foram desalojadas, conforme dados do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina, publicadas no “Atlas Brasileiro de Desastres Naturais” em 2011 (Figura 1.3).

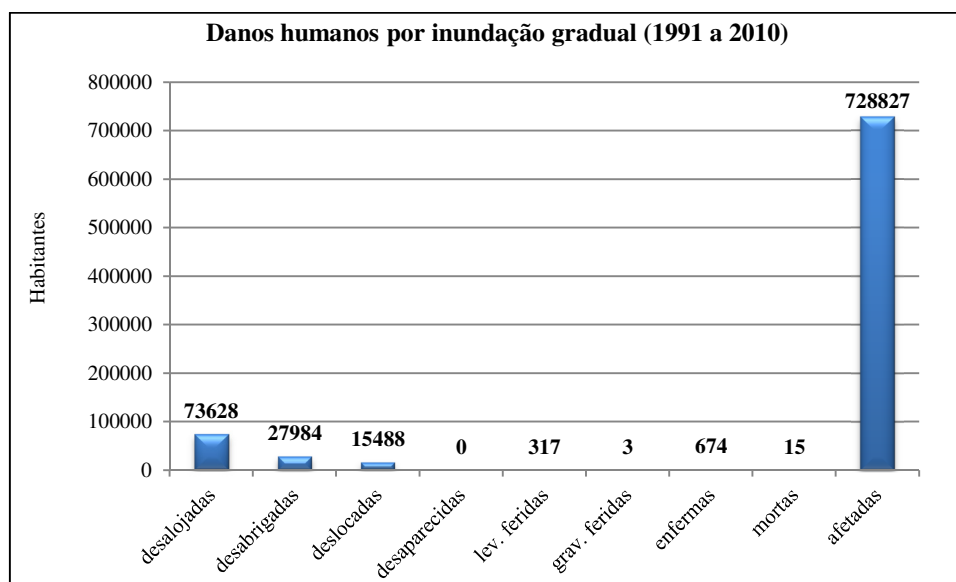


Figura 1.3: Danos humanos ocasionados por inundações graduais no Estado do Rio Grande do Sul entre 1991-2010.

Fonte: CEPED (2011).

Analisando os registros de situação de emergência e calamidade pública de inundações nos municípios que margeiam o rio Uruguai no Estado do Rio Grande do Sul, Reckziegel (2007) verificou que muitos possuem mais de 25 ocorrências entre 1980 a 2005. Muitas cidades atingidas perderam centenas de moradias que ficaram submersas, assim como houve destruição de lavouras, estradas e pontes.

No município de Uruguaiana, segundo Reckziegel (2007) foram notificados 24 eventos de inundações (de 1980 a 2005), sendo alguns muito significativos, como no mês de maio de 1983 com mais de 2.000 pessoas desabrigadas. No ano de 1990 uma inundações

gradual atingiu mais de 4.000 pessoas, em 1992 atingiu cerca de 5.500 pessoas, em 1997 cerca de 3.400 e em 2005, 2.000 pessoas (RECKZIEGEL, 2007).

Mesmo assim, diante de tantos prejuízos oriundos das inundações, observam-se poucos trabalhos visando metodologias de previsão, espacialização e a análise desses eventos no Brasil e no Rio Grande do Sul. Possivelmente, essa carência se deve pela falta de informação e ausência de dados que possibilitem a execução dos mesmos.

Além disso, no Brasil, são raros os trabalhos que utilizam em suas metodologias modelos hidrológicos e hidráulicos para definir tempos de retorno (TR) de inundações graduais, bem como sua análise integrada com a distribuição da população e suas condições sociais. A utilização desses métodos, ainda pouco utilizados e testados, faz com que a presente tese não tenha somente uma importância científica, mas também social.

O modelo hidrológico para grandes bacias (MGB-IPH) implementado por Collischonn (2001), é uma ferramenta extremamente útil que permite, através da equacionalização dos processos, representar, entender e simular o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Nesse estudo será utilizada a escala temporal para o modelo hidrológico os anos de 1980 a 2015.

Os modelos distribuídos em bacias hidrográficas mostraram avanços importantes principalmente através do uso do geoprocessamento, bem como os modelos hidráulicos (HEC-RAS com a extensão Hec-Geo-Ras), que pela integração, permitem delimitar perímetros de inundação, apresentando excelentes resultados.

Outra característica importante da extensão Hec-Geo-Ras é a geração automática dos polígonos de tempos de retorno (TR), a partir dos dados de nível importados no HEC-RAS, sendo uma ferramenta interessante, uma vez que otimiza a confecção dos mapas de perigo.

A simplicidade desses modelos em metodologias diz respeito à utilização de materiais que necessitam de pouco investimento em capital, e, à adoção de métodos de fácil implementação, tornando o sistema de previsão e alerta de inundações graduais mais operacionais.

Dessa forma, justifica-se o uso de modelos matemáticos hidrológicos e hidráulicos capazes de melhor representar os processos físicos do ciclo hidrológico e fornecer melhores respostas aos problemas da sociedade referentes a inundações graduais.

Imprescindível torna-se também a avaliação quanto à vulnerabilidade de pessoas e/ou bens passíveis de serem afetados, pois o risco não está somente associado aos níveis de TR das águas, desenvolvendo assim uma metodologia multicritério integrada e

satisfatória. A metodologia a ser aplicada tem a característica principal de poder agregar indicadores diversos, além de pesos variáveis em função da importância verificada de cada aspecto na análise.

Nesse sentido, é fundamental do ponto de vista geográfico entender a dinâmica fluvial do rio Uruguai, através da modelagem de previsão e o mapeamento das áreas atingidas por inundações graduais, bem como analisar a vulnerabilidade da população exposta a esses fenômenos. A integração de variáveis, formando metodologias multicritério para o estudo do risco a inundações, destaca-se como medida não estrutural essencial para o planejamento dos municípios que se desenvolvem junto a grandes rios, reorganizando o espaço urbano e estabelecendo novas diretrizes de ocupação.

## 2. CONCEPÇÃO TEÓRICA SOBRE O PROCESSO DE INUNDAÇÃO

### 2.1. INUNDAÇÕES

O extravasamento da água de um rio para a planície é uma consequência natural do regime hidrológico. Durante a maior parte do tempo, o escoamento está limitado ao canal principal do rio. Em eventos de grande precipitação, ocorre o aumento do nível da água, fazendo que parte transborde para as áreas marginais, resultando em uma inundação.

Contudo, esse fenômeno tem-se acelerado com o tempo e causado muitos danos, pois o processo de urbanização desordenada em áreas suscetíveis intensificou a duração, a magnitude e a frequência das inundações.

Em função disso, esses eventos originaram grande interesse e preocupação, sendo seriamente discutidos na atualidade, pois muitas vezes eles são consequência de uma visão distorcida do controle das águas pluviais por parte da comunidade e profissionais, que ainda priorizam projetos localizados, sem uma visão da bacia e dos aspectos sociais e institucionais das cidades.

Para ter um melhor entendimento dos processos que levam a ocorrência de uma inundação, Castro (2003) classifica os diferentes tipos conforme a magnitude e a evolução:

- Em função da magnitude, as inundações, através de dados comparativos de longo prazo, são classificadas em: - inundações excepcionais; - inundações de grande magnitude; - inundações normais ou regulares; e, - inundações de pequena magnitude.

- Em função da evolução, as inundações são classificadas em: - enxurradas ou inundações bruscas; - enchentes ou inundações graduais; - alagamentos; e, - inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar.

O autor explica que as inundações bruscas (*flash floods*) ou enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, que escoam de forma rápida e intensa. Muitas vezes, ocorrem associadas a áreas mais íngremes e em bacia de tamanho médio ou pequeno, sendo que a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos.

Por outro lado, as inundações graduais podem ser entendidas como o aumento gradual do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas adjacentes (CASTRO, 2003).

A Defesa Civil do Brasil, como órgão máximo em previsão e gestão dos riscos derivados de desastres naturais define inundação gradual como a 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 de intensidade moderada em áreas de planície (DEFESA CIVIL DO BRASIL, 2013).

Em 2011, a Secretaria Nacional de Defesa Civil e o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina, publicaram o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (<http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/publicacoes>), nesse volume a definição de inundação gradual não é mais tratada como sinônimo de enchente. Assim, quando as águas extravasam a cota máxima do canal, as enchentes passam a ser chamadas de inundações, se for de forma paulatina e gradual pode ser chamada também de inundação gradual (CEPED, 2011). As inundações bruscas continuam como sinônimo de enxurrada e com a mesma definição de Castro (2003).

Dessa forma, esse estudo usará o conceito de inundação gradual ou somente inundação. Normalmente, elas são cíclicas e sazonais, intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazo e pouco influenciáveis por variações diárias do tempo. Relacionam-se com períodos demorados de chuvas contínuas, sendo caracterizadas por sua abrangência e grande extensão, ocorrendo principalmente em grandes bacias hidrográficas.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) desde 2007 utiliza essa última classificação da Defesa Civil e CEPED, empregando somente três conceitos: enxurrada, enchente/cheia e inundação (Figura 2.1). As enxurradas se caracterizam pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, as enchente ou cheias seriam a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga, e, as inundações definiriam o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais de forma lenta (CARVALHO, MACEDO e OGURA, 2007).

Para Kobiyama *et al.* (2006) 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, quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Por esta razão, no mundo científico, os termos “inundação” e “enchente” devem ser usados com *diferenciação*.



Figura 2.1: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.  
Fonte: Carvalho, Macedo e Ogura (2007).

Monteiro (1976), analisando as inundações sob o ponto de vista da Climatologia Geográfica, adverte que qualquer tipo de impacto causado por precipitação resume-se em drásticas consequências, pois “são episódios ou eventos restritos no tempo que estão presos ao modo de transmissão da energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos”.

Guerra e Guerra (2003) salientam que as inundações graduais resultam de um extremo pluviométrico em função da circulação atmosférica em consonância com os fatores geográficos, portanto não se tratando excepcionalmente da intervenção humana.

Um grande colaborador nas discussões sobre inundações no campo da Hidrologia Aplicada é Carlos Eduardo Morelli Tucci. Nas suas publicações (1993, 1997, 2001 e 2003), ele ressalta que as inundações graduais dos leitos maiores dos rios são um processo natural. Quando a população ocupa o leito maior, que são áreas de risco, os impactos são frequentes (Figura 2.2). Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações:

- no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, das cidades, geralmente não existe qualquer restrição quanto à ocupação das áreas de risco de inundação e a sequência de anos sem inundações é razão suficiente para que promotores fundiários e imobiliários desmembrem estas áreas para ocupação urbana;
- invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;
- ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

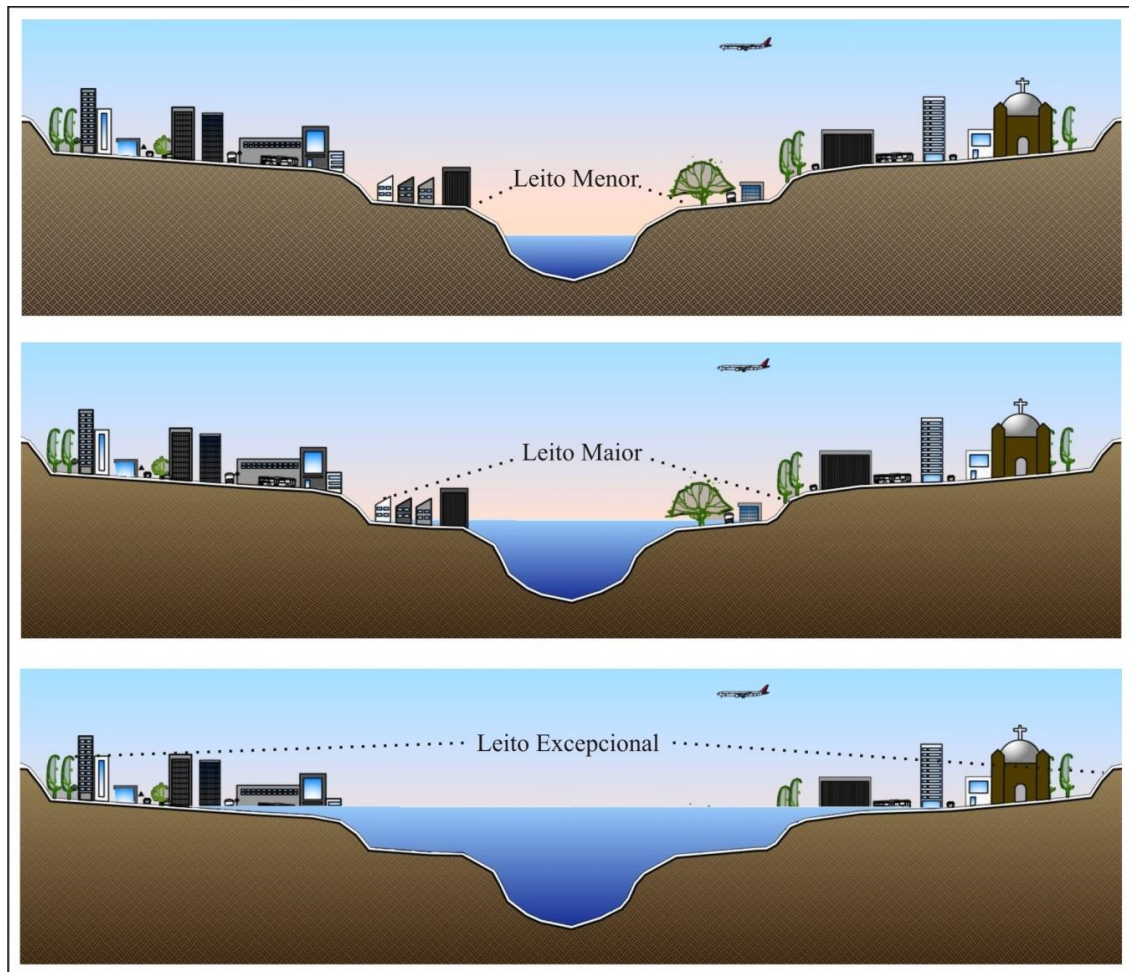


Figura 2.2: Leitos Fluviais.  
 Fonte: Adaptado de Tricart *apud* Cunha (1998).

Neste sentido, a prevenção é possível e pode contribuir de forma eficaz para evitar perdas de vidas humanas e conseqüentemente não deixar que o desenvolvimento de um município caminhe para o retrocesso quando ocorrem catástrofes ou calamidades naturais de grande magnitude.

## 2.2. PERIGO, VULNERABILIDADE E RISCO

É comum que os termos risco e perigo (do inglês *risk* e *hazard*, respectivamente) sejam confundidos na linguagem cotidiana. Ainda que esses conceitos estejam de fato relacionados, eles não devem ser utilizados como sinônimos na terminologia técnica. O perigo refere-se à situação que tem potencial para causar danos e ameaça a existência ou aos interesses de pessoas, propriedades ou meio ambiente (CETESB, 2003).

Conforme a conceituação proposta pelo Ministério da Integração Nacional e apresentada no Plano Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2000) o perigo pode ser a

estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso, expresso em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação.

A probabilidade de ocorrência de inundações pode ser associada ao conceito de tempo de recorrência (TR) da chuva que dá origem à inundação. O tempo de recorrência de uma precipitação (medido em anos) designa o intervalo de tempo médio em que este evento é igualado ou superado. É, também, o inverso da frequência anual com que a precipitação é igualada ou superada. Dessa forma, o tempo de recorrência está relacionado a uma altura máxima de chuva, que, por sua vez, determinará características específicas da inundação, tais como altura, área, velocidade e sua duração.

Tobin e Montz (1997) conseguiram determinar o tamanho aproximado de uma inundação de 100 anos de TR e estimar a probabilidade dos eventos que poderão ocorrer em qualquer ano. Embora, esta informação seja útil para avaliar o perigo técnico, não indica o número populacional exposto a um perigo ou as perdas esperados por um evento específico. Assim, para ter-se uma avaliação correta do risco, os detalhes da vulnerabilidade devem ser incorporados nessa apreciação.

Os estudos sobre vulnerabilidade ganharam maior atenção no fim da década de 1980 e na década de 1990. Marandola e Hogan (2005) explicam que as pesquisas deixam de se ocupar apenas com os perigos naturais, passando a enfocar também os perigos sociais e os tecnológicos. Além disso, os “naturais” passam a ser vistos como ambientais que implicam que o perigo só pode ser compreendido levando-se em conta o contexto natural e as formas que a sociedade tem-se apropriado da natureza (JONES, 1993).

Alcântara Ayala (2002) ressalta que a ocorrência de inundações é ligada não somente à suscetibilidade das mesmas às características geoambientais, mas também a vulnerabilidade do sistema da sociedade, isto é, sistema econômico – social – político – cultural. A vulnerabilidade é essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social e um produto histórico de processos sociais (LAVELL, 1997).

Segundo Veyret (2007) a vulnerabilidade coloca em jogo aspectos físicos, ambientais, técnicos, econômicos, psicológicos, sociais e políticos. A materialização de um acontecimento possível traz consequências tanto para as populações, como para seus bens, uma vez que afeta o funcionamento destas e dos ecossistemas. É baseado nesses acontecimentos possíveis que a noção da vulnerabilidade merece destaque, pois à medida que ela é mensurada com precisão permite expor a capacidade de resistência e resiliência das populações afetadas diante dos mesmos.



A definição de vulnerabilidade apresentada por Hogan e Marandola (2007) destaca que a mesma envolve condições sociais, econômicas e demográficas, que afetam a capacidade de responder à exposição ao perigo.

Dando maior ênfase a vulnerabilidade social, Ramalho (1999) insere em sua discussão esse conceito defendendo a argumentação que os mais pobres são os mais vulneráveis aos problemas ambientais, principalmente por ocuparem áreas impróprias com construções inadequadas.

Corroborando com a ideia, Gallopin *et al.* (2006) defendem a existência da relação direta entre condições de pobreza e vulnerabilidade, utilizando como exemplo, os efeitos de inundações em comunidades pobres, que são as mais sensíveis e com baixa capacidade de resposta. Afirmando, ainda, que a capacidade de resposta, a habilidade de um sistema para adaptar-se ou ajustar-se diante de uma perturbação, pode ser contemplada a partir do momento em que se podem retirar benefícios das oportunidades oriundas das transformações suscitadas pelas perturbações. Os autores destacam que a vulnerabilidade é um atributo de um sistema e, portanto, podem-se distinguir áreas que são vulneráveis de áreas que não são.

A resposta humana ao risco natural varia segundo o nível de organização do território e possibilidades tecnológicas disponíveis numa sociedade. Para avaliação do risco é necessário conhecer a perigosidade do processo e a vulnerabilidade da população. Isto implica a necessidade de dispor de informação e inventários sobre a população humana e instalações expostas ao risco, assim como a sua localização, distribuição espacial, valor das construções, e outros fatores.

O Ministério das Cidades (BRASIL/IPT, 2004) define área de risco como uma área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

A existência de um risco só se constitui quando há a valorização de algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa. Portanto, não se pode pensar em risco sem considerar alguém que corre risco, ou seja, a sociedade (CASTRO, OLIVEIRA PEIXOTO e PIRES do RIO, 2005).

Segundo Treby *et al.* (2006) o risco de inundação pode ser estimado em termos quantitativos como também por meio de investigações qualitativas. Dessa maneira o risco é associado não somente à natureza física do perigo, como frequência, magnitude e proximidade, mas se relaciona à habilidade de gerenciar e se adaptar ao evento em si. O

risco de inundação deve considerar o conjunto da ameaça natural física e a vulnerabilidade socioeconômica da população afetada (PRIEST, 2003).

Nas Geociências temos alguns exemplos da aplicação direta das análises quantitativas. Augusto Filho (2001), por exemplo, afirma que a análise depende da obtenção e ponderação de dois parâmetros: a frequência ou probabilidade de um determinado fenômeno ocorrer, e a magnitude das consequências socioeconômicas associadas a eles. Assim, a equação mais genérica para expressar o risco seria dada por:  $R = P \times C$ , onde  $P$  = probabilidade de ocorrência do processo em questão, e  $C$  = consequências sociais e econômicas potenciais associadas.

Em relação às classificações dos riscos, é importante ressaltar que foram elaboradas diversas classificações no Brasil, sendo que a maior parte delas tem como base de divisão o processo desencadeador do mesmo (origem).

Assim, a classificação de risco mais conhecida e amplamente utilizada é a proposta por Cerri e Amaral (1998), em que os autores partem da concepção de risco ambiental, que engloba todos os tipos de risco, e o subdivide em riscos tecnológicos, sociais e naturais, que são subdivididos em outras formas, de acordo com o processo desencadeador (Figura 2.3).

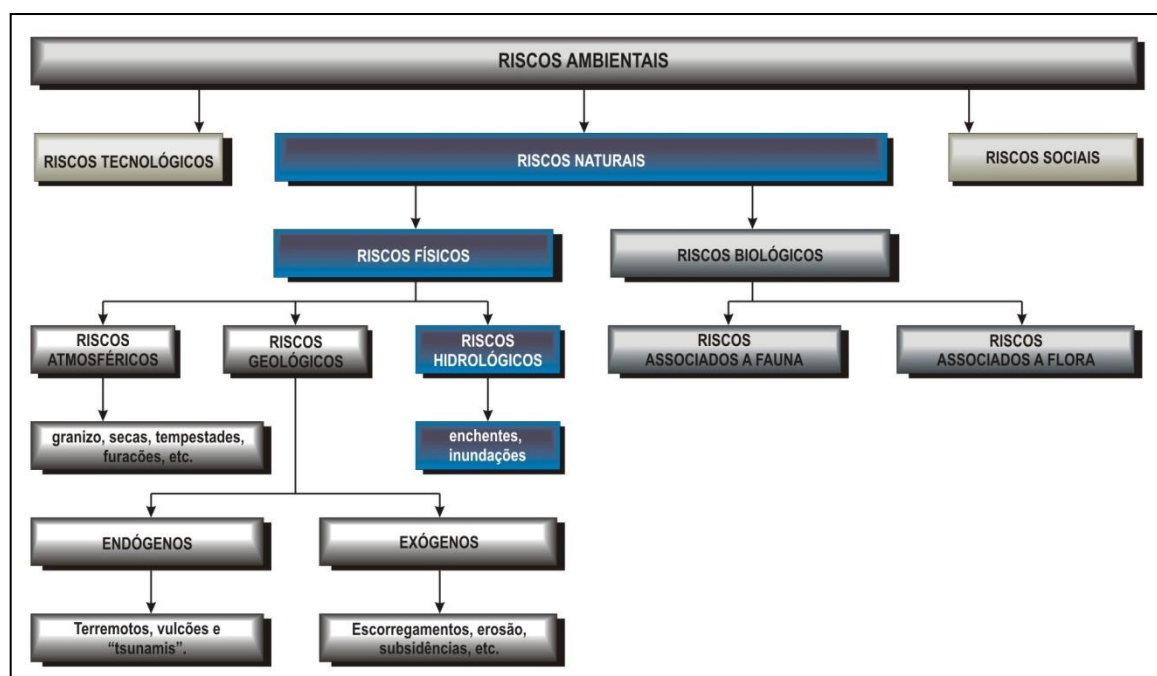


Figura 2.3: Sistematização dos tipos de risco segundo o processo causador.

Fonte: Adaptado de Cerri e Amaral (1998).

A categoria risco natural está relacionada a processos e eventos de origem natural ou induzida por atividades humanas. A natureza desses processos é bastante diversa nas escalas temporal e espacial, por isso o risco natural pode apresentar-se com diferentes graus de perdas, em função da intensidade (magnitude), da abrangência espacial e do tempo de atividade dos processos considerados.

Em uma das principais publicações sobre o assunto, Penning-Roswell e Chatterton (1977) desenvolveram um total de 168 curvas de altura de inundação x prejuízos para unidades residenciais no Reino Unido, considerando 21 tipos de categorias básicas de unidades residenciais, cinco alturas de inundação, quatro tipos de classes sociais para duas durações de cheias distintas (menores e maiores que 12 horas). Os custos às residências foram analisados distintamente sobre estrutura e conteúdos. Para estimar perdas relacionadas aos conteúdos, os autores estabeleceram uma relação desses com a classe social do proprietário (informação obtida através de censo), porque acreditam não ser confiável a analogia dos bens internos com as características externas das propriedades.

Salgado (1995), uma referência no assunto no Brasil, elaborou funções de prejuízo (conteúdo e edificação) para unidades residenciais através de abordagem sintética, utilizando suposições que retratam a realidade brasileira. O autor formulou expressões distintas para danos ao conteúdo e as edificações em função das inundações.

Cristo (2002) propôs uma análise dos principais aspectos físicos e humanos do setor leste da bacia hidrográfica do Rio Itacorubi - SC, verificando a existência de vários fatores condicionantes que demonstram a suscetibilidade da área aos riscos naturais de inundações.

Lezcano (2004) sugeriu uma metodologia que permitiu avaliar o efeito da implantação das medidas de combate a inundações, através de equações de regressão múltipla, considerando variáveis estruturais, locacionais, de infraestrutura, ambiental e de inundação (tempo de recorrência). A aplicação do modelo na bacia do rio Atuba, na Região Metropolitana de Curitiba - Paraná gerou resultados satisfatórios, sendo observada uma valorização de, aproximadamente, 17% nos preços das propriedades com a alteração do tempo de recorrência dos projetos de drenagem de 10 para 100 anos.

Bazzan (2011) analisou o histórico das inundações ocorridas entre 1980 e 2009 do rio dos Sinos no município de São Leopoldo - RS, além de mapear as áreas com perigo, vulnerabilidade e risco a inundações. Os resultados indicaram que as inundações apresentaram uma significativa variabilidade espacial e temporal de ocorrência, e as principais áreas de perigo, vulnerabilidade e risco de inundação estão localizadas em três

bairros: Rio dos Sinos, Pinheiro e Feitoria, provocando impactos negativos para a economia local com elevados prejuízos financeiros e problemas sociais.

Neste sentido, nas áreas de risco a inundações são necessárias ações de resposta direta aos aspectos relacionados ao perigo de inundações e a vulnerabilidade dos bens expostos.

### 2.3. ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A utilização de metodologias multicritério ganhou força a partir de meados da década de 1960, após alguns estudos realizados nos Estados Unidos. Esses estudos foram impulsionados pela constatação de que a maioria das decisões era tomada com base em múltiplos critérios, principalmente para facilitar decisões para problemas de engenharia (ZUFFO, 1998). Assim, surgiu o método *Multicriteria Decision Making* (MCDM), pertencente à chamada escola americana, cujo objetivo era a definição da “melhor” alternativa para solução de problemas (MALTA, 2006).

Em contrapartida, em meados da década de 1970, começaram a ser desenvolvidas na Europa novas metodologias, a partir de críticas feitas à escola americana. A escola europeia contestava o conceito de “melhor” alternativa e estabelecia como resultado uma “solução de melhor compromisso” (*trade-off*) chamado de *Multicriteria Decision Aid* (MCDA) (MALTA, 2006). A partir de então uma variedade de ferramentas matemáticas e fundamentos teóricos tem sido desenvolvidas e aplicadas a diferentes atividades.

As situações nas quais se inserem os problemas ligados aos recursos hídricos, e em especial ao controle de inundações, não se encaixam, forçosamente, no atendimento a um único critério. Da análise dos aspectos relevantes no processo de decisão tais como os sociais, econômicos, ambientais, políticos e culturais, dentre outros, depende o sucesso das iniciativas de controle e mitigação dos impactos das inundações nas comunidades (CASTRO, 2002).

Vários métodos baseados em indicadores e múltiplos critérios têm sido propostos para avaliar questões de vulnerabilidade e de risco de desastres (CARREÑO, CARDONA e BARBAT, 2007). As contribuições de Bates e Peacock (1992), Cutter (1994), World Bank (2004), e Carreño *et al.* (2007), entre outros, tentaram medir a vulnerabilidade e os aspectos relacionados com o risco por meio de indicadores quantitativos ou qualitativos.

Nesse sentido, a decisão sobre a adoção de qualquer conjunto de medidas deve atender a múltiplos critérios, acerca do planejamento do controle de inundações

(CASTRO, 2002). Algumas metodologias podem, ainda, abordar múltiplos objetivos (TORTEROTOT, 1993).

O conjunto de atributos escolhidos para avaliar as inundações é fundamental para que este problema seja “melhor” avaliado e que novos desastres não ocorram. Para que seja eficiente, este conjunto deve apresentar completude (todos os critérios de interesse devem ter sido incluídos), operacionalidade (os critérios podem ser avaliados em todas as alternativas), decomposibilidade (o desempenho de uma alternativa em determinado critério pode ser julgado independentemente de seu desempenho nos demais critérios), ausência de redundância (dois critérios devem representar dois aspectos distintos) e tamanho mínimo (KEENEY e RAIFFA, 1976).

Na análise multicritério deve haver além do caráter científico a capacidade de agregar de maneira ampla, todas as características consideradas importantes no processo, inclusive as não quantitativas, como por exemplo, o impacto emocional das inundações nos moradores ribeirinhos do rio Uruguai. A análise, não se limita à busca de um maior ou menor valor, ou à maximização ou minimização de uma função, mas sim considerar um grupo de funções ou atributos (GOMES *et al.*, 2004).

Conforme Milograna Côrtes (2009) a existência de mais atributos entre alternativas impede a nítida determinação da superioridade de uma alternativa em relação à outra. Não existe, forçosamente, a situação de dominância na qual a totalidade dos atributos de uma alternativa tem superioridade em relação à outra. Também, não é clara a transitividade entre alternativas comparadas, uma vez que a situação de dominância observada em relação a um critério não necessariamente obedece à mesma regra em relação a outro. A ferramenta para solucionar esse tipo de situação deve ainda, incorporar os conceitos de indiferença e incomparabilidade de características.

A análise multicritério permite ainda, medir o grau em que cada alternativa atende ou cumpre os vários objetivos que devem ser especificados pelos agentes interessados na escolha (HARADA, 1999).

Pardalos *et al.* (1995) propõem uma estrutura de classificação dos métodos multicritérios, dividindo-os em quatro categorias distintas, mais adequada aos estudos de planejamento ambiental. Sabe-se, no entanto, que esta classificação ainda é limitada. Porém, com o crescente número de métodos e teorias, é a que consegue separá-los em um pequeno número, descritos a seguir.

Métodos Multiobjetivos: Nessa família de métodos estão àqueles baseados na busca das soluções não dominadas ou não inferiores.

Outro grupo de métodos que pode ser enquadrado nessa família é aquele baseado na distância, ou ainda, na noção geométrica do melhor. Isto é, são aqueles que na impossibilidade de se atingir a solução ótima, converge para a solução mais próxima da solução ideal (ZUFFO, 1998).

Assim, verifica-se uma nova nuance para o conceito de otimização, uma vez que não existe apenas uma única solução ideal para um problema. Existe um conjunto ótimo de soluções, atendendo de formas diferentes aos critérios envolvidos na análise (BRAGA JUNIOR e GOBETTI, 1997).

Métodos Baseados na Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT): Na categoria dos métodos baseados na teoria MAUT estão aqueles que consistem em modelar as preferências do decisor através de função de valor, que representam a decisão de acordo com certezas do *Decision Maker* (Tomador de Decisão ou Decisor – DM). Os parâmetros dos modelos de utilidade de decomposição são estimados de uma forma direta, baseados em algumas informações obtidas do DM, do julgamento dos critérios de valores. Alguns métodos iterativos farão parte desse grupo por adotarem alguma função de utilidade explicitamente na formulação matemática multiobjetivo.

Métodos ou Ferramentas Baseados nas Aproximações Hierárquicas: O conceito dessa família de métodos hierárquicos ou ferramentas de auxílio à tomada de decisão nasceu das dificuldades encontradas em diversos problemas concretos. Esse conceito é atribuído a Bernard Roy, que é considerado o fundador desse método.

O mais conhecido é o método ELECTRE I (*ELimination Et Coix Traduisant la REalité*) que é baseado na representação relacional das preferências do decisor. A partir de então se criou várias derivações do método gerando assim a “Família ELECTRE”. Outros métodos hierárquicos também foram desenvolvidos, mas não derivam diretamente da “Família ELECTRE”. Essa categoria de métodos é muito utilizada pela escola europeia por não incluir, em seu arcabouço, um direcionamento ou um “vício”, que seria considerado como sendo as preferências do (s) tomador (es) de decisão representado através de funções.

Métodos Baseados nas Aproximações de Desagregação de Preferências: Nos métodos pertencentes a essa família os parâmetros são estimados através da análise de todas as preferências do DM, assinaladas para algumas alternativas de referências, que pode ser feita através de comparação por pares, hierarquizações, aproximações baseadas em regressões, etc. Conhecidas as preferências subjetivas do DM o problema passa a ser a estimação de uma função utilidade aditiva que torne possível a consistência das

informações levantadas. Difere da família dos métodos MAUT porque seus parâmetros são indiretamente estimados.

Assim, a escolha do método apropriado fica subordinada à natureza dos dados disponíveis, pois a análise do banco de dados proposto permite a eliminação de alguns métodos que, provavelmente, não convergiriam para a solução do problema.

Neste sentido, Zuffo (1998), propôs a incorporação de características ambientais e sociais, além de técnicas econômicas, comumente utilizadas em estudos de planejamento ambiental de recursos hídricos, como critérios para aplicação dos métodos multicriteriais. Assim, foram adotados 20 critérios e nove alternativas para a solução do problema os quais foram aplicados a cinco diferentes métodos de auxílio à tomada de decisão. Isso possibilitou melhorar o processo de tomada de decisão para a escolha de alternativas.

O trabalho apresentado por Baptista *et al.* (2001) teve como objetivo apresentar uma base de dados e sua utilização, a fim de avaliar e comparar a escolha de técnicas compensatórias adaptadas a parcelas urbanas, à luz de diferentes critérios. A base de dados determinada permitiu a construção de diferentes indicadores de desempenho dos aspectos ambientais, técnicos e econômicos aplicados à drenagem urbana e controle de inundações.

Castro (2002) desenvolveu um estudo cujo objetivo foi à proposição de indicadores e uma metodologia de análise multicritério para o auxílio à decisão na escolha de técnicas a serem utilizadas nos sistemas de drenagem urbana. A partir de critérios previamente escolhidos foram definidos treze indicadores incorporando os aspectos hidrológicos, sanitários, de qualidade das águas, ambientais e sociais.

O estudo de Brito (2006) também buscou uma metodologia de análise multicritério para a seleção de alternativas de sistemas de drenagem urbana baseada em critérios hidráulicos, hidrológicos, econômicos, sociais entre outros. Os resultados apresentaram a hierarquização das alternativas para um estudo de caso, evidenciando a eficiência e a robustez dos indicadores como ferramenta no processo de tomada de decisão.

Cardoso (2008) e Cardoso e Baptista (2008) em seus estudos apresentaram o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos d'água urbanos, com base em 12 indicadores integrando aspectos hidrológico-hidráulicos, ambientais, sanitários e sociais. Os resultados mostraram que a metodologia é simples de ser aplicada e mostrou-se útil aos decisores na fase inicial de projeto.

Milograna Côrtes (2009) desenvolveu uma sistemática baseada tanto em aspectos sociais, ambientais, de saúde pública e financeira, juntamente com os aspectos hidrológicos e hidráulicos em diferentes municípios do estado de Minas Gerais. O trabalho sugere uma

sistemática para ao auxílio à decisão e seleção de alternativas de controle baseadas nos diferentes impactos causados por inundações.

Assim, se percebe que estudos sobre inundações graduais necessitam de um grande número de informações, onde sejam considerados ao mesmo tempo aspectos econômicos, sociais, ambientais, políticos bem como quaisquer outros que se mostrarem relevantes no processo, tornando a análise multicritério.

## **2.4. HIDROLOGIA**

No processo de uma inundação, ao ocorrer à precipitação sobre a área da bacia hidrográfica, atua o escoamento superficial com maior velocidade para as partes mais baixas da bacia precedidas pelo escoamento subsuperficial (COELHO NETTO, 1995).

No início do processo, quando o solo encontra-se seco, o gradiente do potencial total da água é muito grande devido à ação do potencial matricial. Durante o processo, o solo vai ganhando umidade, diminuindo a importância do potencial matricial, que, na zona de saturação anula-se (REICHARDT, 1990). Com o solo encharcado, o equilíbrio entre o escoamento superficial e subsuperficial dará lugar às descargas do fluxo de base (STRAHLER, 1974).

A relação entre precipitação, infiltração, escoamento superficial e de base em uma determinada bacia, deve levar em consideração a situação anterior à mesma. Se houver uma precipitação sobre a bacia previamente supersaturada, o escoamento será totalmente superficial, não havendo nem evaporação se a umidade do ar estiver saturada (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

Todo o volume de água que chega aos rios pode ser medido por um hidrograma que registra as vazões escoadas por determinada seção de um curso d'água, ao longo do tempo. Ao estudar as inundações, faz-se necessário separar, para cada instante de tempo, a vazão fluvial proveniente da água que atingiu o rio.

O hidrograma pode variar em uma bacia hidrográfica, e, se esta possuir interferência humana no sistema de drenagem a mudança torna-se ainda mais nítida. A introdução de superfícies impermeáveis inibe a infiltração e reduz a superfície de retenção. Assim, a proporção de chuva reservada ao escoamento superficial aumenta, e a proporção reservada à recarga do solo, fluxo de base e evapotranspiração é reduzida (TUCCI e BERTONI, 2003).



Isto poderá implicar que chuvas pouco intensas venham a produzir descargas que excedam a capacidade do sistema coletor, causando mais facilmente o estrangulamento do fluxo e um aumento na frequência das inundações para alguns trechos do rio (TUCCI e BERTONI, 2003).

Em ambiente rural as inundações são fenômenos hidrológicos importantes na morfodinâmica dos ambientes fluviais, promovendo grandes mudanças geomorfológicas, na mata ciliar e no comportamento da fauna ribeirinha e aquática (TUCCI *et al.*, 1995).

Nesses ambientes, o hidrograma possui uma variação lenta de vazão e com picos de inundações moderados. A planície de inundação geralmente é ocupada por usos relacionados com a pecuária, agricultura e silvicultura, não sendo utilizadas com finalidade de moradia (TUCCI *et al.*, 1995).

#### **2.4.1. Modelagem Hidrológica**

Inicialmente as pesquisas de modelos hidrológicos eram focadas nos estudos de componentes do ciclo hidrológico de forma separada (SINGH e FREVERT, 2002). Destacam-se as teorias de infiltração da água no solo de Horton em 1933 e da evaporação de Penman em 1948, os conceitos de hidrograma unitário de Sherman em 1932 ou mesmo as equações de Saint Venant que descrevem o escoamento em rios. A partir da invenção e disseminação de computadores digitais, foi possível integrar todos os componentes do ciclo hidrológico e simular a bacia hidrográfica como um todo.

Além dos avanços de modelos hidrológicos concentrados para modelos distribuídos no espaço, muitos dos novos modelos passaram a substituir as relações empíricas e conceituais por relações físicas para representar matematicamente processos intermediários do ciclo hidrológico entre a precipitação e a vazão no exutório da bacia hidrográfica. Por representar com maior exatidão teórica os processos intermediários do ciclo hidrológico, estes são chamados modelos hidrológicos de base física (COLLISCHONN, 2001).

Modelos hidrológicos do tipo distribuído são caracterizados pela representação da bacia em unidades elementares, nas quais são representados os processos de transformação chuva-vazão, infiltração, evapotranspiração, armazenamento nos compartimentos do solo e escoamento até a rede de drenagem. Variações das formulações e simplificações na parametrização de cada processo ocorrem entre os diversos modelos distribuídos referidos na literatura, mas a maioria deles utiliza uma grade retangular para a discretização da

bacia. Em alguns desses modelos, a vazão resultante da geração de escoamento superficial em cada elemento ou célula é propagada para a célula de jusante ao longo da rede de drenagem (PAZ e COLLISCHONN, 2007b). Em bacias de grande escala, a propagação do escoamento resultante de cada elemento ao longo da rede de drenagem pode ser o fator dominante da forma e tempo de deslocamento do hidrograma de saída (MA e FUKUSHIMA, 2002).

Segundo Tucci (1998), os modelos hidrológicos podem ser contínuos ou discretos, conforme o intervalo em que ocorrem as mudanças hidrológicas. Os modelos são ditos contínuos quando os fenômenos são modelados continuamente no tempo e são ditos discretos quando as mudanças de estado se dão em intervalos discretos. Assim como todos os demais sistemas físicos, os sistemas hidrológicos são contínuos e normalmente são representados por modelos discretos.

A despeito das dificuldades na representação matemática de alguns processos físicos e da necessidade da discretização de processos contínuos, os modelos matemáticos têm a vantagem de permitir a geração de resultados para diferentes situações com alta velocidade de resposta (TUCCI, 1998). Isso tem motivado amplamente o uso de modelos de simulação do escoamento também para sistemas de alerta e previsão de inundações em tempo real (MOORE *et al.*, 2005).

A partir de avanços nas áreas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e a crescente capacidade computacional disponível, tanto em termos de volume de armazenamento como velocidade de processamento de dados, os modelos hidrológicos distribuídos passaram a receber atenção de diversas pesquisas.

O modelo TOPKAPI, acrônimo de “*TOPographic Kinematic Approximation and Integration*”, foi desenvolvido para ser capaz de ser utilizado em avaliações de impactos de mudanças climáticas e mudanças no uso do solo, análise de cheias extremas, predição em bacias não monitoradas e como ferramenta para utilizar com Modelos de Circulação Geral (TODINI e CIARAPICA, 2002; LIU e TODINI, 2002).

O modelo LASCAM (“*Large Scale CAtachment Model*”), foi desenvolvido com o objetivo de prever o impacto de modificações no uso do solo e climáticas sob os recursos hídricos, em termos de vazões diárias e qualidade d’água (salinidade, sedimentos, nutrientes). O modelo possui parâmetros globais que devem ser calibrados e são posteriormente relacionados com as características físicas de cada sub-bacia através de informação de propriedades do solo e cobertura vegetal (VINEY *et al.*, 2000; SIVIPALAN *et al.*, 2002).

Pela sua importância histórica, o modelo SHE (ABBOTT *et al.*, 1986a; ABBOTT *et al.*, 1986b) deve ser mencionado. Este modelo foi desenvolvido na tentativa de agregar o máximo do conhecimento sobre os processos hidrológicos disponíveis na época, estes representados com extrema exatidão teórica. Apesar de o modelo SHE ser um dos que tem maior compromisso com a representação física dos processos hidrológicos, sua utilização prática é limitada pelos altos requisitos de dados e computacionais, o que restringe sua aplicação a pequenas bacias altamente instrumentadas (TODINI, 2007).

O modelo LISFLOOD (DE ROO *et al.*, 2001; DE ROO *et al.*, 2000; GOUWELLEEUW *et al.*, 2005; DE ROO *et al.*, 2003; BATES e DE ROO, 2000) é um modelo hidrológico e hidrodinâmico físico e distribuído do tipo “raster”, desenvolvido para simular os processos hidrológicos e avaliar cheias, particularmente em grandes bacias hidrográficas europeias. O modelo LISFLOOD tem sido utilizado acoplado com resultados de modelos meteorológicos como principal ferramenta do sistema de alerta contra cheias na Europa.

Percebe-se que os modelos descritos acima, assim como outros encontrados na literatura, ou possuem algoritmos muito simplificados para representar o escoamento em rios de grandes bacias hidrográficas, ou, por outro lado, são muito complexos (modelo SHE) para serem aplicados operacionalmente em uma situação de escassez de dados. Assim, o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH) é o modelo mais aplicável na área de estudo e de fácil operação e processamento.

O Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH), descrito em Collischonn (2001) ou Collischonn *et al.* (2007), é um modelo distribuído desenvolvido para aplicações em grandes bacias com limitação de dados (maiores que 10.000 km<sup>2</sup>). Foi inicialmente baseado nos modelos LARSIM (BREMICKER, 1998) e VIC (LIANG *et al.*, 1994), com algumas modificações nos módulos de evapotranspiração, percolação e propagação de vazões. O MGB-IPH é um modelo baseado em processos e simula o ciclo hidrológico através de relações físicas e conceituais (Figura 2.4). São simuladas todas as etapas do ciclo hidrológico terrestre, incluindo balanço de água no solo, evapotranspiração, interceptação, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo e escoamento na rede de drenagem.

Os dados referentes à precipitação são fundamentais para alimentar os sistemas de previsão que se baseiam na relação entre a intensidade e duração das chuvas e o seu reflexo na vazão do rio. Além dos dados de chuva, são utilizados dados físicos da bacia (modelo digital de elevação, tipos de solos, uso e ocupação do solo, entre outros) e dados

hidrológicos de vazão para a calibração e execução do modelo (Figura 2.5). Informações mais detalhadas do modelo MGB-IPH poderão ser obtidas no trabalho de Collischonn (2001).

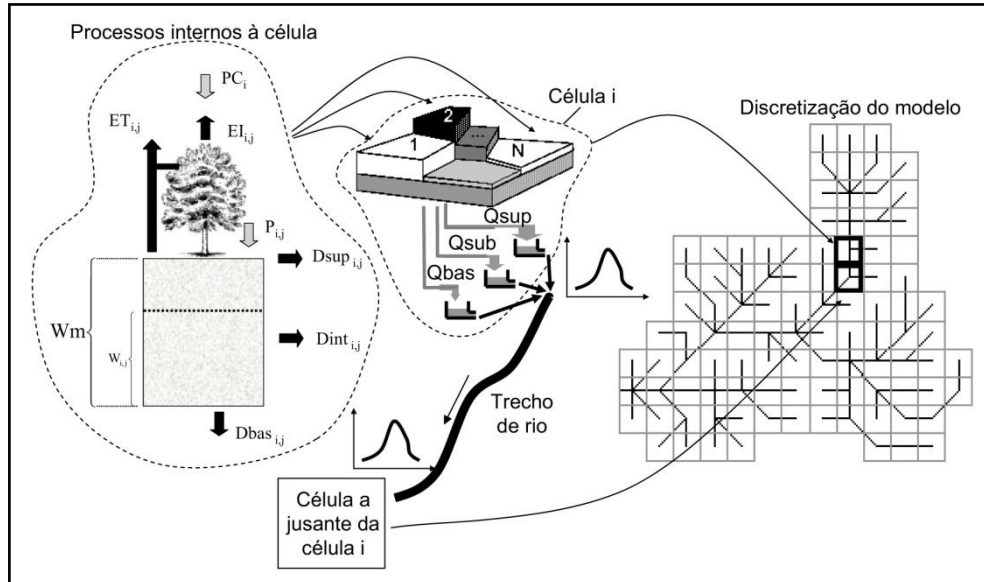


Figura 2.4: Visão geral do modelo hidrológico distribuído MGB-IPH.  
Fonte: Paz e Collischonn, 2007b.

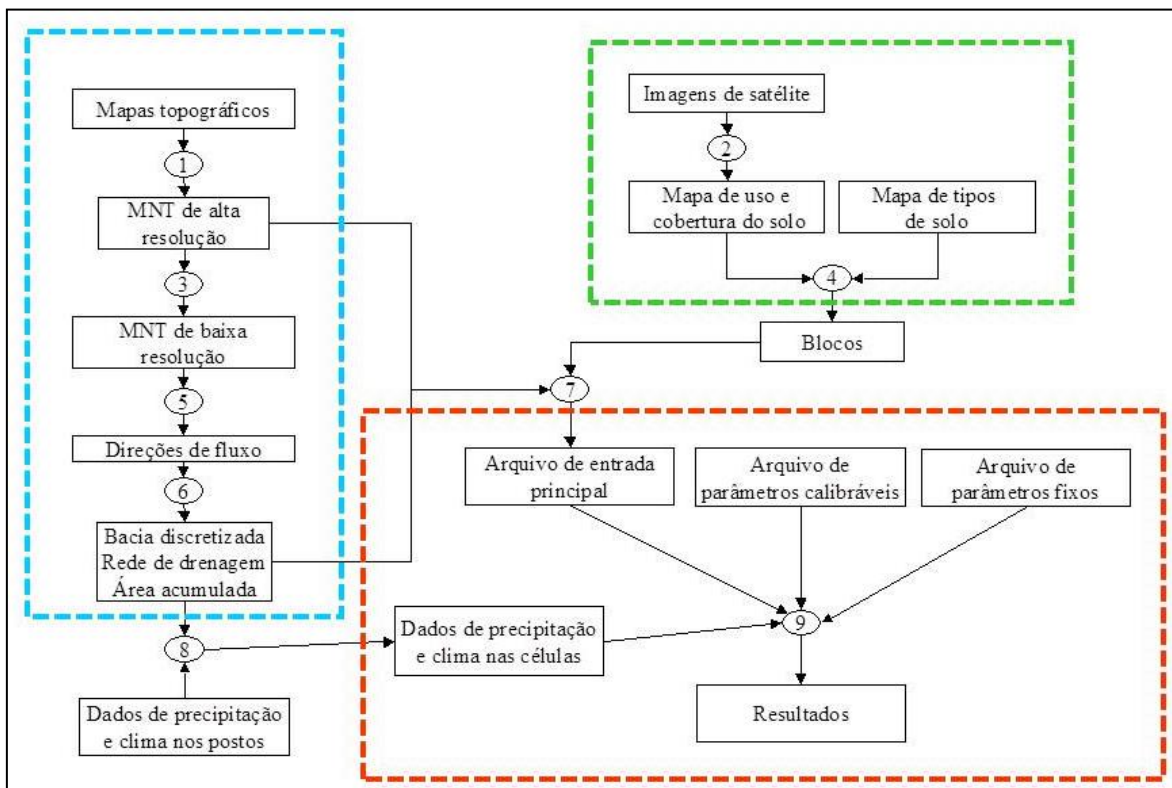


Figura 2.5: Fluxograma da aplicação do MGB-IPH.  
Fonte: Collischonn (2001).

Collischonn (2001) divide a bacia hidrográfica em células quadradas, ligadas entre si por canais de drenagem. Cada célula do modelo MGB-IPH é dividida em *patches* ou unidades de resposta hidrológica, sem considerar a localização dentro da célula. Essa abordagem segue a consideração das *Grouped Response Units* (GRUs) de Kouwen *et al.* (1993), permitindo levar em conta a variabilidade das características físicas da bacia no interior de cada célula.

O número de patches é escolhido de acordo com o número de classes resultantes da combinação das características de uso do solo, cobertura vegetal e tipo de solo. Um patch é caracterizado por uma série de parâmetros, como o armazenamento máximo de água no solo, altura da vegetação, resistência superficial de referência, índice de área foliar e albedo (COLLISCHONN, 2001; PAZ, 2010).

Uma das etapas da preparação de dados para o modelo é a interpolação de dados de postos pluviométricos e meteorológicos. Nesta etapa os valores de precipitação observados nos postos são utilizados para estimar a precipitação em todas as células do modelo, em todos os dias da simulação (COLLISCHONN, 2001).

Existem duas opções de métodos de interpolação: interpolação por Thiessen ou vizinho mais próximo, e, interpolação por inverso da distância ao quadrado. Alternativamente, campos de chuva estimados por satélite ou gerados por modelos atmosféricos podem ser utilizados para entrada no modelo hidrológico (COLLISCHONN *et al.*, 2005; COLLISCHONN *et al.*, 2008).

Para as demais variáveis meteorológicas (radiação solar incidente, temperatura, umidade relativa, insolação, velocidade do vento e pressão atmosférica), para cada célula tomam-se os valores do posto meteorológico mais próximo com dados disponíveis em cada passo de tempo. Caso não existam dados disponíveis em um determinado passo de tempo de simulação, são usados valores médios mensais ou climatológicos do posto mais próximo (COLLISCHONN, 2001; PAZ, 2010).

Em cada célula do modelo, os processos de interceptação, evapotranspiração e geração de escoamento e o balanço de água no solo são simulados em cada patch de forma independente. Os escoamentos resultantes de todos os patches em uma célula são somados e armazenados em reservatórios distintos conforme sua natureza superficial, subsuperficial e subterrâneo. Um reservatório linear simples é utilizado para simular o aporte de cada um desses tipos de escoamento gerado na célula até a rede de drenagem (COLLISCHONN, 2001; PAZ, 2010).

Os três tipos de reservatórios (superficial, subsuperficial e subterrâneo) apresentam características distintas quanto aos efeitos de retardo e amortecimento sobre o escoamento gerado na célula. A soma dos escoamentos resultantes dos três reservatórios de uma célula aporta à rede drenagem e é propagada até a célula de jusante ao longo do trecho de rio que conecta as duas células (PAZ e COLLISCHONN, 2007a).

A propagação do escoamento na rede de drenagem é realizada através do método Muskingum Cunge seguindo abordagem de Tucci (1998). Em cada trecho de rio, a vazão de referência é calculada em função da área drenada. O parâmetro que controla a vazão de referência é a vazão de referência específica  $Q_{MESP}$  dada em  $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  conforme a equação 01.

$$Q_o = Q_{MESP} \cdot A_{dren} \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:  $Q_o$  vazão de referência da célula para o método de Muskingum Cunge;  $Q_{MESP}$  vazão de referência específica (igual para toda a bacia);  $A_{dren}$  área a montante da célula.

Assim, os hidrogramas de vazão podem ser avaliados no exutório da bacia bem como em qualquer outro ponto ao longo da rede de drenagem representada.

A evaporação do reservatório de interceptação e a evapotranspiração das diferentes coberturas vegetais são calculadas separadamente, utilizando a formulação de Penman-Monteith apresentada por Shuttleworth (1993) e seguindo abordagem de Wigmosta *et al.* (1994). Seguindo a metodologia utilizada em diversos modelos, tais como VIC-2L e LARSIM, a interceptação é considerada dependente da cobertura do solo, expressa pelo índice de área foliar da vegetação (COLLISCHONN, 2001; PAZ, 2010).

O volume de água interceptado é utilizado para atender inicialmente a evapotranspiração e o restante da demanda evaporativa é atendido pela evaporação do solo e transpiração da cobertura vegetal. A evapotranspiração da lâmina interceptada é determinada pela equação de Penman-Monteith, considerando resistência superficial nula e resistência aerodinâmica como função da velocidade do vento e da altura média da vegetação (PAZ, 2010).

A resistência aerodinâmica depende apenas da altura da vegetação e da velocidade do vento. A resistência superficial representa a resistência ao fluxo de umidade do solo através das plantas até a atmosfera e varia conforme o tipo de planta e fatores ambientais como umidade do solo, temperatura do ar e radiação incidente. No modelo em questão, são

adotados valores de referência para a resistência superficial característicos de cada vegetação, mas que podem variar conforme as restrições de umidade do solo (WIGMOSTA *et al.*, 1994).

O modelo MGB-IPH tem parâmetros considerados fixos e outros calibráveis. O arquivo de parâmetros fixos contém os valores dos parâmetros que são obtidos da literatura, ou que podem ser medidos, como o índice de área foliar (IAF), a resistência superficial ( $r_s$ ), a altura média da vegetação ( $Z$ ) e o albedo. Em geral, são parâmetros para os quais o modelo é pouco sensível (COLLISCHONN, 2001; PAZ, 2010).

O arquivo de parâmetros calibráveis contém os valores dos parâmetros restantes, como o  $W_m$  (armazenamento máximo na camada superficial do solo do bloco) e o KBAS (parâmetro de escoamento subterrâneo), que são alterados durante a calibração. Estes parâmetros são considerados constantes ao longo de toda a simulação e podem estar associados aos blocos ( $W_m$ , KINT (parâmetro de escoamento sub-superficial), KBAS,  $b$  (forma da relação empírica entre fração de área saturada e armazenamento médio de umidade no solo)) ou às células (CB (parâmetro de retardo do reservatório subterrâneo), CI (parâmetro para calibração da propagação subsuperficial nas células) e CS (parâmetro para calibração da propagação superficial nas células)).

O processo de calibração do modelo pode ser realizado de forma manual ou automática. Na calibração automática, o algoritmo de otimização multiobjetivo MOCOM-UA é empregado (YAPO *et al.*, 1998), considerando três funções-objetivo: erro de volume (EVol), coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe aplicado às vazões (NS) e ao logaritmo das vazões ( $NS_{\log}$ ).

Esse modelo já foi aplicado a diversas bacias da América do Sul, com resultados bastante satisfatórios (ALLASIA *et al.*, 2006): bacia do rio São Francisco (SILVA *et al.*, 2007; TUCCI *et al.*, 2005); bacia do rio Uruguai (COLLISCHONN *et al.*, 2005; TUCCI *et al.*, 2003); bacia do rio Grande (BRAVO *et al.*, 2009); bacia do rio Tapajós (COLLISCHONN *et al.*, 2008); bacia do rio Madeira (RIBEIRO *et al.*, 2005) e na bacia do Alto Paraguai (TUCCI *et al.*, 2005).

Paiva (2009) utiliza este modelo para compreensão dos processos hidrológicos da bacia Amazônica, estudando a bacia do rio Solimões (localizada no Peru e no Brasil). O modelo forneceu resultados satisfatórios nas simulações de vazão e resultados adicionais de níveis d'água e áreas inundadas.

Observa-se nos últimos anos um contínuo aprimoramento dos modelos hidrológicos. À medida que novas informações tornam-se disponíveis, é possível aumentar

o nível de complexidade dos modelos e a compreensão dos processos físicos do ciclo hidrológico, bem como fornecer melhores respostas a questões associadas ao gerenciamento dos recursos hídricos.

#### **2.4.2. Modelagem Hidráulica**

O exército norte-americano, representado pelo *U. S. Army Corps of Engineers*, desenvolve uma série de programas como parte do *Hydrologic Engineering Center's Next Generation (NexGen)*. O projeto *NexGen* engloba vários aspectos da engenharia hidrológica, sendo diferentes aspectos trabalhados em variados programas, incluindo: análise chuva/escoamento superficial (HEC-HMS); hidráulica fluvial (HEC-RAS); simulação de sistemas de reservatórios (HEC-ResSim); análise de prejuízos causados por inundações (HEC- FDA e HEC-FIA); e previsão fluvial em tempo real para as operações em reservatórios (CWMS).

O módulo *River Analysis System (RAS)* é um *software* de simulação hidráulica pertencente à plataforma *Hydrologic Engineering Center (HEC)*, teve sua primeira versão (1.0) lançada em 1995 e em janeiro de 2010 teve sua mais recente atualização para versão 4.1. Por ser gratuito e de fácil acesso, tem sua utilização bastante difundida para simulações hidráulicas unidimensionais.

O modelo hidráulico HEC-RAS é composto por dados geométricos e de escoamento. No *software* ArcGIS determina-se as curvas de nível ou o modelo numérico do terreno e a cobertura e ocupação do solo (USACE, 2011). Já os dados de entrada de escoamento são fornecidos pelo modelo hidrológico.

Ele possibilita a simulação unidimensional do escoamento em canais abertos, sob o regime permanente e não permanente e também na condição de fundo móvel (transporte de sedimentos), oferece interface gráfica, análises hidráulicas, armazenamento de dados, relatórios e resultados gráficos.

A interface gráfica permite a construção de projetos com um único trecho ou com uma rede de canais. São utilizadas informações topográficas das seções para descrever a geometria do canal.

Existem várias opções de modelagem no HEC-RAS, que serão citados a seguir:

-Tipos de escoamento simulados: permanente uniforme, permanente gradualmente variado e não permanente.



-Modelagem do fluxo permanente uniforme e gradualmente variado: equação básica do modelo; equação de energia na forma unidimensional; perdas de energia por atrito calculado por meio do modelo de Manning com consideração de seções compostas; perdas localizadas calculadas por meio de coeficientes de contração e expansão das seções; solução numérica das equações de fluxo por meio do método iterativo *standard step*; cálculo em regime subcrítico, crítico e supercrítico; modelagem do regime não uniforme bruscamente variado com incorporação das equações de conservação do momento; e, cálculo de ressalto, consideração de pontes e confluências (junções).

-Modelagem do fluxo não permanente: utilização de um sistema de equações hidrodinâmicas, composto pela equação da continuidade e equação da conservação dos momentos; perdas de energia por atrito calculado por meio das equações de Chézy e Manning; solução das equações por meio de método numérico de discretização por diferenças finitas em um esquema implícito. Condições de contorno requeridas na seção de montante: série temporal (hidrogramas). Condições de contorno requeridas na seção de jusante: série temporal de vazão (hidrograma), série temporal de nível, curva chave ou função de profundidade normal estimada por Manning.

As simulações hidráulicas associadas a um sistema de informação geográfica (SIG) tornam-se necessárias para o traçado da área de inundação, pois possibilita a criação de políticas de uso e ocupação de solo nas proximidades de rios e facilita a determinação de áreas que são afetadas por eventos hidrometeorológicos extremos.

Vianna (2000) apresentou um estudo cujo objetivo foi à aplicação de uma metodologia para determinação de áreas sujeitas a inundações pela combinação de modelagens hidrológica e hidráulica e de um sistema de informação geográfica. O estudo, aplicado à cidade de Itajubá- MG utilizou o modelo HEC-HMS para a simulação hidrológica e o modelo HEC-RAS para propagação da cheia. O modelo reproduziu de forma satisfatória as características dos eventos utilizados apresentando-se como uma poderosa ferramenta em estudos referentes à determinação de planícies de inundação.

Lima (2003) desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar os impactos das inundações sobre uma região sinistrada utilizando o método inundabilidade (*Inondabilité*) para a análise do risco, e os benefícios da adoção de medidas não estruturais, previsão e alerta de inundações e *flood-proofing*, sobre os danos decorrentes de inundações. O mapeamento das áreas inundáveis para os períodos de retorno de 2, 10 e 100 anos foi feito utilizando o programa SIG/IDRISI conjugado com os modelos HEC-HMS e HEC-RAS. A

partir desses modelos foram construídos os mapas de inundação para os períodos de retorno com alta precisão.

Souza *et al.* (2007), em uma aplicação do modelo hidrodinâmico HEC-RAS em um trecho do rio São Francisco, mostraram que, em termos de hidrogramas e velocidade de propagação de ondas de cheia, o modelo hidrodinâmico pode fornecer bons resultados utilizando informações batimétricas obtidas somente de estações fluviométricas e modelo numérico do terreno de SRTM, o que, de certa forma, motiva a utilização de um modelo hidrodinâmico nestas condições.

Ernandez, Mourato e Moreira (2013), fizeram a comparação dos resultados dos dois modelos hidráulicos HEC-RAS e LISFLOOD-FP, para um evento de precipitação com o período de retorno de 100 anos, permitindo concluir que as zonas inundadas previstas pelos dois modelos apresentam resultados com sobreposição de 65% da reunião das áreas obtidas, e, que o tempo de resposta da cheia ao longo do rio em estudo no modelo HEC-RAS é cerca de metade do tempo de resposta no modelo LISFLOOD-FP.

Em virtude de todos os trabalhos citados acima, considera-se de extrema importância para o planejamento urbano à aplicação de modelos hidráulicos computacionais que permitam a modelagem e a simulação de eventos hidrológicos através da sistematização dos processos hidráulicos que ocorrem em canais de drenagem naturais ou artificiais e a análise de sua interação com as planícies adjacentes.

### **2.4.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG)**

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais e planejamento urbano - regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (CAMARA *et al.*, 2001).

Para a elaboração de modelos e/ou mapas de inundações usualmente se observa a aplicação de técnicas de geoprocessamento disponíveis nos sistemas de informações geográficas. Os materiais mais utilizados são imagens orbitais multiespectrais e de radar, modelos digitais de elevação (MDE), dados hidrológicos (chuva, vazão e cota) e

informações físicas da bacia, como hidrografia, declividades, solos e vegetação nativa, entre outras.

Uma dificuldade adicional para a modelagem hidrológica ou hidráulica com grande quantidade de dados é a manipulação e compatibilização dos dados de entrada, geralmente provenientes de diferentes fontes e inclusive com datums distintos entre si. Procedimentos computacionais automatizados podem ser desenvolvidos para resolver essa questão, reduzindo o tempo necessário para preparar os dados para o modelo e também garantindo a coerência entre os dados.

Nesse sentido, um SIG constitui uma poderosa ferramenta, pois permite a ligação dos dados hidráulicos com sua localização espacial (YANG *et al.*, 2006; SUI e MAGGIO, 1999; ROSS e TARA, 1993), assim como possibilita analisar os resultados em um contexto espacial (PULLAR e SPRINGER, 2000). O SIG também auxilia na modelagem por permitir o manuseio de uma forma espacial de dados que de outra forma seria comprometida se armazenada em uma base de dados não espacial (MILES e HO 1999).

De acordo com Ribeiro *et al.* (2002), a caracterização da superfície terrestre por meio de seus parâmetros fisiográficos tornou-se um aspecto importante na modelagem de processos hidrológicos. A topografia é um dos fatores que mais influenciam nos processos e fenômenos naturais observados na superfície, principalmente, no que se refere à dinâmica fluvial e hidrológica das bacias hidrográficas (MOORE *et al.*, 1991).

Os modelos numéricos do terreno (MDEs) permitem a extração de inúmeras variáveis morfométricas do relevo, como a declividade, as curvas de nível, os perfis transversais, a curvatura vertical e horizontal, as direções de fluxo de drenagem, entre outras. Desse modo, são essenciais em estudos relacionados à geomorfologia (principalmente em processos fluviais e de encostas – erosão, escorregamentos, etc.), à hidrografia (delimitação de bacias, ordenamentos dos cursos, densidade de drenagem, etc.) e aos modelos hidrológicos.

## **2.5. IMPACTOS DECORRENTES DAS INUNDAÇÕES**

As inundações geram diversos prejuízos sociais, econômicos e financeiros para toda a população das cidades, principalmente para os moradores de áreas potencialmente inundáveis, geralmente cidadãos de baixa renda. O quadro das inundações pode ser

intensificado pela proliferação de aglomerados subnormais<sup>1</sup>, lançamento irregular de resíduos sólidos e construções inadequadas de aterros, pontes e travessias.

Porto (1995) apresenta os diversos processos que ocorrem devido à urbanização e suas consequências no ciclo hidrológico (Figura 2.6).

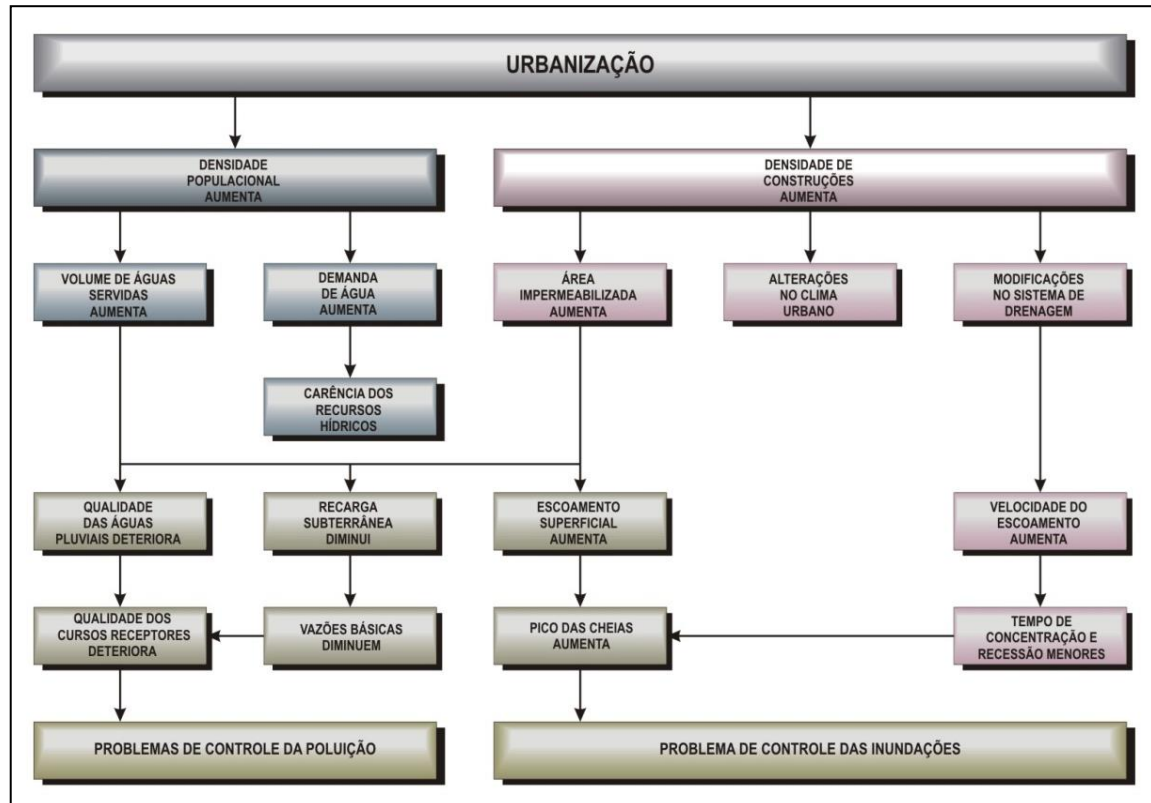


Figura 2.6: Fluxograma de processos decorrentes da urbanização.

Fonte: Porto (1995).

No campo das atividades rotineiras de uma cidade, a interrupção temporária do tráfego é uma das consequências imediatas das inundações e responsável pelo desencadeamento de uma série de deseconomias relacionadas ao sistema de transportes, aos veículos propriamente ditos e aos motoristas, principalmente quando a inundação ocorre em pontos chave do trânsito das cidades. Os prejuízos públicos diretos ao sistema de transporte rodoviário são aqueles referentes à limpeza das vias, reparação dos pavimentos e semáforos.

<sup>1</sup> Favela, invasão, grota, baixada, comunidade, vila, ressaca, mocambo, palafita são diferentes tipos de ocupação irregular existentes no país. O IBGE considera aglomerado subnormal todo conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (casas, barracos, palafitas etc.) carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais (abastecimento de água, disponibilidade de energia elétrica, destino do lixo e esgotamento sanitário ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa (IBGE, 2010).

Para avaliação dos danos aos veículos rodoviários, estes são classificados conforme seu preço e faixas de tamanho (porte do veículo). Também é determinada a profundidade da água, pois o nível de reparo necessário é dependente da altura da água no veículo. Os reparos vão desde a verificação de freios e discos, drenagem de água retida nos sistemas, limpeza de carpetes e troca de tapetes até reparo e troca de componentes elétricos e eletrônicos dos veículos.

Kramer (1998) na análise econômica de projetos de drenagem na cidade de Deadman's Gully, Austrália, estipulou os custos dos danos a veículos atingidos por águas das inundações. Assim, conforme aumenta o nível da água maior é o dano nos veículos, podendo chegar a perdas totais.

Em relação à energia elétrica, não é prática corrente a instalação de subestações de eletricidade nas adjacências dos rios e córregos, em virtude das limitações impostas pela área em relação às características técnicas necessárias à instalação das mesmas.

Uma vez que existe uma pequena susceptibilidade física dos componentes do sistema às inundações, o único dano real representativo deste sistema são os medidores das unidades consumidoras. As unidades transformadoras são protegidas até a sua completa submersão. A partir de então, o óleo dentro dela será contaminado com a água e causará alta tensão, centelhas e danos irreparáveis levando à sua substituição.

Milograna Côrtes (2009) avaliou os danos ao sistema de distribuição de energia elétrica em alguns municípios do estado de Minas Gerais, concluindo que, se a área da superfície inundada for de pelo menos 1,5m de profundidade ou superior necessitarão serem substituídos todos os medidores das unidades consumidoras inseridas dentro da mancha de inundação, se não imediatamente após a ela, em futuro próximo.

Algumas partes do sistema de abastecimento de água potável são vulneráveis à inundação, podendo causar interrupção ao abastecimento. As estações de bombeamento são instaladas, necessariamente, nas partes baixas da bacia hidrográfica para facilitar a captação de água de rios, arroios e lagos. Dessa forma, essas instalações tornam-se os pontos de maior fragilidade do sistema.

A rede de distribuição (condutos) e os dispositivos de armazenamento de água normalmente não são afetados pela inundação. Se houver ruptura do sistema durante eventos de maior magnitude, é difícil localizar a posição do dano, sendo assim, em caso de necessidade de reparos, o tempo e o custo poderão ser altos, além do risco existente de contaminação da água na rede.

Após a inundação de 2000 em Itajubá – MG a população ficou três meses sem poder consumir a água das tubulações, ela só foi liberada para a realização da limpeza das residências e estabelecimentos comerciais. Durante esse período cada consumidor pagou pela média de consumo normal para a companhia. Além disso, o número de manutenções na rede de água duplicou posteriormente a inundação (MILOGRANA CÔRTEZ, 2009).

Assim como as estações de bombeamento do sistema de abastecimento de água, as estações de bombeamento de esgoto, também são instaladas nas partes baixas da bacia hidrográfica. Isso faz com que as bombas e demais componentes elétricos do sistema sejam vulneráveis às inundações. A consequência de uma falha nesse sistema corresponde à perda temporária do tratamento, o que vem reduzir o padrão de lançamento dos resíduos nos corpos d'água e consequências adversas ao meio ambiente.

Se a rede de coleta e transporte de esgoto for do tipo separadora, existe a possibilidade de contaminação das águas pluviais por efluentes de esgoto. Além desses, a rede coletora de águas pluviais pode sofrer rupturas e, quando dimensionada para trabalhar como conduto livre, pode tornar-se pressurizada em função do excesso de água introduzido na rede na ocorrência de inundação.

Por não contarem com uma infraestrutura básica adequada, várias ocupações, lançam irregularmente lixo nos rios, que acabam sendo incorporados no escoamento urbano, atrapalhando o fluxo de água e complicando o quadro das inundações. O lixo domiciliar, especialmente quando não degradável, ao seguir o escoamento, colide e aglutina-se, formando blocos maiores acarretando uma grande redução da eficiência da rede de drenagem, promovendo a elevação das águas para montante, configurando um gradativo remanso e extravasamento para áreas marginais.

Os danos aos componentes das edificações correspondem aos danos à alvenaria (ou outro tipo de material) incluindo elementos de decoração, instalações elétricas, hidráulicas, telefônicas e de gás, portões, cercas e paisagens. Os danos ao conteúdo incluem equipamentos elétricos, eletrônicos e de aquecimento, móveis, roupas, livros e ornamentos.

Lima (2003) salienta que a quantificação dos danos às propriedades (residenciais, comerciais, industriais e públicas) possui grande importância política e social, devido ao enorme custo da sua reposição ou restauração.

Muitos cidadãos afetados frequentemente pelas inundações sofrem com empobrecimento progressivo, pois utilizam suas economias para repor, ainda que parcialmente, os prejuízos causados pelas inundações. Para agravar a situação, muitos

imóveis sofrem uma desvalorização no mercado por estarem situados em locais que sofrem constantemente com esse problema (PORTO, 1995).

Custos extras com atividades emergenciais também devem ser contabilizados nos prejuízos causados pelas inundações. Os serviços emergenciais incluem resgate e evacuação dos atingidos, que mobilizam principalmente o Corpo de Bombeiros e a Defesa Civil, além, de assistência a desabrigados e desalojados e atendimentos hospitalares.

Por último, tem-se o impacto mais drástico das inundações, o risco de morte iminente nas fortes chuvas, devido à alta probabilidade de afogamentos, colisões de veículos e choques elétricos.

A avaliação dos impactos socioeconômicos de inundações também pode ser feita conforme o método de avaliação direta (HUBERT e LEDOUX, 1999). Neste método se busca elaborar uma descrição detalhada e precisa do conjunto de impactos gerados por inundações, tomando por base inventários de danos em zonas sinistradas (avaliação a *posteriori*) ou construção de cenários de danos a partir da definição detalhada de patologias causadas por inundações (avaliação a *priori*). Procura-se estabelecer relações funcionais entre os danos de inundações e variáveis hidráulicas associadas à submersão por inundação, tais como a profundidade, a duração e a velocidade de escoamentos.

A avaliação direta pode compreender tanto danos diretos quanto indiretos, embora os maiores progressos metodológicos tenham se dado no caso dos danos diretos. Os danos de inundação são, usualmente, divididos, em um primeiro nível de classificação, em tangíveis e intangíveis, e, em um segundo nível, em diretos e indiretos (Quadro 2.1).

Classificações como essas, adequadas ao contexto de cada local, podem ser de grande valia em estudos de avaliações de alternativas de controle de inundações tendo por referência análises multicritérios.

Quadro 2.1: Tipologia de danos decorrentes de inundações em área urbanas.

Setor	Danos Tangíveis		Danos Intangíveis	
	Diretos	Indiretos	Diretos	Indiretos
Habitacional	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo.	Custos de limpeza, alojamento, medicamentos.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde.
Comércio e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques.	Custos de limpeza; Lucros cessantes; Desemprego; Perda de base de dados.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação; danos de longo prazo à saúde.
Industrial	Danos físicos à construção, estrutura, e a seu conteúdo. Perdas ou danos a estoques de matéria prima e produtos acabados.	Custos de limpeza; Lucros cessantes; Desemprego; Perda de base de dados.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação; danos de longo prazo à saúde.
Equipamentos públicos e serviços	Danos físicos à construção, estrutura e seu conteúdo.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços; Custo dos serviços de emergência.	Perdas de vidas humanas.	Estados psicológicos de estresse, ansiedade e falta de motivação; danos de longo prazo à saúde; Inconveniente de interrupção de serviços.
Infraestrutura	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços.	Perdas de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.
Patrimônio histórico e cultural	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e de interrupção de serviços.	Perdas de vidas humanas.	Inconvenientes de interrupção de serviços.

Fonte: Adaptado de Hubert e Ledoux, (1999); Dutta *et al.*, (2003) e Penning-Rowse e Chatterton, (1977).

### 2.5.1. Doenças de Veiculação Hídrica

As águas pluviais, após escoarem pela bacia hidrográfica se misturam com a poluição difusa nela existente, tanques sépticos, latrinas e redes coletoras de águas residuárias, formando uma mistura perigosa para a saúde da população, deixando-a exposta a inúmeras doenças.

Segundo Parkinson e Mark (2005), a contaminação direta pela ingestão de patógenos pode ocorrer:

- Pela intrusão das águas pluviais contaminadas no ambiente residencial;
- Pela contaminação do suprimento de água devido à infiltração de águas residuárias em tubulações que operam em condições de baixa pressão devido à operação intermitente de bombas ou decorrentes de falhas de energia devido à inundação;
- Por águas provenientes diretamente de cursos d'água poluídos por descargas de águas pluviais contaminadas que são usadas no preparo de alimentos, limpeza e banhos;



- Pelo corpo e vestimentas de indivíduos que andam pelas águas da inundação e levam os elementos patogênicos para o ambiente doméstico;
- Pela dispersão de ovos de helmintos no solo; e,
- Pelo desenvolvimento de criadouros de mosquitos e caramujos transmissores de doenças.

São relacionadas a eventos chuvosos intensos as gastroenterites decorrentes da ingestão de bactérias e ovos de helmintos contidos nas águas contaminadas, a infecção por parasitas, as doenças transmitidas por mosquitos e as doenças transmitidas por ratos e caramujos (PARKINSON e MARK, 2005).

Souza (2001) fez um levantamento das doenças ligadas à deficiência de sistemas de drenagem, indicando agente etiológico, sua transmissão e métodos de prevenção e controle. Nesse trabalho ele indica 12 doenças que podem ser classificadas em quatro grupos:

- Grupo I: Doenças transmitidas por vetores alados que podem proliferar em empoçamentos e alagadiços como a febre amarela urbana, a dengue, a filariose e a malária;
- Grupo II: Doença cujo agente etiológico utiliza um hospedeiro aquático intermediário, que pode proliferar em alagadiços, como a esquistossomose;
- Grupo III: Doença transmitida pelo contato direto com água ou solo (sem a presença de hospedeiros) cuja contaminação é favorecida por inundações e alagadiços, como a leptospirose;
- Grupo IV: Doenças transmitidas pela ingestão de água contaminada por agentes etiológicos presentes em alagadiços e inundações e que penetram no interior da rede de abastecimento; doenças transmitidas pelo contato direto com solos cuja contaminação por esses agentes é favorecida por inundações e alagadiços como a febre tifoide (água), cólera e outras diarreias (água), hepatite A (água), ascaridíase (água), tricuriase (água) e a ancilostomíase (água e solo).

Uma das principais ocorrências epidemiológicas após as inundações é o aparecimento de surtos de leptospirose, transmitida aos seres humanos pelo contato com água ou lama contaminada pela urina de animais portadores, principalmente roedores domésticos (ratazanas, ratos de telhado e camundongos). Este contato ocorre durante e imediatamente após o evento, quando as pessoas retornam à suas residências e procedem à limpeza e remoção da lama e outros detritos.

Não existe uma vacina eficaz e disponível comercialmente contra a leptospirose, mas por ser uma doença tratável, a ação oportuna das secretarias municipais de saúde pode

evitar muitos óbitos e prevenir em boa parte o surgimento de novos casos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Os surtos de leptospirose costumam ocorrer imediatamente após a inundação (na primeira semana). O período de incubação vai de 1 a 30 dias após o contato com o agente infeccioso, a leptospira, a qual é eliminada através da urina dos ratos urbanos e mantida viável na água e na lama das inundações. Portanto, deve-se estar alerta à possibilidade de ocorrência de casos e surtos de leptospirose nas quatro ou cinco semanas que se seguem ao fim da inundação, com o descenso total das águas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

As doenças diarreicas agudas têm período de incubação curto, variando de algumas horas a até cinco dias. A hepatite A apresenta período de incubação médio de 30 dias, podendo apresentar-se como consequências mais tardias das inundações.

A Hepatite Viral do tipo A (VHA) é um vírus constituído de ácido ribonucléico (RNA) da família *picornaviridae*, transmitido por meio de água ou alimentos contaminados por fezes dos doentes, caracterizando uma transmissão fecal-oral. Caracteriza-se por acometer, em geral, crianças até nove anos. Eventualmente, ocorre em adultos, quando o quadro pode apresentar-se de forma grave (CGVS, 2013).

A doença se apresenta de forma aguda e tende à cura sem deixar sequelas, na maioria dos casos. O grande risco desta doença é a forma fulminante, o que ocorre na proporção de um caso para cada mil casos de VHA (CGVS, 2013).

De acordo com Carneiro (1997) *apud* Souza (2001) há um aumento variando entre 4% e 14%, no número de casos da doença para inundações de durações de 24 a 48 horas e de 48 a 72 horas, respectivamente. Outra constatação do autor foi o aumento do número de casos da doença com a altura alcançada pela água de inundação. Dentre os resultados foi observado um aumento de 3% dos casos se a água chegar à altura dos joelhos, um aumento de 7% se chegar à altura das janelas e mais 6% se a altura da lâmina d'água de inundação estiver acima da altura das janelas.

Dados do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) demonstram que no período de 1995 a 2000, ocorreram a cada ano, cerca de 700.000 internações hospitalares em todo país provocadas por doenças relacionadas com a água e com a falta de saneamento básico (SANTOS, 2005 *apud* TUCCI, 2005).

Braga *et al.* (2008) demonstraram alta prevalência do VHA na região de Duque de Caxias (RJ). O motivo à alta incidência pode ser devido ao fato de que esta área apresentava condições precárias, tanto de desenvolvimento social quanto econômico. Havia pouca infraestrutura em relação à coleta de lixo, ao abastecimento de água, sendo

este deficiente ou ausente, e ao destino inadequado do esgoto sanitário. Dentre as variáveis que elevaram o risco de hepatite A sobressaem as relacionadas à deficiência ou ausência de serviços de água.

Confalonieire e Marinho (2007) relacionaram casos de leptospirose com chuvas ocorridas no município de São Miguel, RN (Figura 2.7). Nota-se que nos anos em que ocorreram desvios positivos de precipitação, em relação à média histórica, estes foram acompanhados de surtos da doença, cujo agente etiológico é veiculado pela água, em áreas inundadas. Existem vários registros de surtos similares no Brasil, usualmente associados a áreas urbanas alagáveis e com saneamento deficiente (especialmente a coleta de lixo).

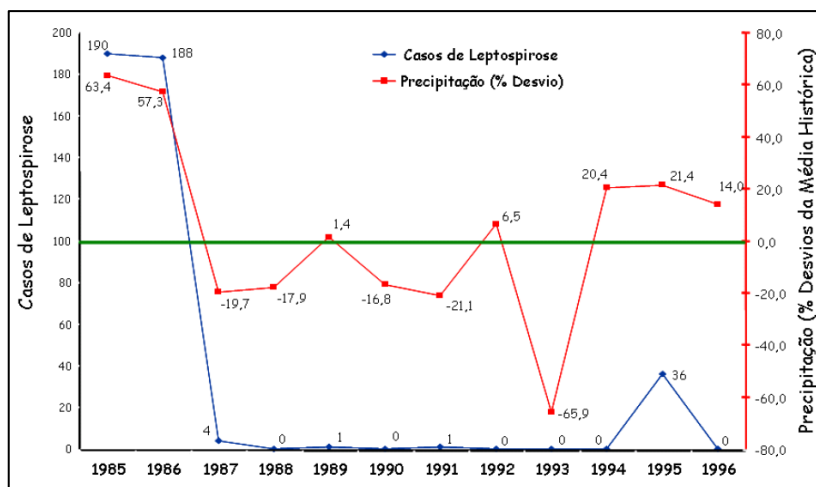


Figura 2.7: Leptospirose e chuva em São Miguel, RN.

À medida que melhoram as condições socioambientais diminui a incidência de casos de hepatite A e leptospirose na comunidade, pois a transmissão está diretamente relacionada às condições de higiene e educação sanitária (PEREIRA e GONÇALVES, 2003).

### 2.5.2. Dano Emocional

Além dos danos à saúde humana, existem os danos à saúde psicológica da população, devido ao “*stress*” causado pelas situações enfrentadas nos momentos das inundações. Para Penning-Roswell e Chatterton (1977) podem ser identificados dois tipos de ansiedade: a ansiedade gerada pela possibilidade de uma inundação acontecer (*threat anxiety*) e a ansiedade durante o evento de inundação (*event anxiety*).

A primeira é recorrente e pode aparecer a qualquer momento em uma situação de risco. Está relacionada à inquietação dos moradores de áreas alagáveis relativa às dúvidas de quando, como e quão intensa será a próxima inundação. Já o segundo tipo de ansiedade é por evento, que pode ser mais intensa que a anterior, mas tem curta duração.

Favero e Diesel (2008) ressaltam a importância de se avaliar a exposição a estressores como às inundações, levando em conta tanto o trauma individual baseado em perdas pessoais, quanto à extensão em que uma comunidade foi destruída e afetada.

As consequências psicológicas encontram-se relacionadas à percepção dos indivíduos ao evento em si, isto é, para que o processo de estresse se inicie, é necessário ocorrer uma percepção cognitiva de que há uma ameaça, sendo esta suficiente para desencadear uma resposta ao estresse mesmo que o evento físico não aconteça. Neste sentido, um evento ambiental pode ou não ser um estressor em todas as circunstâncias, considerando a percepção e vivência de cada um (FAVERO e DIESEL, 2008).

Hansson *et al.* (1982) constataram que os principais fatores em relação a inundações são a situação econômica e experiência anterior com inundações. Indicadores de estresse foram medidos usando o medo, o desespero, a ação, depressão e índice de saúde da família.

Estudos de saúde mental (TOBIN e OLLENBURGER, 1996) indicaram que o estresse está associado às moradias em áreas de risco. Está relacionada com os níveis de renda, status, sexo, relações de parentesco, saúde física, características sócio psicológicas, a estrutura da comunidade e experiência com o perigo. A realocação de moradores após uma inundação contribui para o estresse (RIAD e NORRIS, 1996).

Lekuthai e Vongvisessomjai (2001) propuseram uma maneira de calcular os danos em termos monetários, através de um modelo que relaciona a ansiedade, produtividade com o rendimento (salário) denominado *Anxiety-Productivity and Income Interrelationship Approach* (API), partindo do pressuposto que uma pessoa atingida frequentemente com as cheias tem sua produtividade profissional afetada. Em estudos elaborados em Bangkok, na Tailândia, os custos dos valores intangíveis, calculados pelo modelo API, ficaram em torno de 26% dos valores dos prejuízos tangíveis.

Simonovic e Ahmad (2005) desenvolveram um modelo de simulação computadorizada para capturar o comportamento humano durante a evacuação de emergência de inundações, chamado *System Dynamics* (SD), na Bacia do Rio Vermelho, no Canadá. Ele simula a aceitação de ordens de evacuação dos moradores da área em perigo, o número de famílias no processo de evacuação, e o tempo necessário para que

todas as pessoas evacuadas alcancem segurança. O modelo é conceituado em torno das condições de inundação (físicos e de gestão) e o principal conjunto de fatores sociais e mentais que determinam o comportamento humano, antes e durante a evacuação de inundação. O modelo pode orientar os gestores em situações de emergência através de diferentes cenários obtidos.

Torlai (2010) analisou a vivência do luto de pessoas que passaram por perdas decorrentes de inundações na cidade de Blumenau, SC, em dezembro de 2008. O desastre provocou uma sucessão de perdas, desde as materiais até àquelas relacionadas à perda da identidade psicológica dos indivíduos e da comunidade.

Todos os acontecimentos nas vidas humanas provocam mudanças, no entanto aqueles que se caracterizam como inesperados, no caso de uma inundação, podem alterar o comportamento dos indivíduos, minando seus sentimentos de segurança e gerando desconfiança e medo.

Nesse sentido, a percepção ambiental é única e intransferível em cada ser humano, o que confere a cada indivíduo, um grau de significados, um juízo de valores (TUAN, 1980), que se estabelecem ao interceptar, através dos sentidos perceptivos, um dado fenômeno que esteja ocorrendo no espaço geográfico, tal como as inundações.

Conforme relatam Sartori (2000), Oliveira (1996) e Tuan (1980), após perceber, sentir e interpretar um fenômeno natural, o homem passa a estabelecer regras e relações entre suas percepções e a desenvolver a cognição, passando não mais a só perceber o fenômeno, mas também a conhecê-lo, ou seja, o estado de percepção ambiental passa para o de cognição ambiental (aquisição do conhecimento ambiental / aprendizado).

Por percepção ambiental entende-se como o processo resultante da interação entre os sentidos humanos e os fenômenos ocorridos no meio ambiente capazes de produzir sensações psico-fisiológicas, criando um sistema de valores, atitudes e sensações do homem para com seu meio (TUAN, 1980).

Dessa interação homem e meio, que consiste na mais pura aplicabilidade do conceito de Ciência Geográfica ao se referir na apropriação do espaço sobre o homem e vice-versa. Assim, surgem diferentes formas de perceber, ou seja, cada pessoa percebe e entende o mundo a sua volta de uma forma muito pessoal e subjetiva.

## **2.6. GESTÃO E GERENCIAMENTO**

Conforme Nogueira (2002), o gerenciamento de riscos é um dos instrumentos de gestão urbana que ganha destaque neste momento de intenso debate sobre as alternativas para a crise das cidades. Associado com outras políticas públicas para o ambiente urbano pode ser de grande utilidade para reduzir os níveis atuais de perdas em função de acidentes e de segregação sócio espacial. O autor afirma que o gerenciamento de riscos urbanos requer uma postura transdisciplinar, pois, na atualidade e neste campo específico, nenhum profissional pode restringir-se apenas a sua própria formação acadêmica para desenvolver suas atividades.

A gestão dos riscos urbanos, mais abrangente, é parte da gestão do ambiente urbano e compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano e de inclusão social e mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas (NOGUEIRA, 2002).

Dentro da gestão e gerenciamento devem-se priorizar as medidas de correção e/ou prevenção a inundações, visando à minimização de danos. Essas medidas são classificadas de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais (CANHOLI, 2005).

As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes das inundações. Canholi (2005) caracteriza essas medidas como intensivas e extensivas.

As medidas intensivas, de acordo com seu objetivo, podem ser de quatro tipos: de aceleração do escoamento: canalização e obras correlatas; de retardamento do fluxo: reservatórios (bacias de detenção/retenção), restauração de calhas naturais; de desvio do escoamento: túneis de derivação e canais de desvio; e que englobem a introdução de ações individuais visando tornar as edificações à prova de inundações.

Por sua vez, as medidas extensivas correspondem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, à recomposição da cobertura vegetal e ao controle de erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem.

Em contraposição às medidas estruturais, que podem criar uma sensação de falsa segurança e até induzir à ampliação da ocupação nas áreas inundáveis (TUCCI, 2005), as ações não estruturais podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação.

As medidas não estruturais mais adotadas podem ser agrupadas em: ações de regulamentação da cobertura e uso do solo; educação ambiental voltada ao controle da

poluição difusa, erosão e lixo; seguro- inundações; e sistemas de alerta e previsão de inundações (CANHOLI, 2005).

O zoneamento de áreas inundáveis ou regulamentação do uso do solo pode ser feito através de adoção de políticas de desenvolvimento, elaboração e implantação de Plano Diretor Urbano ou Código de Construção. O objetivo é evitar maiores prejuízos à população através do mapeamento de áreas de inundações, associando faixas de uso a diferentes riscos de ocorrência de cheias. Assim, para áreas de maior risco não deve ser permitido habitações, apenas áreas de recreação, e para regiões de médio risco, a permissão para construções deve ser liberada caso se adote precauções especiais.

A *Water Resources Council - WRC* (1971) considerou três faixas de risco de inundações: zona de passagem de inundações (faixa 1), zona com restrições (faixa 2) e zona de baixo risco (faixa 3). Suas características são descritas no Quadro 2.2.

Quadro 2.2: Faixas de risco de inundações.

Faixas de Inundações	Características
Zona de passagem de cheias (Faixa 01)	Tem alto risco de inundações. Trata-se de uma região que deve ficar liberada para funcionar hidraulicamente e, portanto, deve ficar desobstruída. Em áreas já ocupadas não deve ser permitida nenhuma nova construção nessa faixa e as edificações já existentes devem ser realocadas.
Zona com restrições (Faixa 02)	Esta faixa sofre inundações com tempo de recorrência, da ordem de 5 a 25 anos. Os usos do solo para esta faixa devem ser: áreas de lazer, habitações com mais de um piso, áreas de indústrias e comércio, como estacionamento, armazenamento de equipamentos e maquinários de fácil remoção e serviços básicos, como linhas de transmissão, ruas e pontes desde que corretamente projetadas.
Zona de baixo risco (Faixa 03)	São atingidas apenas por cheias excepcionais, com período de retorno de 50 a 100 anos. Existe uma pequena possibilidade de esta faixa sofrer com os danos causados pelas inundações, portanto não necessita de regulamentação quanto às cheias. Pode ser ocupada por residências ou estabelecimentos em geral.

O mapeamento das áreas inundáveis pode ser usado em campanhas de divulgação junto aos moradores das áreas de risco, pois permite à população a visualização dos problemas através de uma ferramenta de fácil compreensão.

Esses mapas, definidos por Tucci (2005) como mapas de planejamento, ilustram áreas atingidas pelas inundações de acordo com o tempo de retorno desejado. A elaboração de manchas para cenários distintos permite associar medidas de combate e auxilia o tomador de decisão na identificação de ações mais adequadas para mitigar os prejuízos do local em questão.

O mapeamento das áreas de inundações é realizado em diversas partes do mundo. Nestes estudos, em virtude da elevada nebulosidade associada aos eventos de precipitação,

é comum o uso de imagens de radar para delinear a área inundada. Sippel *et al.* (1998) delineararam a área inundada da Bacia do Amazonas utilizando dados dos sensores *Scanning Multichannel Microwave Radiometer Sensor* (SMMS) a bordo do satélite Nimbus 7. Observaram que a área inundada nesta região alcança seu máximo durante o período que vai de maio a agosto.

Brivio *et al.* (2002) mapearam as áreas inundáveis da Bacia do Rio Tanara, na Itália, utilizando duas imagens de radar do *European Remote Sensing Satellite* (ERS 1), uma imagem antes da inundação e outra, três dias após a ocorrência. A área inundada estimada pela imagem foi de 20% da área observada, devido à imagem ter sido adquirida nos três dias seguidos ao pico da inundação. Com a implementação dos sistemas de informações geográficas, o avanço espacial da água foi ponderado, além do mapeamento com a imagem de radar (*Synthetic Aperture Radar*), em função da distância e da elevação do terreno. Os resultados demonstraram que, com a utilização do SIG, a estimativa das áreas inundáveis alcançou 96,7% de acurácia em relação ao observado. Os autores sugeriram que para melhorar o resultado do mapeamento das áreas inundáveis com as imagens *Synthetic Aperture Radar* (SAR), estas devem ser adquiridas no dia do pico da inundação.

Para áreas urbanas, Schult e Pinheiro (2003), em seus estudos, elaboraram cartas de inundações para o município de Blumenau - SC utilizando um mapa planialtimétrico na escala de 1:2.000, com curvas de nível de 1 em 1 metro e um mapa cadastral na escala 1:10.000. O método adotado em Blumenau consistiu em levantar as cotas de inundação das marcas observadas de uma inundação ocorrida em agosto de 1984 em 879 pontos da cidade. Os pontos escolhidos corresponderam aos cruzamentos de ruas, de maneira a cobrir toda a área sujeita à inundação.

Grunthal *et al.* (2006) propôs uma metodologia para uma avaliação multi risco para a cidade de Colônia, na Alemanha, considerando entre eles, as inundações. Foram feitas as seguintes análises: avaliação dos perigos, avaliação de vulnerabilidade e estimativa de perdas. Concluindo-se que as perdas ocorrem com frequência, e são causadas por inundações com períodos de retorno muito baixos (10 anos).

Eckhardt (2008) desenvolveu um modelo cartográfico para a previsão e ao mapeamento da área urbana inundável da cidade de Lajeado - RS. Concluiu que a utilização conjunta de geotecnologias e técnicas de representação e análise espacial disponíveis nos SIGs mostrou-se altamente promissora na previsão e fidedigna na simulação, mapeamento e caracterização das áreas sujeitas às inundações nesta cidade.



Oliveira (2010) gerou modelos para previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis da bacia hidrográfica do rio Caí – RS, sugerindo a implantação de um sistema integrado de previsão e alerta de inundações nas cidades de São Sebastião do Caí e Montenegro. O sistema de alerta facilita ações preventivas de retiradas de pessoas e de bens das áreas sujeitas a inundações, bem como a adoção de desvios de tráfego.

Dentro de um planejamento consistente das ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem, deve estar prevista uma combinação adequada de recursos humanos e materiais, e um balanceamento harmonioso entre medidas estruturais e não estruturais. Sem dúvida que em certos casos nos quais as soluções estruturais são inviáveis técnica ou economicamente, ou mesmo intempestivas, as medidas não estruturais, como, por exemplo, os sistemas de alerta, podem reduzir os danos esperados a curto prazo, dispondo-se de investimentos de pequena monta (CANHOLI, 2005).

Assim como os trabalhos citados acima, o presente estudo busca levar à cidade de Uruguaiana a delimitação das áreas sujeitas a inundações. A partir dele será possível estabelecer uma proposta de zoneamento com a respectiva regulamentação para construção, ou ainda para eventuais obras de proteção.

### 3. O RIO URUGUAI E URUGUAIANA

#### 3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI

O município de Uruguaiana está inserido na bacia hidrográfica do rio Uruguai, tornando seu estudo fundamental para entender o processo de inundações graduais ocorridas nesse município.

A bacia hidrográfica do rio Uruguai considerada nesse estudo (Figura 3.1) ocupa uma área aproximada de 191.823 km<sup>2</sup>. A área pertencente à bacia dentro do território brasileiro chega a 164.991 km<sup>2</sup>, sendo que 70% estão no Rio Grande do Sul e 30% em Santa Catarina. O rio Uruguai é o segundo sistema fluvial da bacia do rio da Prata em importância

O rio Uruguai tem suas nascentes na Serra Geral, no estado de Santa Catarina, na latitude 28° Sul e longitude 49° Oeste, em altitudes entre 1.500 e 1.700 m, estando a pouco menos de 100 km do litoral catarinense (ANEEL, 2007).

Desde a confluência dos rios Pelotas e Canoas, a montante, até sua confluência com rio Paraná assume a direção leste-oeste, dividindo os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Após a sua confluência com o rio Peperi-Guaçu, escoar na direção sudoeste, servindo de fronteira política entre o Brasil e a Argentina. Após receber a afluência do rio Quaraí, que limita o Brasil e o Uruguai, na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, toma a direção sul, onde tem o papel de limite internacional entre a Argentina e o Uruguai, até sua foz (TUCCI, 1993).

De acordo com Justus (1990, *apud* BASSO, 2004), esse rio, como seus afluentes, caracteriza-se por estar muito encaixado a montante e formar meandros a jusante. A partir do município de Porto Lucena, o rio Uruguai amplia seu vale, praticamente sem encaixamento, com feições que denotam significativa acumulação fluvial que aumenta em área em direção sul.

A bacia hidrográfica do rio Uruguai possui vários compartimentos geomorfológicos em função do seu tamanho (Quadro 3.1). Esses compartimentos são individualizados conforme as inter-relações entre o substrato rochoso, relevo e solos (IBAMA/MMA, 2006).

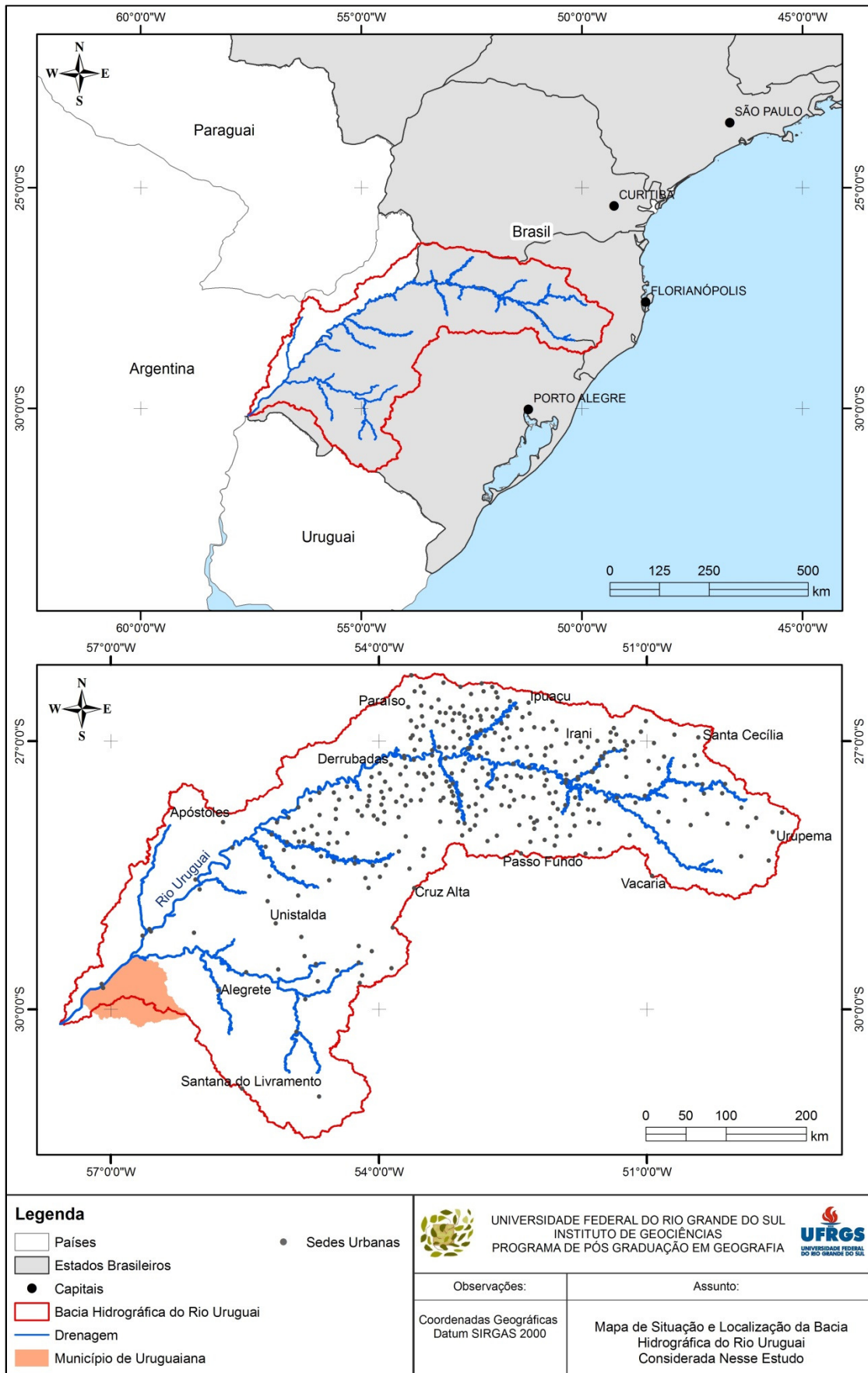


Figura 3.1: Mapa de situação e localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Uruguai considerada neste estudo.

Em relação às precipitações ocorridas na região Sul do Brasil, estas podem ser descritas como bem distribuídas, possuindo altos totais anuais, que variam entre 1250 mm e 2100 mm (NIMER, 1989). As flutuações na bacia hidrográfica do rio Uruguai são de pequena magnitude, podendo-se notar uma tendência a índices de precipitação anuais crescentes no sentido Sul – Norte.

Quadro 3.1: Compartimentos geomorfológicos.

<b>Compartimento</b>	<b>Caracterização</b>
Planalto Central	-Planalto de Lages/SC.
Planalto das Araucárias	-Estende-se até a Argentina (dissecação dos rios Iguazu e Uruguai). -Altitudes elevadas chegando a 1800m com diferentes graus de dissecação.
Planalto das Missões	-Estende-se até a Argentina. -Porção central da bacia. -Formas de relevo homogêneas, altitudes variáveis de 500 a 200m.
Planalto da Campanha	-Estende-se até a Argentina. -Área relativamente plana e coberta por vegetação campestre. -Altitudes baixas entre 100 e 200m.
Depressão Central Gaúcha	-Depressão do rio Ibicuí.
Planalto Sul Riograndense	-Planalto residual e rebaixado nas proximidades do rio Santa Maria.
Planície Continental	-Estende-se até a Argentina. -Planície alúvio – coluvionar.

Fonte: Adaptado de IBAMA/MMA, 2006.

A bacia está inserida em dois biomas brasileiros: o bioma Mata Atlântica e o bioma Pampa, estendendo-se a partir das nascentes do rio Pelotas, passando pelos campos planálticos (campos de altitude), pela floresta com Araucárias (Floresta Ombrófila Mista), floresta estacional decidual e o pampa (campos da campanha riograndense). Hoje, a região encontra-se intensamente alterada e apenas áreas restritas ainda conservam a vegetação original (IBAMA/MMA, 2006).

### 3.2. O MUNICÍPIO DE URUGUAIANA

A lei provincial nº 58 de 29 de maio de 1846, elevou à categoria de vila a povoação de Santana do Uruguai (Figura 3.2), a qual passou a chamar-se Uruguaiana, cabendo ao presidente da província marcar provisoriamente os limites do município, sendo assim desmembrado seu território do município de Alegrete.

A ocupação deu-se em função de estratégias militares, onde as ruas obedeciam às orientações norte-sul e leste-oeste. Os eixos centrais da cidade também seguiam esta orientação e se cruzavam na praça central. Pode-se dizer que os engenheiros militares, que traçaram a maioria das cidades rio-grandenses, anteriores e posteriores a Uruguaiana, consideraram o traçado ortogonal como “modelo urbano”, para essas localidades.

Os habitantes viviam principalmente do comércio com o país vizinho, a Argentina, sendo esse realizado na maioria das vezes por meio de contrabando. Além disso, os proprietários rurais também alavancavam a economia da região por meio da pecuária. Em 1874, a vila foi elevada à categoria de cidade.

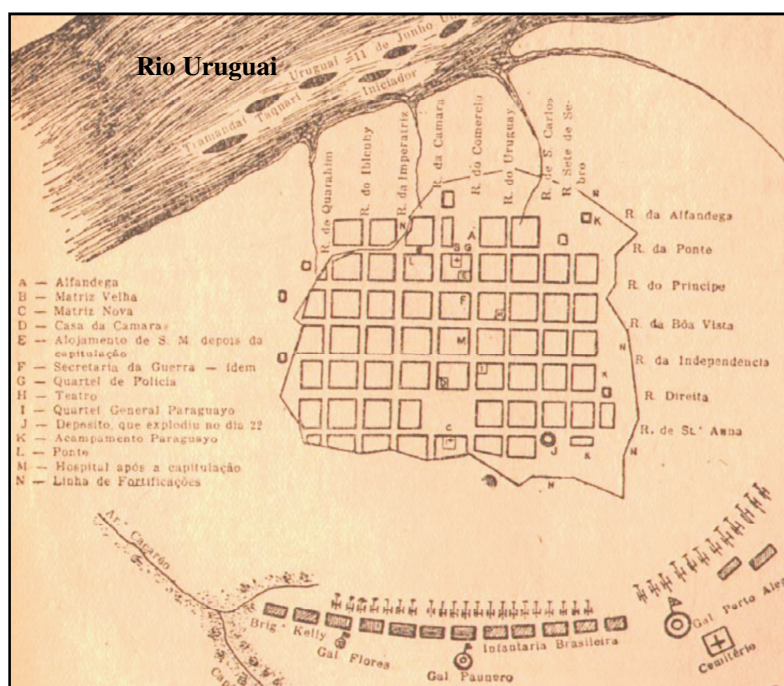


Figura 3.2: Planta da “Villa de Uruguayana”, 1865.

Fonte: Arquivo Municipal.

Entre 1910 e 1960, Uruguaiana teve um considerável crescimento econômico, e, em consequência um desenvolvimento urbano significativo, que marcaram a evolução da cidade (URUGUAIANA, 2013). Esse fato pode estar atrelado à construção da ponte internacional (Figura 3.3). Com isso, nesse período passou também a existir uma demanda de empregos maior, e consequentemente, uma maior movimentação econômica.

A Ponte Internacional Uruguaiana-Paso de los Libres, denominada oficialmente de Ponte Internacional Getúlio Vargas-Agustín Pedro Justo, é uma ponte rodoviária e ferroviária sobre o rio Uruguai, que liga o Brasil e a Argentina. A partir de 12 de outubro de 1945 foi aberta ao tráfego, embora a sua abertura oficial foi realizada em 21 de maio de 1947, com a presença do presidente Juan Domingo Perón e Gaspar Dutra do Brasil.

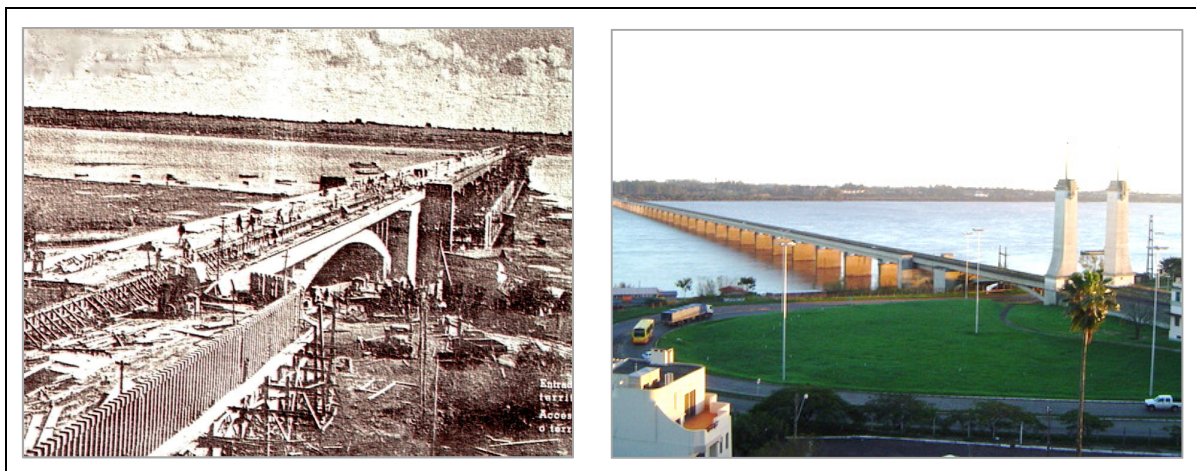


Figura 3.3: Ponte internacional.

A partir de 1960 a malha urbana começa a ter uma nova configuração, cria-se um anel rodoferroviário em torno da cidade (hoje BR 472 e BR 290) e a expansão urbana começa a se desenvolver ao longo dessas BRs, principalmente em direção leste. Assim, aos poucos a cidade foi se afastando do rio e no final daquela década já contava com mais de 60 mil habitantes.

O crescimento da área urbana em direção leste resultou também das frequentes inundações que aconteciam e acontecem até hoje no município na parte oeste (Figura 3.4). A falta de investimentos em aterros ou outros mecanismos para evitar as inundações contribuiu para que a população mais empobrecida fosse se estabelecendo ao longo da margem do rio Uruguai a partir de construções irregulares em área considerada desvalorizada em função da situação de risco.

A área urbanizada de Uruguaiana (Figura 3.5), correspondente a menos de 1% (aproximadamente 13 km<sup>2</sup>) do território do município (5.715,8 km<sup>2</sup>) e está diretamente relacionada à proximidade com a fronteira com a Argentina e à presença das infraestruturas de transporte regional e internacional (ferrovia e rodovia). Destas, a rodovia é a que possibilita maiores alterações na paisagem, devido, principalmente, à indução de ocupação antrópica, mesmo que notadamente pouco dispersa.



Figura 3.4: Ilustrações das inundações graduais ocorridas em Uruguaiana.

Em 150 anos de existência, o município de Uruguaiana figura como o quarto maior do Estado, em área, contando com o maior porto-seco da América Latina (URUGUAIANA, 2013). O trabalho aduaneiro faz com que o comércio sobre rodas no MERCOSUL, passe preferencialmente por Uruguaiana, prova disso é que 40% da movimentação comercial entre Brasil e Argentina são feitas por esta fronteira.

Em 2012 o município de Uruguaiana apresentava uma população estimada de 125.435 habitantes e densidade demográfica de 22 hab/km<sup>2</sup>. Seu grau de urbanização é elevadíssimo, 94,7% da população residem em área urbana, e apenas 5,3% moram na área rural (Quadro 3.2).

Quadro 3.2: População total, por gênero e rural/urbana.

População	Ano 1991	Ano 2000	Ano 2010
População total	113.174	126.936	125.435
População residente masculina	55.987	62.755	61.009
População residente feminina	57.187	64.181	64.426
População urbana	104.405	118.538	117.415
População rural	8.769	8.398	8.020

Fonte: IBGE (Censo 1991, 2000, 2010).

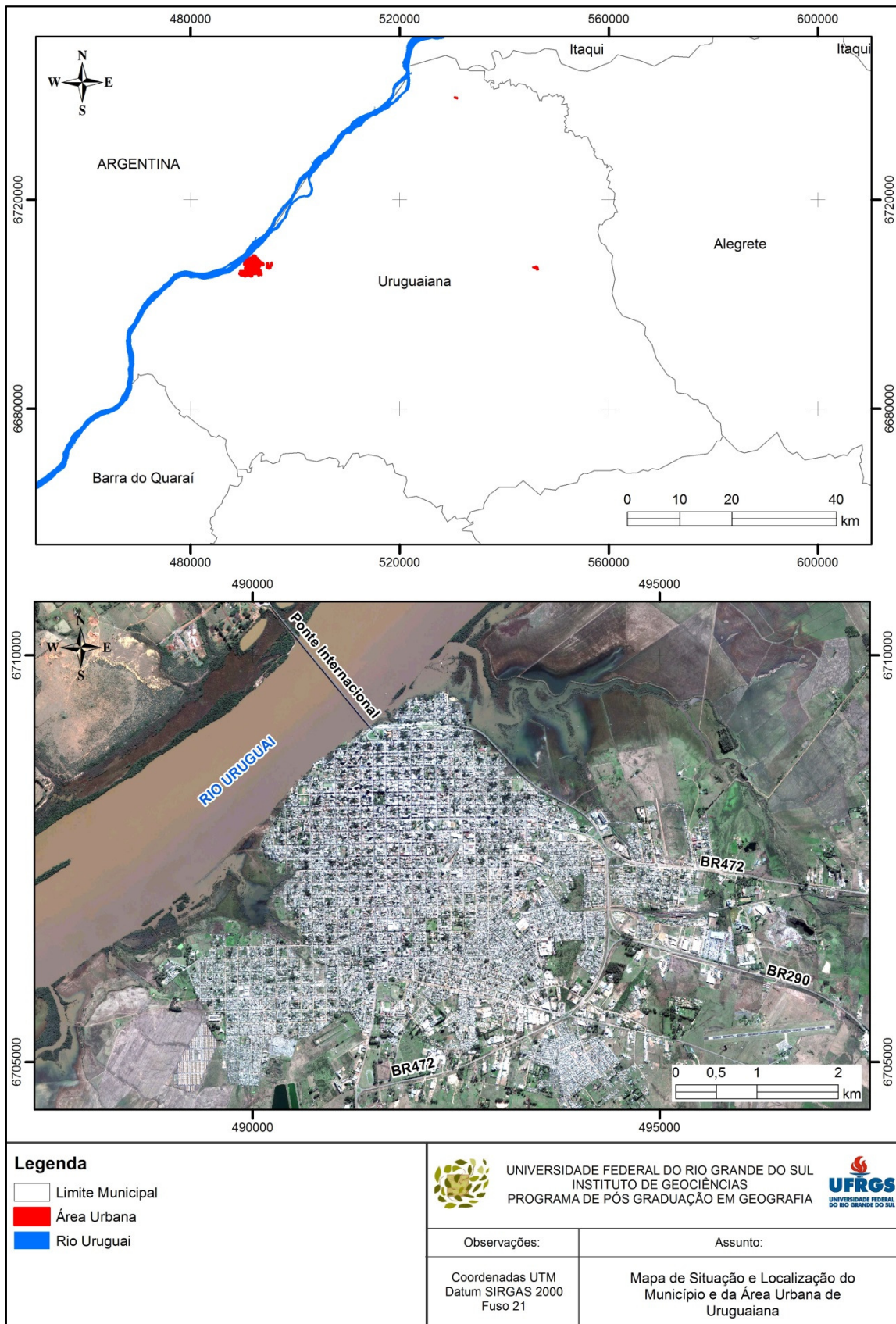


Figura 3.5: Mapa de situação e localização geográfica do município e da área urbana de Uruguiana.



O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Uruguaiiana foi de 0,744, em 2010. O município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,7 e 0,799). Entre 2000 e 2010, a dimensão que mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,138), seguida por Longevidade e por Renda. Entre 1991 e 2000, a dimensão que mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,166), seguida por Longevidade e por Renda (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, 2013).

O IDHM passou de 0,663 em 2000 para 0,744 em 2010 - uma taxa de crescimento de 12,22%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é “um”, foi reduzido em 24,04% entre 2000 e 2010.

Uruguaiiana teve um incremento no seu IDHM de 35,27% nas últimas duas décadas, abaixo da média de crescimento nacional (47%) e abaixo da média de crescimento estadual (37%). O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é um, foi reduzido em 43,11% entre 1991 e 2010 (PNUD, 2013).

A renda per capita média de Uruguaiiana cresceu 53,29% nas últimas duas décadas, passando de R\$465,95 em 1991 para R\$579,65 em 2000 e R\$714,26 em 2010. A taxa média anual de crescimento foi de 24,40% no primeiro período e 23,22% no segundo. A extrema pobreza (medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 70,00, em reais de agosto de 2010) passou de 7,68% em 1991 para 6,62% em 2000 e para 3,49% em 2010 (Quadro 3.3).

Quadro 3.3: Renda, pobreza e desigualdade.

	Ano 1991	Ano 2000	Ano 2010
Renda per capita	465,95	579,65	714,26
% de extremamente pobres	7,68	6,62	3,49
% de pobres	27,51	22,03	12,23
Índice de Gini <sup>1</sup>	0,58	0,59	0,57

Fonte: PNUD, IPEA, FJP (2013); IBGE (1991, 2000, 2010).

<sup>1</sup> Índice de Gini: É um instrumento usado para medir o grau de concentração de renda. Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de 0 a 1, sendo que 0 representa a situação de total igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda, e o valor 1 significa completa desigualdade de renda, ou seja, se uma só pessoa detém toda a renda do lugar (PNUD, 2013).

Entre 2000 e 2010, a taxa de atividade da população de 18 anos ou mais (ou seja, o percentual dessa população que era economicamente ativa) passou de 67,36% em 2000 para 66,41% em 2010. Ao mesmo tempo, sua taxa de desocupação (ou seja, o percentual da população economicamente ativa que estava desocupada) passou de 14,82% em 2000 para 7,73% em 2010 (Quadro 3.4).

Quadro 3.4: Ocupação da população de 18 anos ou mais.

	2000	2010
Taxa de atividade - 18 anos ou mais	67,36	66,41
Taxa de desocupação - 18 anos ou mais	14,82	7,73
Grau de formalização dos ocupados - 18 anos ou mais	57,86	61,45
<b>Nível educacional dos ocupados</b>		
% dos ocupados com fundamental completo - 18 anos ou mais	53,63	66,82
% dos ocupados com médio completo - 18 anos ou mais	30,81	45,21
<b>Rendimento médio</b>		
% dos ocupados com rendimento de até 1 s.m. - 18 anos ou mais	42,66	18,88
% dos ocupados com rendimento de até 2 s.m. - 18 anos ou mais	71,79	71,59

Fonte: PNUD, IPEA, FJP (2013); IBGE (1991, 2000, 2010).

Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais, 10,72% trabalhavam no setor agropecuário, 0,13% na indústria extrativa, 4,70% na indústria de transformação, 6,66% no setor de construção, 1,05% nos setores de utilidade pública, 16,86% no comércio e 51,68% no setor de serviços (PNUD, 2013).

Em relação às atividades econômicas do município, a agropecuária se destaca. Nos campos de coxilhas há predomínio da criação de gado (Figura 3.6). O município apresenta formação vegetal do tipo estepe, caracterizada por uma flora xerofítica com predominância de vegetação campestre (Figura 3.7). Os cursos de água são sombreados por uma vegetação arbórea marginal e apresentam esparsos capões. As características de solo e clima influenciam na vegetação natural, sendo considerados uns dos melhores campos finos do Estado pela diversidade específica e pelo alto valor forrageiro (COELHO e BÊRNI, 2004).

Segundo Souza (2003), o Pampa está profundamente identificado com a ovinocultura, região onde a ovelha está a mais de 150 anos. Atendendo a crescente demanda de carne de qualidade, gerando subprodutos de importância econômica relevante: a lã e a pele ovinas.

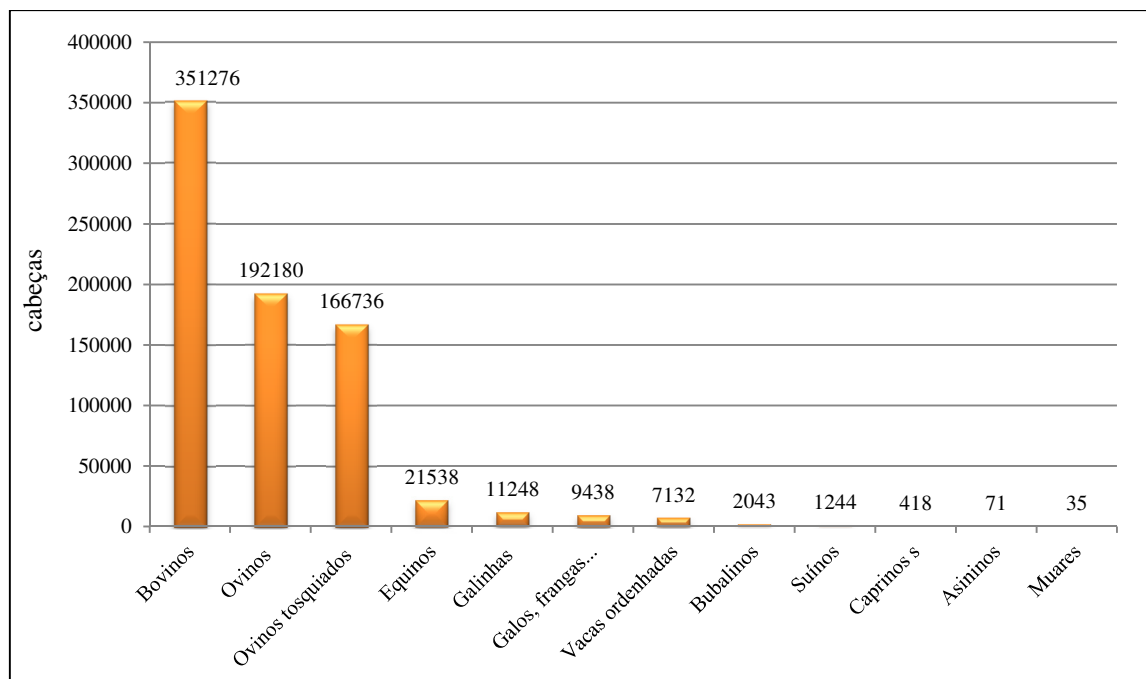


Figura 3.6: Pecuária 2012.  
Fonte: IBGE, Resultados do Censo 2010.

Entretanto, grande parte das propriedades de ovinos apresentam animais de baixo padrão zootécnico e baixíssimo nível tecnológico, subestimando o campo natural como fonte de nutrientes, favorecendo a ocorrência de infecções parasitárias, ou como atividade secundária à exploração de outras atividades.



Figura 3.7: Vegetação campestre com pecuária.  
Fonte: Trabalho de campo Ago/2014.

Em relação à produção agrícola, Uruguaiana se destaca com uma área colhida de mais de 71.000 hectares de arroz (Quadro 3.5), seguido pelo de soja, no entanto, somente o arroz tem representatividade na produção estadual, sendo um dos maiores produtores em área colhida no Estado.

Quadro 3.5: Produção Agrícola Municipal - Lavoura Temporária 2012.

Produto	Quantidade produzida (toneladas)	Área colhida (hectares)
Arroz (em casca)	594.355	70.900
Batata - doce	648	60
Cebola	50	5
Mandioca	276	23
Melancia	624	52
Melão	365	36
Soja (em grão)	1.350	750
Tomate	100	2

Fonte: IBGE, Resultados do Censo 2010.

A lavoura de arroz (Figura 3.8) é altamente industrializada, atingindo índices de produção comparado a de países de primeiro mundo. A modernidade advinda do campo permite disponibilizar abundância de matéria-prima para a agroindústria.



Figura 3.8: Produção de arroz.

Fonte: Iconografia da fronteira, Uruguaiana.

Uruguaiana é precursora da atividade vinícola no RS, já em 1871, tomavam-se bons vinhos elaborados com uvas viníferas colhidas em terras férteis. José e Domingos Tellechea introduziram do Uruguai a uva “*TANNAT*” produtora de vinhos finos tornando-se a principal variedade cultivada. Em 2001 é fundada a Associação de Fruticultura de Uruguaiana, importando mudas de Cabernet Sauvignon, Riesling Itália e Cabernet Franc para 60 hectares.

O município possui uma grande produção de uva, somente em 2012 colheu 270 toneladas (Quadro 3.6). A produção é voltada para a comercialização de uvas e vinhos finos que atendem basicamente o mercado local e regional.

Quadro 3.6: Produção Agrícola Municipal - Lavoura Permanente 2012.

Produto	Quantidade produzida (toneladas)	Área colhida (hectares)
Uva	270	60
Laranja	126	18

Fonte: IBGE, Resultados do Censo 2010.

Por fim, é importante destacar que a Campanha está no mesmo paralelo de grandes produtores mundiais de vinho como Mendoza, Santiago, Cidade do Cabo e Austrália. O que, climaticamente, permite a produção de uvas finas com tipificação própria. O clima mais seco no verão, com dias longos e com alta insolação, aliado às condições ambientais preservadas, são vantagens comparativas e competitivas da região (MARTINS, *et al.*, 2007).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. CONCEPÇÃO METODOLÓGICA

Para ter-se fidedignidade dos dados, envolvendo princípios e normas que possam orientar e possibilitar condições ao pesquisador na realização de seus trabalhos é importante escolher um conjunto de métodos com critérios de caráter científico. Assim, o resultado será confiável e terá maior possibilidade de ser generalizado para outros casos.

Segundo Lakatos e Marconi (2003) o método é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros –, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Para o estudo ambiental a partir da perspectiva multicritério, que leva em consideração tanto os elementos de ordem natural quanto os sociais, predominam várias visões e a sua combinação, quando se complementam. Nessa perspectiva, foram utilizados nessa pesquisa diferentes métodos como: o neopositivismo ou método dedutivo; o método dialético; e, o fenomenológico (Figura 4.1).

Em relação ao método dedutivo, Oliveira (2000) salienta que nesse método utiliza-se a quantificação e a estatística para análise dos dados. Assim, essa pesquisa teve caráter quantitativo às análises de: modelagem matemática; quantificação da vulnerabilidade e do risco; sistemas de informação geográfica (SIGs); cartografia; e, sensoriamento remoto.

A dialética marxista propõe que as coisas não existem isoladas, separadas umas das outras e independentes, mas como uma totalidade. Diante disso, todos os aspectos da realidade material da natureza e da sociedade prendem-se por laços necessários e recíprocos que estão em movimento contínuo de negação entre as partes que o compõem (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Portanto, reconhecer que toda realidade é movimento e que todo movimento é realidade, e que o movimento sendo universal assume as formas quantitativa e qualitativa interligadas entre si e que se transformam uma na outra é um princípio da dialética marxista (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Nessa linha de pesquisa foram inter-relacionados os processos de dinâmica fluvial do rio Uruguai, a geomorfológica da planície de inundação do município de Uruguiana e

a dinâmica populacional da área urbana de Uruguaiana que se encontra em situação de risco a inundações.

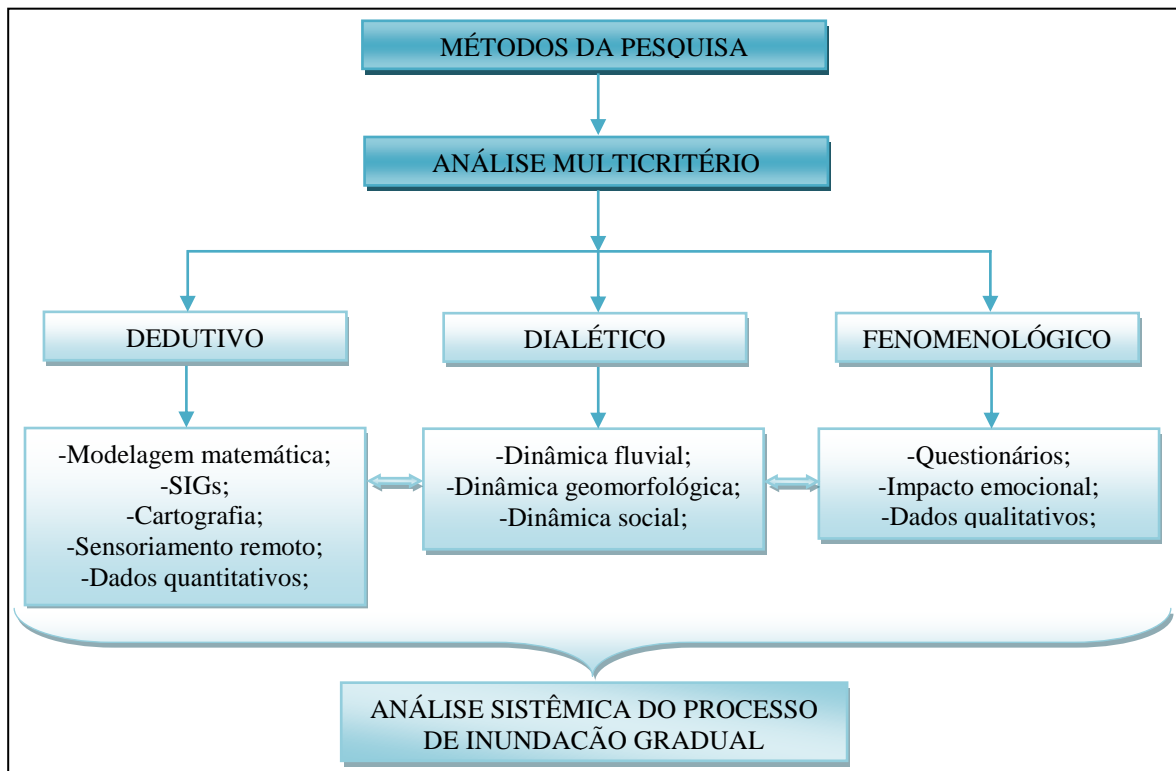


Figura 4.1: Métodos da pesquisa.

O último método a ser abordado é o fenomenológico que para Masini (1989), esse método centra-se no ser humano, especificamente na análise do significado e relevância da experiência humana. O ponto de partida da investigação fenomenológica é a compreensão do viver do próprio homem.

Para compreender esse fenômeno é necessário recorrer ao discurso, à descrição mais ampla do sujeito com o intuito de conseguir uma maior aproximação com a densidade semântica do fenômeno. Assim, foram aplicados alguns questionários para entender a influência emocional das inundações graduais na população urbana de Uruguaiana, bem como os prejuízos materiais.

## 4.2. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

A técnica da pesquisa aborda os procedimentos práticos que devem ser adotados para realizar o trabalho científico (MIRANDA NETO, 2005). Ela serve para registrar, qualificar e quantificar os dados observados, ordená-los e classificá-los (OLIVEIRA,

2002). Assim, as etapas técnicas dessa pesquisa foram descritas conforme os objetivos específicos, utilizando como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Uruguai e a área urbana do município de Uruguaiana.

#### 4.2.1. Previsão de Vazão

O modelo distribuído MGB-IPH utilizará uma grande quantidade de dados, que foram obtidos de fontes como imagens de satélites, mapas de tipos de solos e modelos numéricos do terreno. Além desses, o modelo hidrológico utiliza como dados de entrada as séries históricas de variáveis hidroclimáticas como precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica (Quadro 4.1). A rotina do modelo MGB-IPH foi obtida em Collischonn (2001) ou através dos manuais disponíveis em <<http://www.ufrgs.br/hge/mgb-iph/>>.

Quadro 4.1: Informações do banco de dados SIG aplicados ao modelo MGB-IPH.

<b>Dado/layer</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fonte</b>
Modelo Digital de Elevação	Raster / SRTM	- <i>Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)</i>
Hidrografia	Vetorial (linhas)	- <i>Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)</i>
Postos pluviométricos	Vetorial (pontos)	-Agência Nacional de Águas (ANA) - do sistema Hidroweb
Postos fluviométricos	Vetorial (pontos)	-Agência Nacional de Águas (ANA) - do sistema Hidroweb
Postos climatológicos	Vetorial (pontos)	-Agência Nacional de Águas (ANA) - do sistema Hidroweb
Classes de Vegetação	Raster	-Imagens de satélite, Landsat 5 e 7 – 1990, pois a série analisada é de 1980 a 2015.
Tipos de solos	Raster	-Mapa de solos do Brasil – Embrapa/2011 -Soil Map of the World/2003

A figura 4.2 apresenta o fluxograma de aplicação do modelo MGB-IPH. Nesta figura, os retângulos indicam dados de entrada ou produtos, e os círculos representam operações, rotinas ou combinações de dados. O quadro 4.2 apresenta a descrição resumida das operações, conforme os números na figura 4.2, bem como o programa computacional utilizado. Ao longo desse trabalho foi utilizado o programa ArcGIS para o tratamento e classificação de imagens e para operações simples com planos de informação.



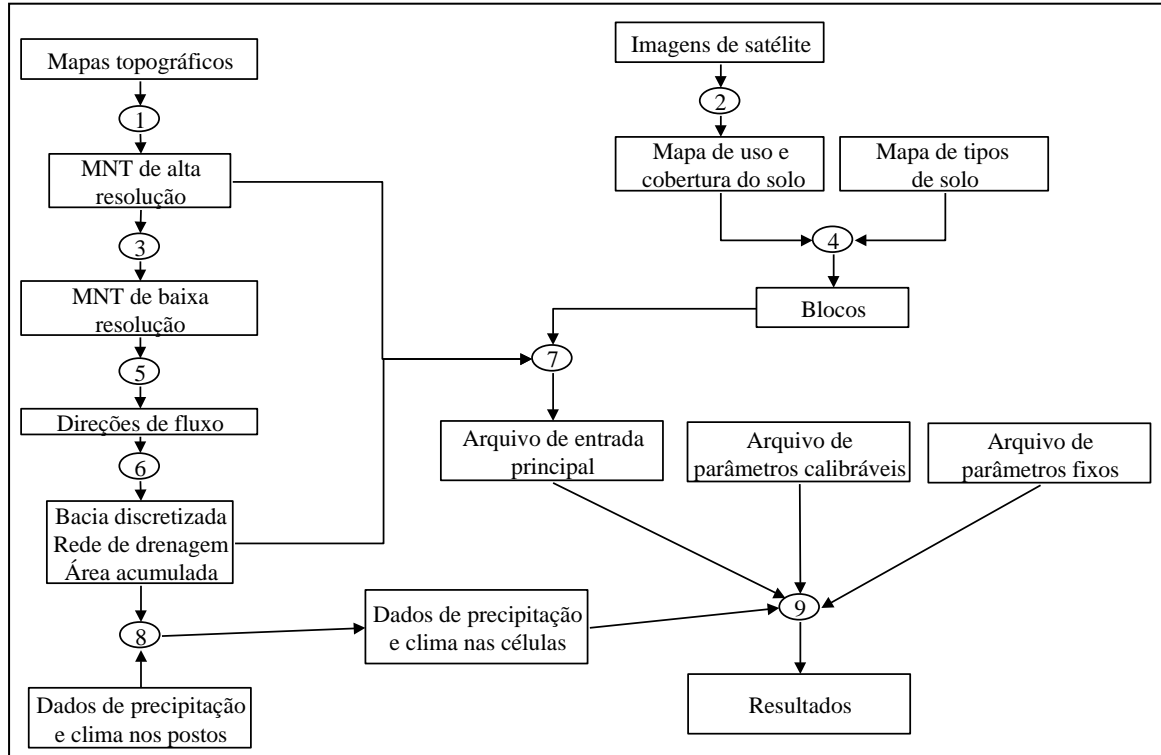


Figura 4.2: Fluxograma da aplicação do modelo MGB-IPH.  
Fonte: Collischonn (2001).

Quadro 4.2: Descrição das operações da figura 4.2.

Número	Descrição	Programa computacional
1	Digitalização e interpolação da topografia.	SIG comercial
2	Classificação de uso do solo e cobertura vegetal	SIG comercial
3	Agregação de informação (redução da resolução espacial).	SIG comercial
4	Combinação de classes de uso do solo e cobertura vegetal com os tipos de solo.	SIG comercial
5	Remoção das depressões de um MNT e determinação das direções de fluxo.	Programa próprio
6	Determinação da topologia (interligação entre as células), hierarquia, área de drenagem e rede de drenagem.	Programa próprio
7	Combinação de informações espaciais e geração do arquivo de entrada principal.	Programa próprio
8	Interpolação de dados pluviométricos diários dos postos para as células.	Programa próprio
9	Execução do modelo hidrológico	Programa próprio

Dos dados de entrada acima, apenas a declividade e o comprimento do trecho de rio interno a cada célula não são obtidos de forma automática pelo software ArcGIS. Quanto às declividades de cada trecho de rio, elas foram determinadas tomando a diferença de elevação entre os pixels situados mais a montante e mais a jusante do trecho e dividindo

pelo comprimento correspondente. Os comprimentos dos trechos de rio são determinados seguindo o caminho de fluxo pixel a pixel e contabilizando a distância percorrida. Essa rotina pode ser obtida de forma mais detalhada em Paz e Collischonn (2007b).

Além do arquivo de entrada principal, a execução do modelo depende dos arquivos que contêm os parâmetros fixos e calibráveis, e do arquivo que contêm os dados de precipitação interpolados.

O arquivo dos parâmetros fixos contém os valores dos parâmetros que foram obtidos da literatura, como o índice de área foliar (IAF); a resistência superficial (rs); a altura média da vegetação (Z) e o albedo. Os valores destes parâmetros podem variar ao longo do ano, e a sua variação também é indicada no arquivo que foi inserido.

Os arquivos de parâmetros calibráveis contêm os valores dos parâmetros restantes, como o Wm (armazenamento máximo na camada superficial do solo do bloco) e o KBAS (parâmetro de escoamento subterrâneo), que são alterados durante a calibração. Estes parâmetros são considerados constantes ao longo de toda a simulação e podem estar associados aos blocos (Wm, KINT (parâmetro de escoamento sub-superficial), KBAS, b (forma da relação empírica entre fração de área saturada e armazenamento médio de umidade no solo)) ou às células (CB (parâmetro de retardo do reservatório subterrâneo), CI (parâmetro para calibração da propagação sub-superficial nas células) e CS (parâmetro para calibração da propagação superficial nas células)).

#### **4.2.2. Determinação das Áreas de Perigo Conforme Tempos de Retorno (TR)**

A determinação dos níveis de TR foi feita após a calibração do programa HEC-RAS. A rotina de trabalho foi obtida diretamente no site da USACE <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>>.

A base de dados de entrada foi adquirida junto ao banco de dados da ANA do sistema Hidroweb (batimetrias), imagens SRTM reamostradas e cotas topográficas coletadas em campo com o auxílio de um *Global Positioning System* (GPS) de alta precisão.

Os dados necessários para utilizar o HEC-RAS são divididos nas seguintes categorias: dados geométricos, hidráulicos e de escoamento.

##### **a) Dados geométricos:**

Para essa etapa foram usadas imagens SRTM reamostradas, imagens ASTER, curvas de níveis obtidas em campo com ajuda de um GPS e a batimetria. Os dados de batimetria foram obtidos junto a ANA e com apoio das imagens citadas acima.

Assim, foram definidos os seguintes elementos:

- Traçado do sistema do rio: A conectividade dos trechos é muito importante para o modelo entender como os cálculos devem ser precedidos de um trecho para outro. Junções somente podem ser estabelecidas nas localizações aonde dois ou mais canais chegam ou saem.

- Geometria da seção transversal: Essas seções são localizadas ao longo do canal e caracterizam a capacidade de escoamento do canal e suas planícies de inundação.

- Comprimento dos trechos: A medida das distâncias entre cada seção transversal é chamada de comprimento dos trechos. O comprimento dos trechos para a margem esquerda, margem direita e canal devem ser especificados no editor da seção transversal.

b) Dados hidráulicos:

O dado necessário é o coeficiente de perda de energia (valores para o coeficiente de rugosidade de Manning).

Esses dados foram retirados diretamente do MGB-IPH e gerados pelo HEC-RAS.

c) Dados de escoamento:

Os dados de escoamento são necessários para permitir o cálculo dos níveis da água e foram adquiridos diretamente no MGB-IPH.

Consistem em:

- Regime de escoamento: Os cálculos dos níveis começam em uma seção transversal, com condições conhecidas.

- Condições de contorno: As condições de contorno são necessárias para estabelecer a cota da superfície no fim do rio (jusante ou montante). Este dado é necessário para que o programa comece os cálculos.

- Informação de vazão: As informações de vazão são necessárias em cada seção transversal para calcular o nível da água. Os dados de vazão são inseridos de montante para jusante em cada trecho. Pelo menos um dado de vazão deve ser inserido para cada trecho do rio.

Para comprovar as informações obtidas no software foram realizados trabalhos de campo levantando informações específicas sobre as inundações ocorridas, verificando as cotas altimétricas atingidas; realizaram-se entrevistas com moradores locais buscando

informações sobre os eventos; analisou-se a paisagem para identificar possíveis fatores de influência sobre as inundações.

Assim, foram definidos os níveis de perigo em Alto, Médio e Baixo conforme os TRs encontrados. O grau de perigo alto possuiu TR de até 10 anos, sendo representado pelo maior número de eventos ocorridos. A faixa de perigo médio possuiu faixa de TR entre 11 e 20 anos, e, a faixa de perigo baixo representou os eventos excepcionais, acima de 21 anos de TR.

#### 4.2.3. Vulnerabilidade a Inundações

Para o mapeamento e análise da vulnerabilidade foram adquiridas e organizadas as variáveis socioeconômicas, infraestrutura urbana, doenças de veiculação hídrica e o impacto emocional. Primeiramente elas foram analisadas individualmente e posteriormente foi feita a combinação para verificar o grau de vulnerabilidade (alto, médio e baixo) em cada setor censitário da área urbana (Figura 4.3) localizados dentro dos tempos de retorno.

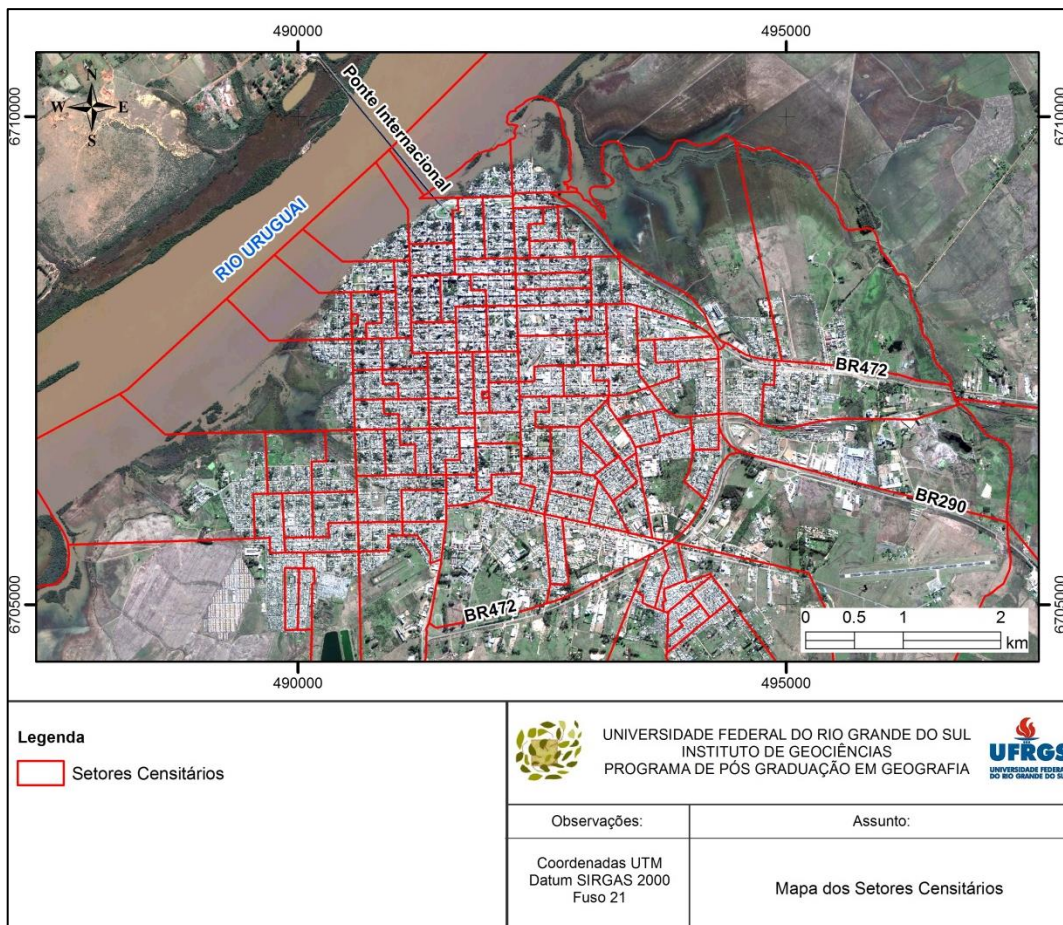


Figura 4.3: Mapa dos setores censitário da área urbana de Uruguaiana.

Na figura 4.4 pode ser visualizado o fluxograma da vulnerabilidade.

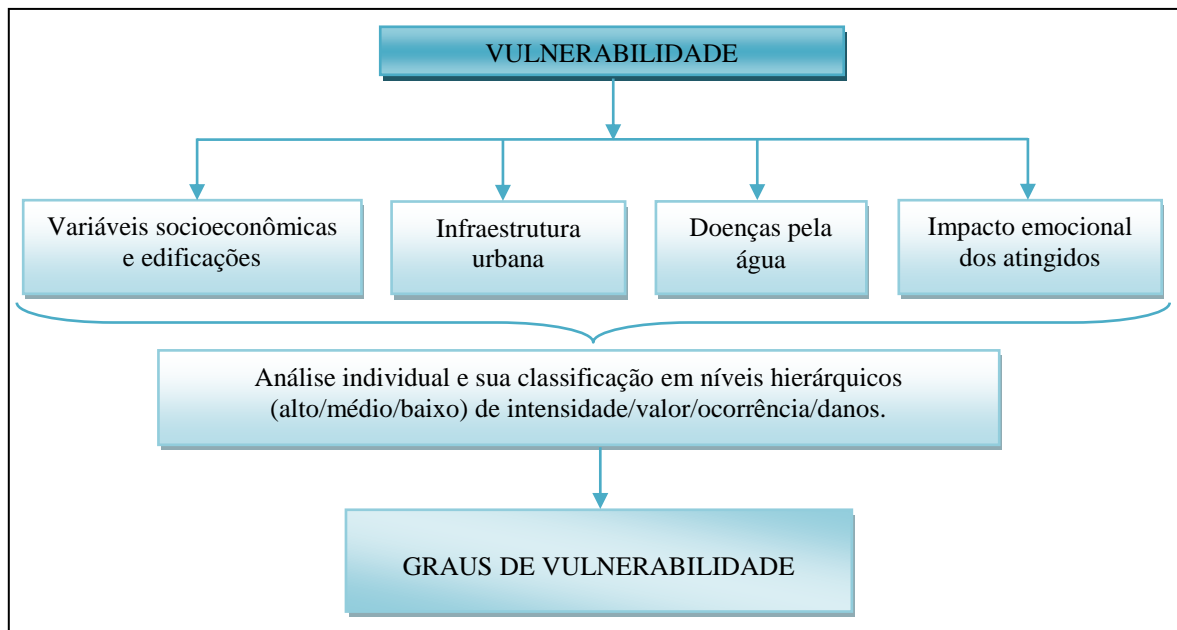


Figura 4.4: Fluxograma da vulnerabilidade.

#### 4.2.3.1. Edificações e Variáveis Socioeconômicas

A aquisição dos dados das edificações das áreas ocupadas foi feito através de dados primários e secundários. Os dados primários foram levantados nos trabalhos de campo (visitas técnicas e questionários) e imagens de satélite. Os dados secundários juntamente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Defesa Civil, Plano Diretor Municipal e órgãos da prefeitura municipal de Uruguaiana.




Assim, foi possível obter o número de edificações por meio das imagens disponibilizadas pelo Google Earth™ e trabalhos de campo. A técnica da contagem em imagens de satélite e fotografias aéreas foi embasada no trabalho de Reckziegel, Cristo e Robaina (2006), os quais usaram imagens e fotografias para contar as moradias em situação de risco geomorfológico associado à dinâmica fluvial na vila Urlândia, município de Santa Maria/RS.

Após este processo, as edificações foram definidas conforme o padrão urbano, enquanto sua apresentação material visível aos olhos do observador (Quadro 4.3). A definição do padrão foi adaptada da metodologia adotada por Oliveira (2004) o qual definiu padrões urbanos para as habitações localizadas dentro da bacia do arroio Cadena, município de Santa Maria/RS.

Dessa forma, o padrão alto corresponde àquelas edificações que foram construídas com técnicas de engenharia e arquitetura adequadas segundo as normas construtivas e apresentam material de boa qualidade em sua construção (edificações de alvenaria). O padrão urbano médio corresponde às casas de madeira que possuem uma base de alvenaria, normalmente as casas de madeiras são mais rápidas e fáceis para a construção, mais baratas e não necessitam de uma mão de obra especializada, e, a base de alvenaria faz com que a residência suporte mais o impacto das águas.

Já o baixo padrão construtivo está vinculado às habitações que geralmente são construídas por seus moradores e apresentam variados materiais em sua estrutura. Foram também consideradas algumas casas de madeiras que não possuem uma base de alvenaria, por possuírem uma fragilidade maior quando na ocorrência de inundações.

Quadro 4.3: Padrão das edificações.

Padrão	Característica (imagens de Uruguaiiana)
Baixo	
Médio	
Alto	

Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

A função urbana (usos) de cada edificação foi definida com base na proposta de Robaina (1999), no qual se entende como função urbana as atividades vinculadas ao processo de produção econômica ou ao processo de reprodução das relações subjacentes à produção econômica.

Assim, as edificações além de possuírem um padrão de construção apresentam também um uso vinculado, que foram divididos conforme a apresentação do quadro 4.4.

Quadro 4.4: Uso das edificações.

<b>Categoria</b>	<b>Característica</b>
Residencial	Unifamiliar (casas)
	Multifamiliar (edifícios)
Misto	Ex: Residencial e comercial.
Comércio / Serviços	Independente do tamanho
Institucional	Igrejas, ginásios de esportes, escolas...
Industrial	Independente do tamanho

A aquisição dos dados socioeconômicos das áreas ocupadas foi feito através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), censo 2010, Defesa Civil, Plano Diretor Municipal, órgãos da prefeitura municipal de Uruguaiana.

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, censo 2010, disponíveis foram validados e analisados também em trabalhos de campo, sendo consideradas as seguintes variáveis:

- Número de pessoas por residências;
- Condições econômicas: - Distribuição do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (Reais);

Todas as variáveis citadas acima foram tabeladas no *software* ArcGIS e posteriormente analisadas individualmente e em cada setor censitário da área urbana.

#### **4.2.3.2. Infraestrutura Urbana**

O levantamento e a avaliação dos dados de infraestrutura seguiu a mesma metodologia citada no item anterior, através de dados primários e secundários.

Os sistemas que compõem a infraestrutura urbana tratados neste estudo foram os de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais

urbanas e o sistema viário. O impacto de uma inundação nesses sistemas ocasionam prejuízos que comprometem o cotidiano da população e a saúde da mesma.

- Rede de água:

Os dispositivos de armazenamento de água (reservatórios colocados acima das edificações) normalmente não são afetados. A rede de distribuição (condutos) normalmente possui pequena probabilidade de serem afetados, mas devem ter total atenção no caso de grandes eventos de inundações.

Se houver ruptura do sistema durante eventos de maior magnitude, é difícil localizar a posição do dano, sendo assim, em caso de necessidade de reparos, o tempo e o custo poderão ser altos, além do risco existente de contaminação da água na rede.

- Rede de esgoto (esgotamento sanitário se refere à disposição local em fossas ou rede de esgoto, mas não indica se o esgoto foi tratado):

Identificação da extensão total da rede de esgotamento sanitário dentro da mancha de inundação. Se a rede de coleta e transporte de esgoto for do tipo separadora, e ocorrer rompimento há a possibilidade de contaminação das águas pluviais por efluentes de esgoto.

A intrusão de sedimentos dentro da rede torna necessária a limpeza de toda a sua extensão dentro da área inundada.

- Rede de drenagem pluvial:

Os sistemas de drenagem urbana garantem o escoamento das águas pluviais, impedindo o alagamento da cidade, assim serão mapeadas e verificadas suas condições de funcionamento, pois podem apresentar danos em parte dos poços de visita e bocas de lobo na área inundada. A rede de tubos não é susceptível a danos, mas assim como a rede de esgotamento sanitário, necessita de operações de limpeza após a inundação de toda a extensão da rede dentro da área inundada.

- Sistema viário:

Foram mapeadas todas as vias e classificadas como: com pavimentação, pavimentação danificada e sem pavimentação. Os prejuízos diretos ao sistema de transporte rodoviário são aqueles referentes à limpeza das vias, reparação dos pavimentos e semáforos. Além desses, os custos marginais por interrupção ao tráfego nas vias e os custos de atrasos devem ser considerados como danos indiretos.

O *software* ArcGIS permite a inclusão de valores em suas tabelas, assim foram tabeladas todas as características e posteriormente serão analisadas individualmente e em cada setor censitário da área urbana



#### 4.2.3.3. Casos Registrados de Doenças de Veiculação Hídrica

Os problemas de saúde ligados à estação chuvosa estão relacionados à deterioração das condições de saúde, sanitárias e ambientais consequentes de uma drenagem deficiente. A água que escoar pela superfície durante os eventos de inundações contamina-se, e passa a ser disseminadora de doenças das quais as mais comuns são a leptospirose e a hepatite A.

Assim, foram verificados casos registrados dessas doenças no centro de vigilância sanitária, ambiental e epidemiológica do município de Uruguaiana, com a autorização da Secretária da Saúde em Agosto de 2014, Saionara Marques Almeida dos Santos.

Foi verificada a data do registro dos casos de notificação das doenças para relacionar com os eventos de inundações ocorridos. As inundações registradas foram adquiridas junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul. De forma complementar, foi utilizado o trabalho de Reckziegel (2007), pois os dados levantados junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado correspondem aos eventos ocorridos após 1991.

Reckziegel (2007) realizou levantamentos entre 1980 a 2005 sobre diversos desastres naturais do Rio Grande do Sul, dentre eles, as inundações graduais, utilizando duas fontes de dados: Diário Oficial e informações na imprensa escrita.

Os dados a partir de 2005 foram obtidos junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado que se encontra no site da mesma.

#### 4.2.3.4. Impacto Emocional das Inundações nos Moradores Ribeirinhos do Meio Urbano

A técnica adotada nessa etapa da pesquisa foi o questionário, com um sistema de *feedback*, influenciado por um comportamento passado. Para realizar os questionários atribuiu-se a seleção de acordo com o método de amostragem, conforme o total de população da área afetada por inundações. Dessa forma, utilizou-se a seguinte fórmula (TRIOLA, 1999):

$$n = \frac{X^2 \cdot N \cdot P \cdot Q}{e_0^2 \cdot (N - 1) + X^2 \cdot P \cdot Q}$$

Onde,

$n$  = número total da amostra (a ser calculado);

$X^2$  = qui-quadrado (valor fixo, igual a 3,841);

$N$  = número total de edificações afetadas (3754 aproximadamente);

$P$  = probabilidade de acerto (50%)<sup>2</sup>;

$Q$  = probabilidade de erro (50%);

$e_0$  = erro amostral (definido em 10% para toda a amostra).

Para possuir um nível de confiança de 95% utilizando-se a fórmula, têm-se uma amostra mínima de 94 pessoas, mas foram aplicados 150 questionários na área, levando em consideração todos os setores censitários, aproximadamente 6 por cada setor atingido por inundações graduais (total de 24 setores).

As primeiras questões (Quadro 4.5), tais como a idade, sexo e tempo de residência no local, foram realizadas para saber o perfil do entrevistado.

Quadro 4.5: Descrição do perfil do entrevistado.

Pergunta	Resposta
1. Idade:	
2. Gênero:	( ) Masculino ( ) Feminino
3. Atividade principal:	
4. Quanto tempo reside em Uruguaiana:	

Torna-se fundamental conhecer a percepção do risco que as pessoas possuem, e o significado que elas atribuem a esta situação irá depender da subjetividade de cada um. Assim, com as questões do quadro 4.6 e quadro 4.7, pretendeu-se entender as interferências no processo percepto cognitivo ambiental do entrevistado a respeito das inundações em Uruguaiana e a influência do seu juízo de perigo e emocional sobre o fenômeno.

A integração do item emocional na vulnerabilidade visa obter parâmetros de saúde mental com a finalidade de contribuir na reabilitação e na recuperação psicossocial das comunidades afetadas e no restabelecimento da vida cotidiana das pessoas.

<sup>2</sup> Estatisticamente, utiliza-se 50% para a possibilidade de acerto e 50% para a possibilidade de erro, para o total da amostra.

Quadro 4.6: Descrição do juízo de perigo do entrevistado.

Pergunta	Resposta
1. Possuem entendimento sobre o processo de inundação?	( ) Sim ( ) Não
2. Percebem que estão em perigo?	( ) Sim ( ) Não
3. Sairiam de suas casas se ela estivesse em perigo?	( ) Sim ( ) Não
4. Sabe quem chamar na ocorrência do evento?	( ) Sim ( ) Não
5. Conhece a Defesa Civil?	( ) Sim ( ) Não

Quadro 4.7: Descrição do juízo emocional do entrevistado.

Pergunta	Resposta
1. Qual o seu sentimento em pré-evento?	( ) Insegurança/Ansiedade/Agitação ( ) Pesar (sofrimento, dor) ( ) Aceitação
2. Qual o seu sentimento em pós-evento?	( ) Trauma/depressão/angústia ( ) Desconfiança/estresse ( ) Aceitação

Em relação à pergunta um do quadro 4.7, podemos ter três principais sentimentos em pré-evento. A primeira de Insegurança/Ansiedade/Agitação, que é uma reação natural ao perigo percebido. É como um “aviso”, um alerta que nosso corpo emite, de que algo não está bem, que há algum perigo por perto.

Outro sentimento a ser despertado é o pesar, que é o sofrimento a dor pelas perdas que poderá ter. A possibilidade da perda faz com que, muitas vezes, o indivíduo não possua ação diante da situação de risco.

Por último, a pessoa pode aceitar a situação e sair correndo / fugir. Seus sentidos são bombardeados com muito mais informações do que você costuma administrar e por isso seu cérebro não consegue filtrar tanta informação e você se torna altamente vigilante, e assim fica muito mais sensível ao que acontece a sua volta.

Em referência à pergunta dois do quadro 4.7, se a moradia for afetada, as pessoas podem permanecer abaladas devido à perda dos espaços próprios e dos pontos de referência gerando trauma/depressão/angústia. Em situações de morte de parentes ou amigos, algumas pessoas podem desenvolver um quadro significativo de desestruturação psíquica.

Quando as famílias ainda não conseguiram restabelecer a “normalidade” de suas vidas podem sentir reações transitórias anormais e sintomas de estresse decorrente das condições básicas de vida (água, alimentos e saneamento), muitas pessoas em um espaço pequeno, pouca privacidade, medo de crimes, isolamento, etc.

Por último, a pessoa pode aceitar a situação e tentar reconquistar o que foi perdido. Se a família receber apoio eficiente por meio de ações de intervenção, a reestruturação material e emocional será mais rápida.

A vivência de um desastre pode deixar marcas profundas na vida das pessoas, pois altera abruptamente o estado de equilíbrio das pessoas, famílias e comunidades, deixando lastro de perdas humanas e materiais, mudando radicalmente a forma de ver o mundo.

#### 4.2.3.5. Zoneamento da Vulnerabilidade

O zoneamento da vulnerabilidade levou em consideração todas as variáveis contidas no quadro 4.8, sendo que, para caracterizar em grau baixo, médio ou alto, foram considerados todos os aspectos.

Quadro 4.8: Parâmetros para calcular a vulnerabilidade.

<i>Grau de Importância / Grau de Vulnerabilidade</i>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>
1 (maior grau) - Edificações (padrão)	Alvenaria.	Madeira com uma base de alvenaria.	Apresentam variados materiais em sua estrutura.
2 - Número de pessoas	Menos de 100.	Entre 101 e 200.	Mais de 201.
3 - Rendimento nominal médio mensal	Maior de R\$ 601,00.	Entre R\$ 600,00 a R\$ 401,00.	Menor de R\$ 400,00.
4 - Rede de água	Rede geral.	Poço.	Inexistente.
5 - Rede de esgoto	Rede geral.	Fossa.	Inexistente.
6 - Rede de drenagem pluvial	Bom.	Regular.	Inexistente.
7 - Sistema viário	Com pavimentação.	Pavimentação danificada.	Sem pavimentação.
8 - Impacto emocional - sentimento em pré-evento	Aceitação.	Pesar (sofrimento, dor).	Insegurança/Ansiedade/Agitação.
9 - Impacto emocional - sentimento em pós-evento	Aceitação.	Desconfiança/Estresse.	Trauma/Depressão/Angústia.
10 - Doença - Leptospirose	Menos de 4 casos.	Entre 5 e 9 casos.	Mais de 10 casos.
11 (menor grau) - Doença - Hepatite A	Menos de 19 casos.	Entre 20 e 49 casos.	Mais de 50 casos.

O grau de importância possui maior peso a variável um (1 – Edificações – padrão) e menor as doenças, pelo fato de não termos obtido os dados de forma consistida conforme Basso e Righi (2015). Na figura 4.5, a seguir, verificamos a organização da tabela no software com todas as variáveis, para após fazer a classificação da vulnerabilidade.

FID	Shape *	FID_se	CD_GEOC	NM_BAIRRO	pré	pós	Sis_viário	N_pessoas	Renda	Padrão_Edli
0	Polygon M	0	432240005	Centro	pesar	aceitação	Sem pavimentação	2.9	2506.84	Predomina Alto
1	Polygon M	1	432240005	Mascarenhas de Moraes	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.59	492.68	Predomina Alto
2	Polygon M	2	432240005	Mascarenhas de Moraes	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Sem pavimentação	3.66	377.63	Predomina Baixo
3	Polygon M	3	432240005	Santo Antônio	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.61	555.56	Predomina Baixo
4	Polygon M	4	432240005	Santo Antônio	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.52	408.58	Predomina Baixo
5	Polygon M	5	432240005	Santana	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.29	617.29	Predomina Alto
6	Polygon M	6	432240005	Santana	pesar	estresse	Sem pavimentação	3.11	608.13	Predomina Médio
7	Polygon M	7	432240005	Santana	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.28	717.31	Predomina Alto
8	Polygon M	8	432240005	Jóquei Clube	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Sem pavimentação	3.56	517.54	Predomina Baixo
9	Polygon M	9	432240005	Nova Esperança	pesar	aceitação	Com pavimentação	3.38	623.78	Predomina Baixo
10	Polygon M	10	432240005	Nova Esperança	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Pavimentação danificada	3.39	491.84	Predomina Alto
11	Polygon M	11	432240005	Nova Esperança	pesar	aceitação	Pavimentação danificada	3.27	522.78	Predomina Médio
12	Polygon M	12	432240005	Nova Esperança	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Sem pavimentação	3.55	421.66	Predomina Alto
13	Polygon M	13	432240005	Nova Esperança	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.74	482.09	Predomina Alto
14	Polygon M	14	432240005	Alexandre Zachia	pesar	estresse	Pavimentação danificada	3.36	637.69	Predomina Alto
15	Polygon M	15	432240005	Cabo Luiz Quevedo	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Sem pavimentação	3.73	379.09	Predomina Baixo
16	Polygon M	16	432240005	Cabo Luiz Quevedo	insegurança/ansiedade/agitação	trauma/depressão/angústia	Sem pavimentação	3.78	381.68	Predomina Baixo
17	Polygon M	17	432240005	Cabo Luiz Quevedo	pesar	aceitação	Com pavimentação	3.79	455.83	Predomina Baixo
18	Polygon M	18	432240005	Cabo Luiz Quevedo	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.66	512.2	Predomina Alto
19	Polygon M	19	432240005	Francisca Tarrago	insegurança/ansiedade/agitação	estresse	Sem pavimentação	3.58	372.16	Predomina Baixo
20	Polygon M	20	432240005	Bela Vista	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.64	600.23	Predomina Baixo
21	Polygon M	21	432240005	Bela Vista	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.39	1047.99	Predomina Alto
22	Polygon M	22	432240005	Bela Vista	pesar	aceitação	Sem pavimentação	3.15	1097.14	Predomina Alto

Figura 4.5: Construção da tabela com todas as informações por setores no software ArcGis.

#### 4.2.4. Risco de Inundações

Nesta etapa da pesquisa realizou-se o zoneamento do risco a inundações em Uruguaiana a partir da análise integrada dos graus de perigo e vulnerabilidade (Quadro 4.9).

Quadro 4.9: Matriz para o cálculo do zoneamento de risco.

<i>Perigo x Vulnerabilidade</i>		<b>Perigo</b>		
		1 - Alto	2 - Médio	3 - Baixo
<b>Vulnerabilidade</b>	1 - Alta	1	2	3
	2 - Média	2	4	6
	3 - Baixa	3	6	9

Assim, a cor vermelha indica compartimentos sujeitos a processos de inundações com alto potencial de causar danos, alta frequência de ocorrência, envolvendo setores de alta vulnerabilidade. A cor laranja aponta compartimentos sujeitos a processos de inundações com médio potencial de causar danos com média frequência de ocorrência, e, a cor bege um baixo risco do sistema social frente ao processo de inundação.

#### **4.2.5. Gestão e Gerenciamento**

A gestão e o gerenciamento de risco de inundação urbana requerem o desenvolvimento de estratégias integradas de longo prazo abrangente, que pode estar ligada ao planejamento urbano existente e as políticas e práticas de gestão. Assim, foram sugeridas diretrizes para um plano de gerenciamento e gestão de risco a inundações.

## 5. A NATUREZA FÍSICA DO PERIGO

Nesse capítulo são apresentados os resultados referentes à aplicação do modelo MGB-IPH, para previsão de vazões, a aplicação do modelo hidráulico HEC-RAS e a extensão Hec-Geo-Ras para determinação dos tempos de retorno, e finalizando com o zoneamento de perigo a inundações na área urbana de Uruguaiana.

O reconhecimento das áreas de perigo a inundações destaca-se como uma medida não estrutural importante para o planejamento. Somente esse mapeamento auxiliará substancialmente na amenização dos danos decorrentes das inundações.

### 5.1. PREVISÃO DE VAZÃO (MGB-IPH)

#### 5.1.1. Dados de Entrada do MGB-IPH

O modelo distribuído MGB-IPH utiliza uma grande quantidade de dados. Assim, os arquivos raster criados nesta etapa fornecem os dados de entrada do PrePro-MGB (pré processamento), como: Modelo Digital de Elevação (MDE) e rede de drenagem (Figura 5.1); direções de escoamento (Figura 5.2); e mini-bacias (bacias por trechos de rio) (Figura 5.3). Todos estes arquivos possuem a mesma resolução espacial e o mesmo sistema de coordenadas do retângulo envolvente da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (BHRU) utilizada nesse estudo.

O estudo da altimetria (MDE) é relevante na análise de cotas e das formas do relevo, indicando condições mais propícias a escoamento das águas nas áreas de maior altitude, porém com declividades mais altas e de acumulação hídrica para as áreas de menor altitude.

As altitudes na região hidrográfica do rio Uruguai variam de 31 a 1818 metros, apresentando duas regiões principais: a parte sul onde as altitudes variam entre 33 e 500 metros e a parte norte com altimetria entre 500 e 1818 metros.

O modelo digital de elevação é a representação matricial da topografia, em que cada célula tem um valor que indica a altitude média na posição. A direção de fluxo sobre um MDE é a direção de uma célula qualquer para a sua vizinha mais baixa.

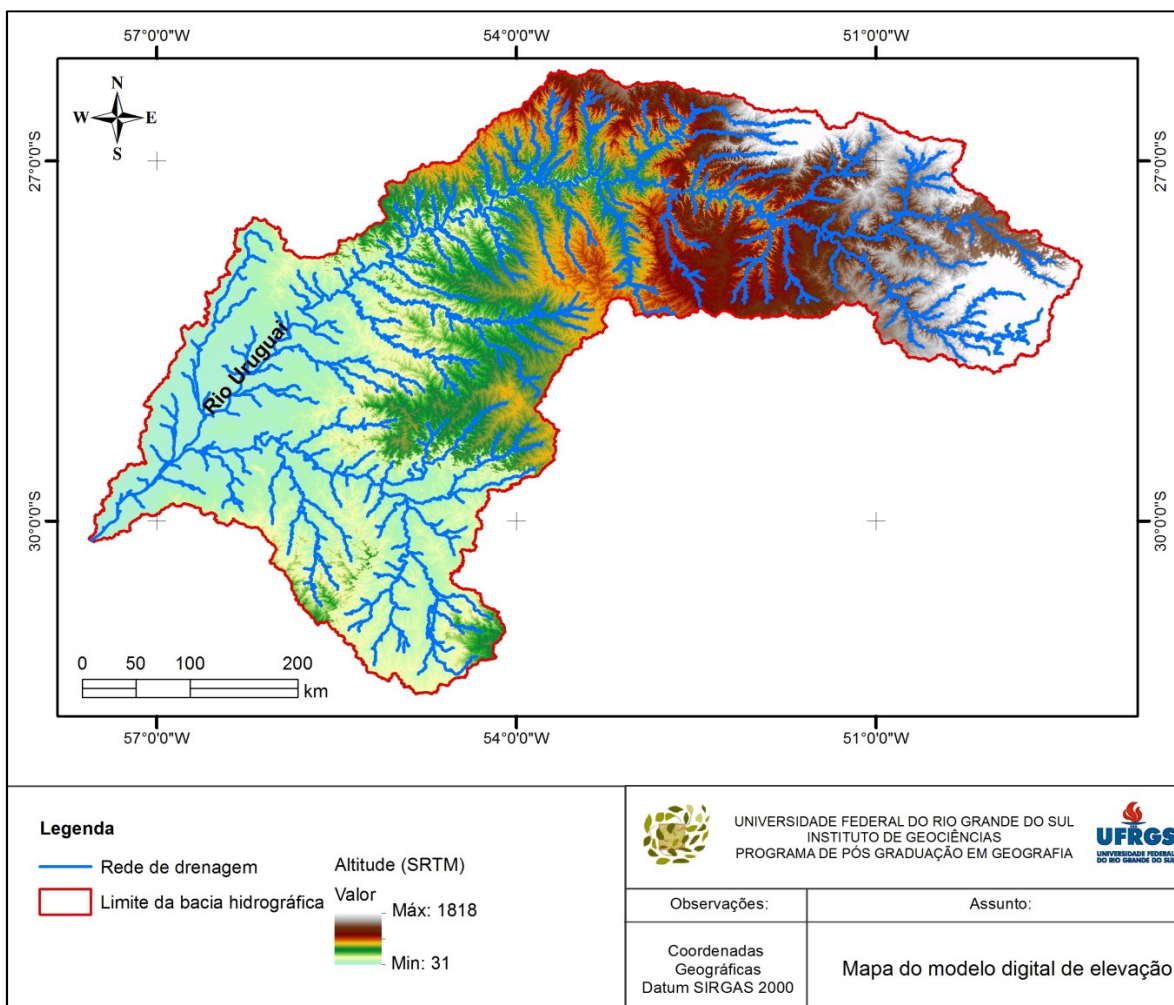


Figura 5.1: Modelo digital de elevação e rede de drenagem.

Existem muitos métodos de definição das direções de escoamento com base em modelos digitais de elevação. O algoritmo de Jenson e Domingues (1988) está implementado, por exemplo, no programa ArcGIS, no conjunto de ferramentas Arc-Hydro e no *Terrain Analysis System* (TAS) e já teve modificações sugeridas. Uma das modificações foi proposta por Paz *et al.* (2006), o qual implementou o algoritmo e introduziu um fator de aleatoriedade para a definição da direção de fluxo em células com a mesma declividade que as vizinhas, atenuando, assim, o problema do surgimento de possíveis drenagens paralelas. Esse algoritmo foi usado nesse trabalho e apresentou resultados satisfatórios.



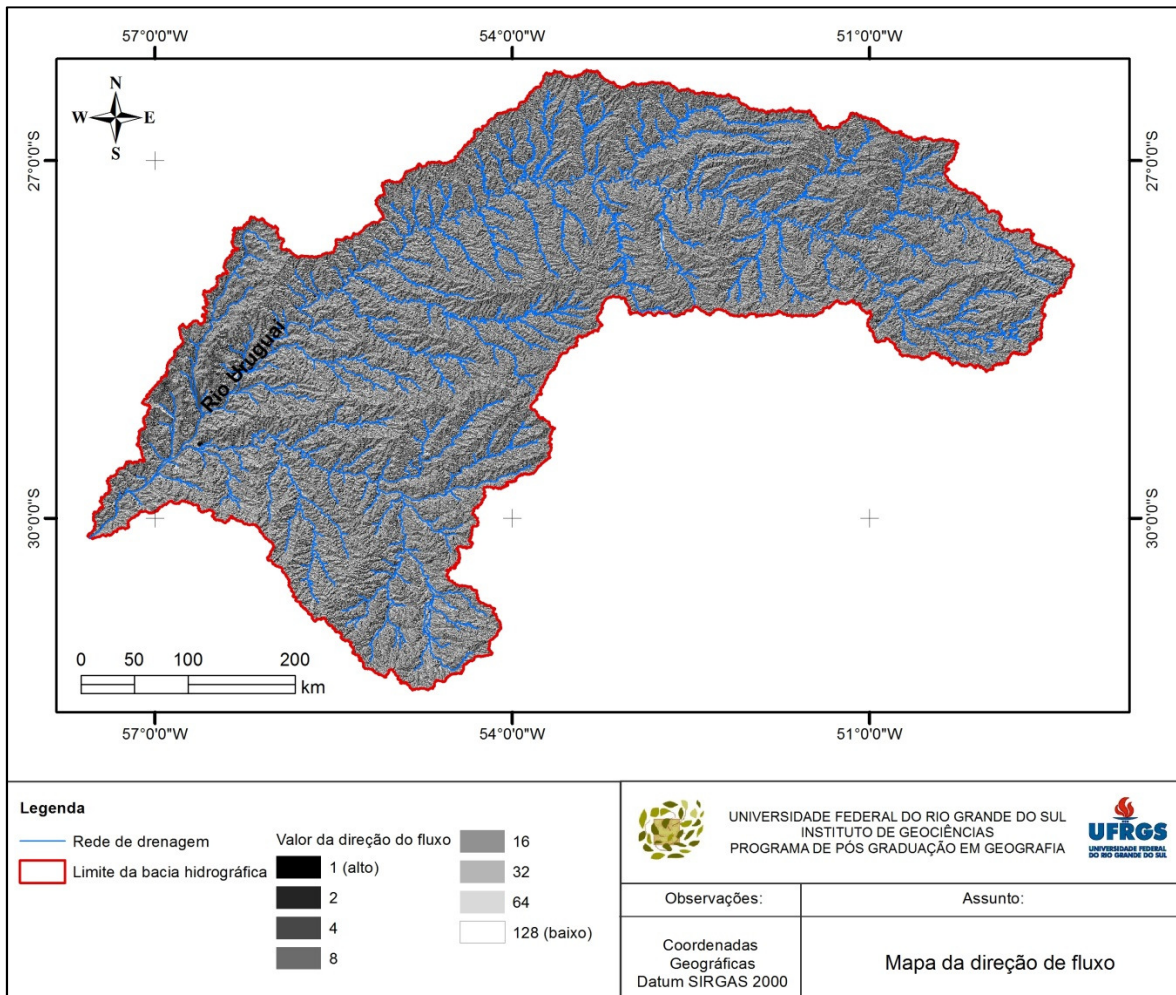


Figura 5.2: Direção de fluxo.

A direção de fluxo de células que estão na mesma cota de suas vizinhas mais baixas é encontrada baseada na necessidade de obter-se uma saída para o fluxo. Quando uma célula está na mesma cota de suas vizinhas mais baixas, e não tem direção de fluxo definida, a direção de fluxo é atribuída a uma das células vizinhas que respeita as seguintes condições: i) está na mesma cota da célula considerada; ii) tem direção de fluxo definida; iii) a direção de fluxo não é no sentido da célula considerada. Esta técnica foi descrita por Jenson e Domingues (1988) citada também em Mendes e Cirilo (2001).

A partir dos dados acima são definidas as mini-bacias e as sub-bacias. A delimitação das mini-bacias e sub-bacias é realizada considerando os exutórios e as direções de fluxo. Os exutórios das sub-bacias são escolhidos, preferencialmente, em locais com postos fluviométricos. Cada exutório recebe um número e as sub-bacias são delimitadas de jusante para montante seguindo à direção contrária do fluxo. O resultado é uma grade em que cada célula faz parte de uma sub-bacia que é marcada com o valor dado ao seu exutório.

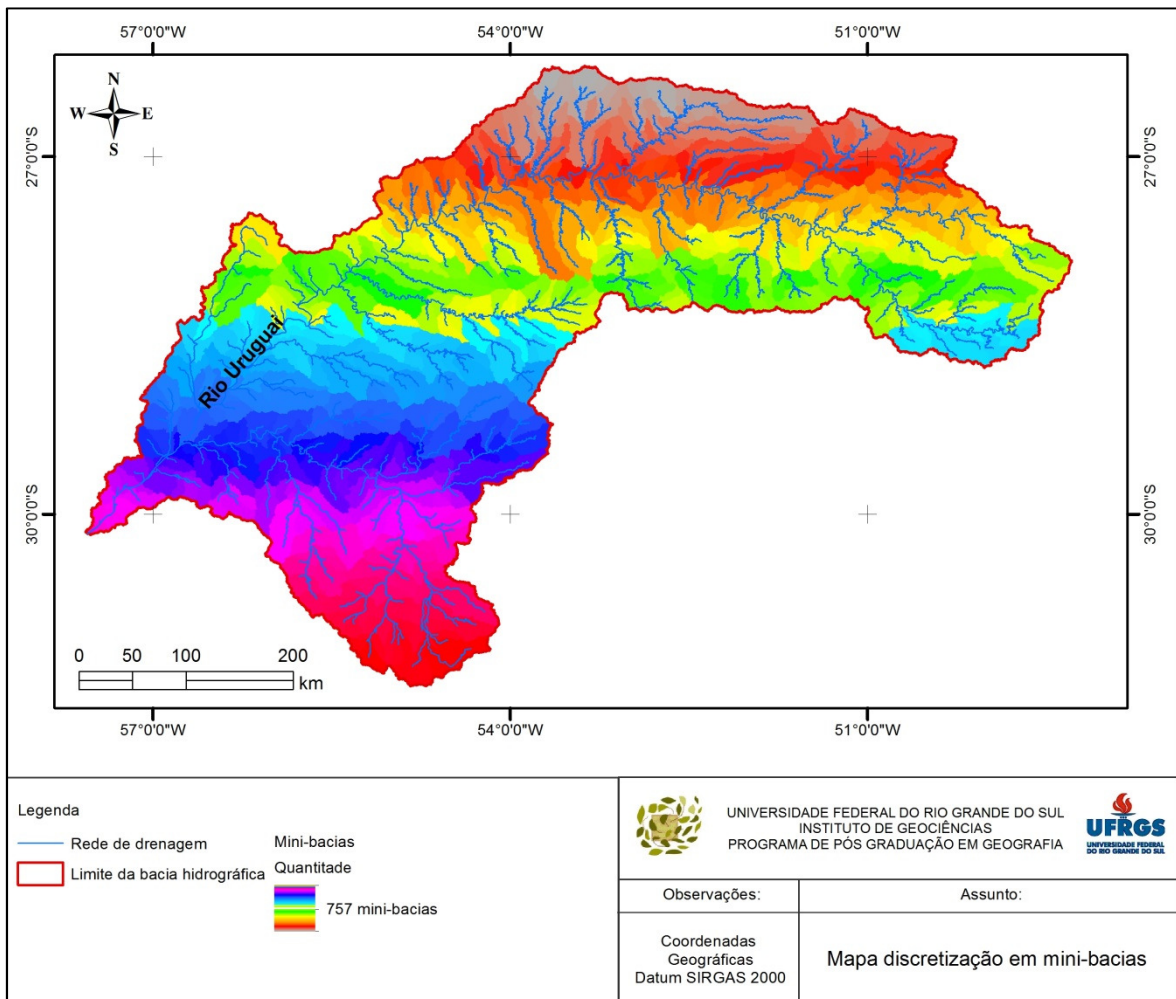


Figura 5.3: Discretização em mini-bacias.

As Unidades de Resposta Hidrológica (URH) são unidades de paisagem no que se refere ao comportamento hidrológico esperado e são necessárias para a simulação hidrológica da bacia. As URH são definidas a partir da combinação de dois mapas distintos de uma mesma região: 1) mapa de uso do solo e cobertura vegetal, e, 2) mapa de tipos de solos.

A combinação ou classificação cruzada entre o mapa de tipos de solos e o de uso do solo e cobertura vegetal resultará em um mapa raster de Unidades de Resposta Hidrológica com valores especificados, e que terá exatamente as mesmas características de resolução espacial e de coordenadas máximas e mínimas que os outros arquivos que serão utilizados no programa PrePro-MGB (pré processamento no MGB).

Para o mapa de uso do solo e cobertura vegetal (Figura 5.4), foram definidas poucas classes. Existe uma tendência natural de manter um número grande de classes, mas

esta opção repercutirá na escolha dos parâmetros e no aumento de graus de liberdade no processo de calibração. Por este motivo, o número de classes deve ser pequeno.

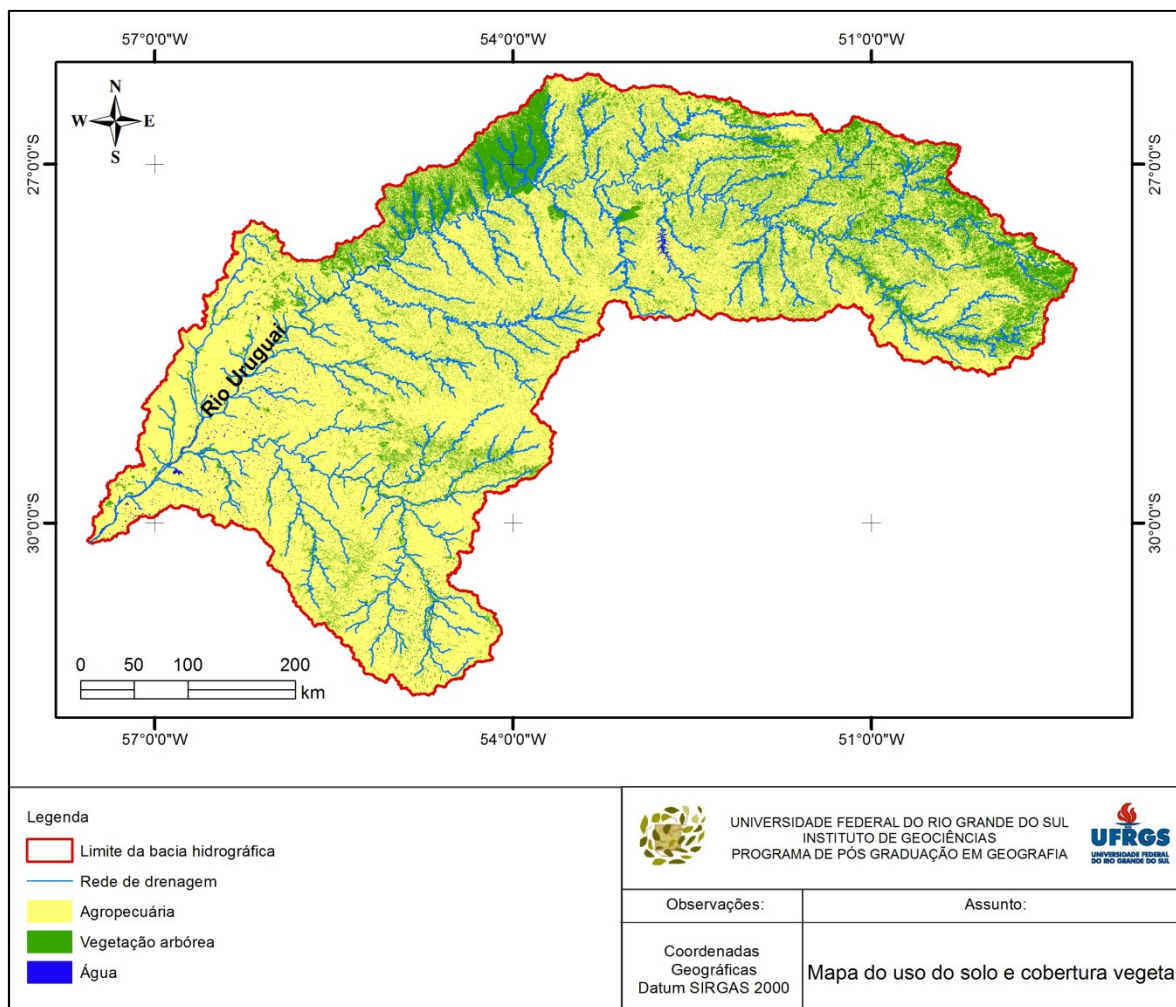


Figura 5.4: Uso do solo e cobertura vegetal.

Os dados de cobertura vegetal e uso do solo foram obtidos a partir da classificação de imagens Landsat 5 - TM e Landsat 7 - TM. Assim, foram obtidas 19 cenas para cobrir totalmente a área.

Uma consideração importante é que os usos do solo podem se alterar ao longo do tempo. Neste caso é necessário que o mapa utilizado na definição das Unidades de Resposta Hidrológica (URH) seja compatível com o período de dados que será simulado. Por esse motivo como o período de dados hidrológicos simulados vai de 1980 a 2005, o ideal foi trabalhar com mapas no meio do período - ano de 1990.

Definiram-se três classes de uso, conforme a figura 5.5. As pastagens, campos e lavouras abrangem a maior parte da bacia, enquanto a vegetação arbórea (florestas) ocupa 19% do total e a classe de água apenas 1,3%.

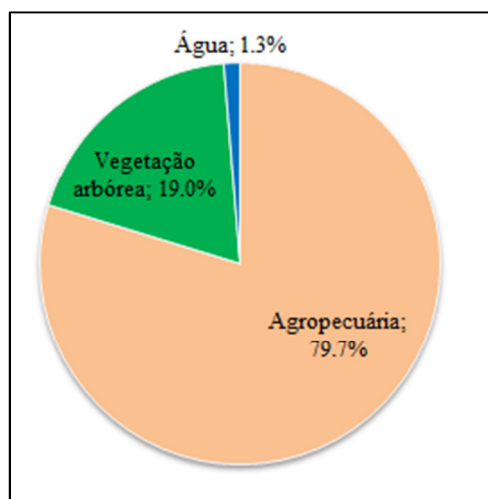


Figura 5.5: Quantificação do uso do solo e cobertura vegetal na bacia.

Em relação à classe de vegetação arbórea no setor da Bacia Hidrográfica do rio Uruguai considerado nesse estudo, percebe-se que na sua metade setentrional está concentrada a maior área com ocorrência de florestas nativas, especialmente no estado do Rio Grande do Sul (BAPTISTA *et al.* 1992). Adicionalmente, a região do planalto sul-brasileiro, devido à sua ampla extensão territorial, apresenta uma heterogeneidade de ambientes que permite a ocorrência de tipologias vegetacionais diferenciadas, onde se destacam, entre as formações florestais, a Floresta Estacional Decidual e a Floresta Ombrófila Mista (floresta com Araucária) (RADAMBRASIL, 1986).

A Floresta Estacional Decidual, formação quase exclusiva das bacias dos rios do estado do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina, encontra-se bastante alterada em seus elementos originais, sendo alvo frequente do extrativismo vegetal predatório (IBGE, 2004).

O maior e mais preservado remanescente, que ainda preserva características da vegetação original da região Sul do Brasil, é a área do Parque Estadual do Turvo (RS) com 17.491,4 ha de floresta nativa pertencente à Floresta Estacional Decidual.

A Floresta Ombrófila Mista, ou floresta com araucária, é a tipologia vegetal exclusiva do Planalto Meridional Brasileiro (IBGE, 2004), predominando na região do planalto catarinense e riograndense. Ela encontra-se associada aos campos planálticos, especialmente no leste destes estados. As matas podem ocorrer formando “ilhas” florestais de formato mais ou menos circular e tamanho variável em meio às formações campestres, constituindo os “capões”, ou, então, formando florestas contínuas, com composição florística e estruturais variáveis.

As formações florestais ciliares são incontestavelmente essenciais para a sobrevivência da fauna regional. Principalmente quando localizadas em áreas agrícolas bastante desenvolvidas, desempenham funções vitais na qualidade da água dos mananciais, pois absorvem e filtram a água das chuvas contaminadas com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos que escorrem sobre o solo, evitando a contaminação das nascentes e aumentando o suprimento de água despoluída aos aquíferos subterrâneos.

Os campos planálticos ou campos de altitude (áreas campestres naturais) foram, por sua vez, ocupados predominantemente pela pecuária, atividade favorecida pela presença de um tapete denso de gramíneas de boa palatabilidade para o gado, além de apresentar boa resistência ao pisoteio e regular adaptação ao frio do inverno. Considerados pouco apropriados para a agricultura, devido aos solos rasos ou ácidos, extensas áreas são ainda encontradas na região com aspecto da vegetação original, apesar de sensivelmente alteradas em seu aspecto estrutural e em sua composição florística original.

Os campos, já bastante antropizados (MARCHIORI, 1995) também predominam na região da campanha gaúcha, onde as formações lenhosas (predominantemente arbustivas) restringem-se às faixas ciliares e a algumas encostas e chapadões, habitualmente na encosta sul, em detrimento da maior umidade e, conseqüentemente, menor inflamabilidade das formações campestres, o que acentua a expansão florestal sobre os campos nesta orientação (PILLAR, 2003). Adicionalmente, as alterações estruturais e florísticas dos campos naturais, reflexo de seu uso secular para a exploração pecuária, têm aumentado com a sua substituição por áreas agrícolas e plantios de florestamento.

No mapeamento da vegetação campestre, não é possível distinguir, e conseqüentemente delimitar e quantificar, as fisionomias campo nativo ou antropizado (cultivado ou natural com gado) sem execução de campanhas de levantamento de campo com longa duração, envolvendo caracterização fisionômica e florística. Por esse motivo e pelo modelo hidrológico não simular muitas classes de uso do solo e cobertura vegetal foi associado às classes de campos e agricultura.

O mapa de tipos de solos (Figura 5.6) foi reclassificado em um número menor de classes, considerando o potencial de geração de escoamento superficial e de base, conforme Collischonn (2001). Assim, o mapa de solos originalmente organizado foi reclassificado em três classes: baixo, médio e alto potencial de geração de escoamento superficial.

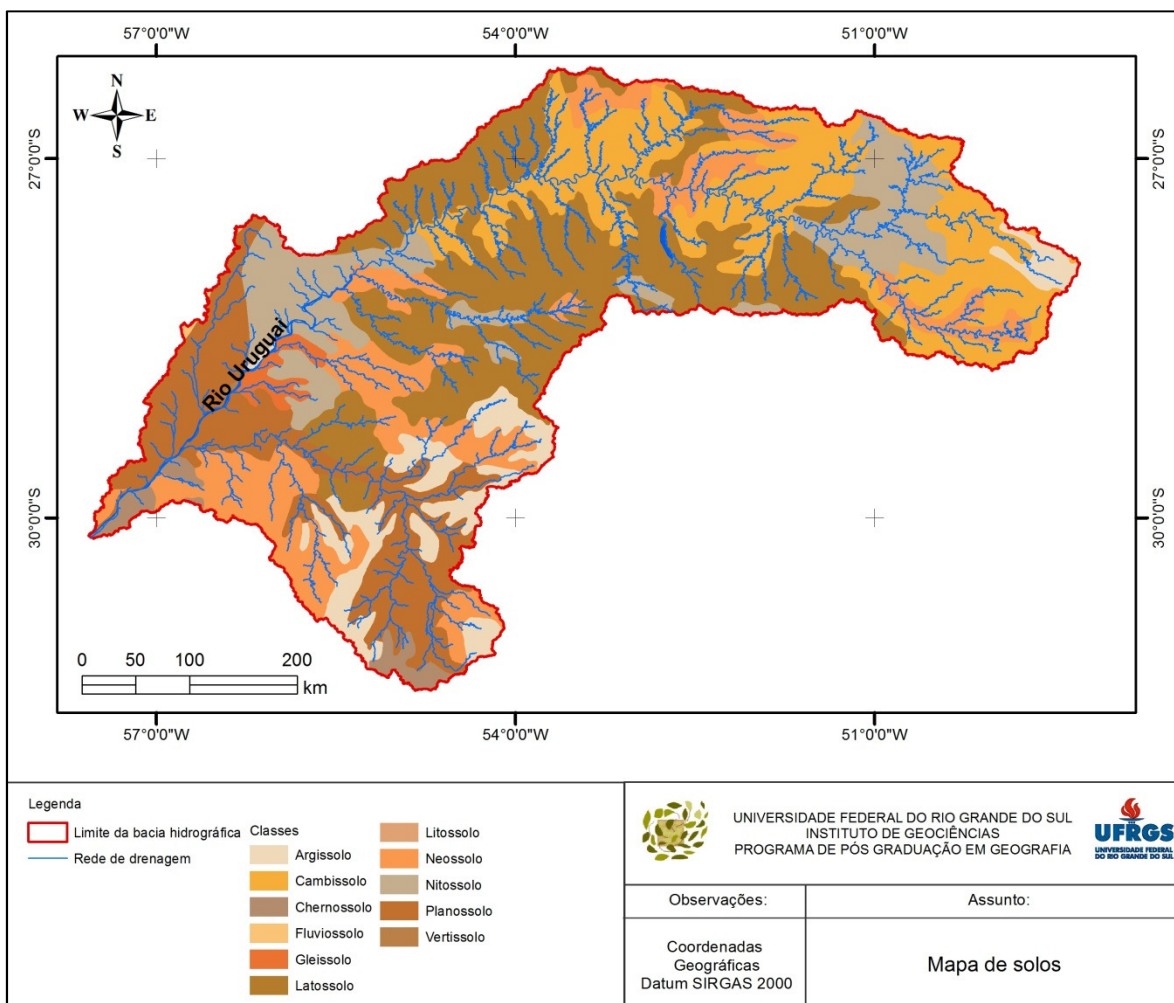


Figura 5.6: Solos.

A reclassificação levou em consideração os solos profundos, bem drenados e com alto percentual de areia, classificados como solos de baixo potencial de geração de escoamento superficial. Estes solos contribuem para a recarga de aquíferos e contribuem para a vazão de base dos rios.

Os solos arenosos como os latossolos têm uma quantidade maior de areia do que a média. Eles são muito porosos e permeáveis: apresentam grandes espaços (poros) entre os grãos de areia. A água passa com facilidade entre os grãos de areia e chega logo às camadas mais profundas (STRECK, *et al*, 2008).

Os solos rasos tendem a ter um grande potencial de geração de escoamento superficial e uma baixa capacidade de armazenamento de água.

Os chamados solos argilosos – argissolos - contêm mais de 30% de argila, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E. Possuem alta impermeabilidade, grande concentração de nutrientes e são mais resistentes à erosão.

Quando estão secos e compactos, sua porosidade diminui ainda mais, tornando-os duros e ainda menos arejados (STRECK, *et al*, 2008).

### 5.1.2. Aplicação do Modelo MGB-IPH

O modelo MGB-IPH trata da variabilidade espacial das características físicas da bacia através da discriminação de áreas com comportamento hidrológico similar, denominadas Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs). Considera-se que o comportamento hidrológico das HRUs possa ser explicado pelas características físicas relacionadas aos solos (por exemplo capacidade de armazenamento de água, profundidade, porosidade, condutividade hidráulica) e cobertura vegetal (por exemplo índice de área foliar, interceptação, profundidade das raízes, albedo). Desta forma, foram definidos através da superposição dos mapas de tipo de solos e de uso do solo e cobertura vegetal sete URH (Figura 5.7). A tabela 5.1 apresenta as sete Unidades de Resposta Hidrológica obtidas.

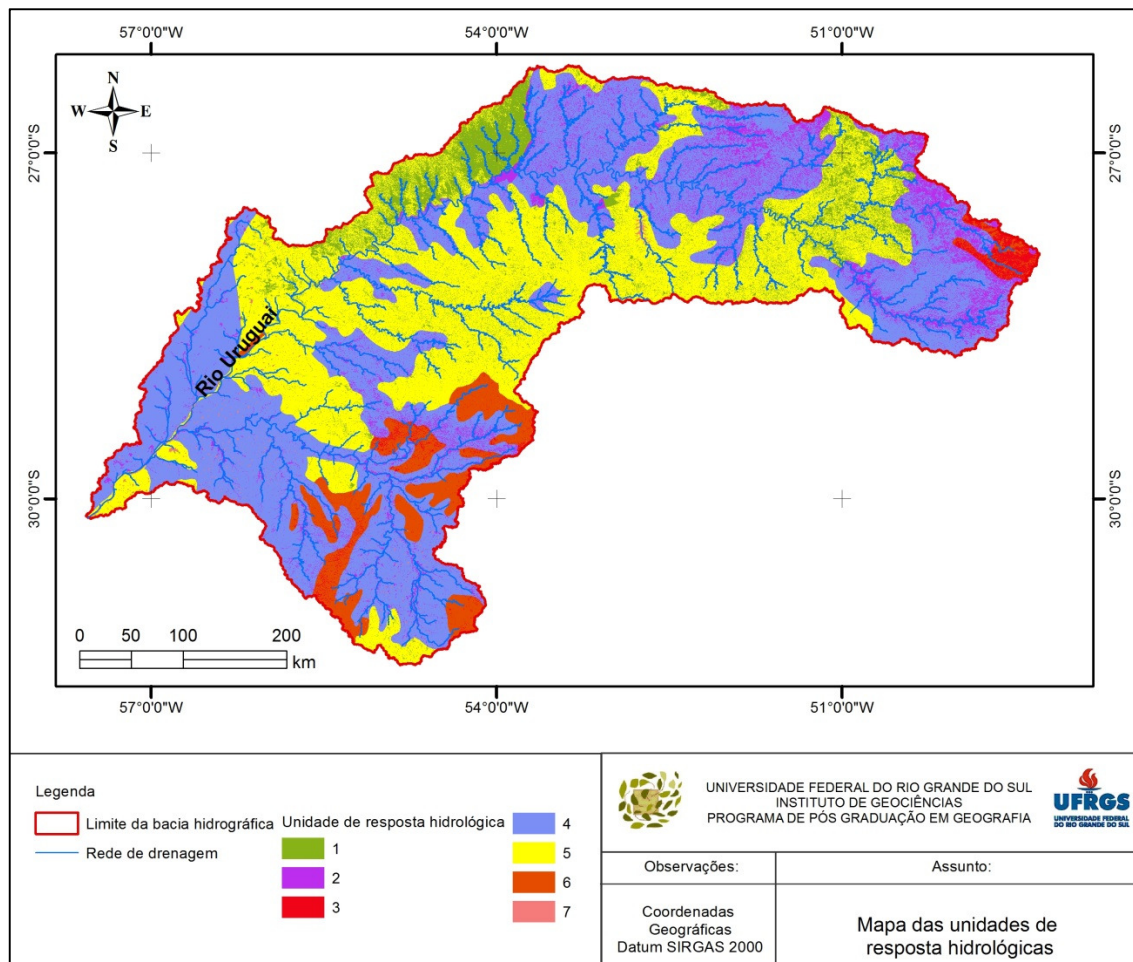


Figura 5.7: Mapa das Unidades de Resposta Hidrológica.

Quadro 5.1: Unidades de Resposta Hidrológica em função do uso do solo e cobertura vegetal e tipo de solo.

URH	Classe	% de cada classe
1	Solo profundo / vegetação arbórea	9,07
2	Solo raso / vegetação arbórea	9,17
3	Solo médio / vegetação arbórea	1,13
4	Solo raso / Agropecuário	40,45
5	Solo profundo / Agropecuário	33,70
6	Solo médio / Agropecuário	5,56
7	Água	0,91

Na área de estudo predominam as unidades quatro e cinco, com respectivamente 40,45 % e 33,70% da área da bacia. A primeira e a segunda unidade representam aproximadamente 9,07 % e 9,17 % da área. As unidades menos representativas são a seis (5,56 %), a três (1,13 %) e a sete (0,91 %).

Os dados hidrológicos utilizados na aplicação do MGB-IPH consistem em arquivos que contenham informações diárias de vazão, precipitação e clima (tipos de tempo das estações meteorológicas) (Figura 5.8). Para o Brasil esses dados são fornecidos gratuitamente pela Agência Nacional de Águas (ANA) no seu sistema Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Os dados meteorológicos utilizados pelo modelo MGB-IPH para calcular a evapotranspiração das diferentes unidades de resposta hidrológica são: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, insolação, e pressão atmosférica.

Uma das etapas da preparação de dados para o modelo é a interpolação de dados de postos pluviométricos e meteorológicos. Nesta etapa os valores de precipitação observados nos postos pluviométricos são utilizados para estimar a chuva em todas as células do modelo, em todos os dias da simulação.

O programa INTERPLU foi criado para realizar esta etapa, utilizando como dados de entrada as séries de dados observados nos postos, as coordenadas dos postos e o arquivo de numeração e localização das células do modelo (COLLISCHONN, 2001).



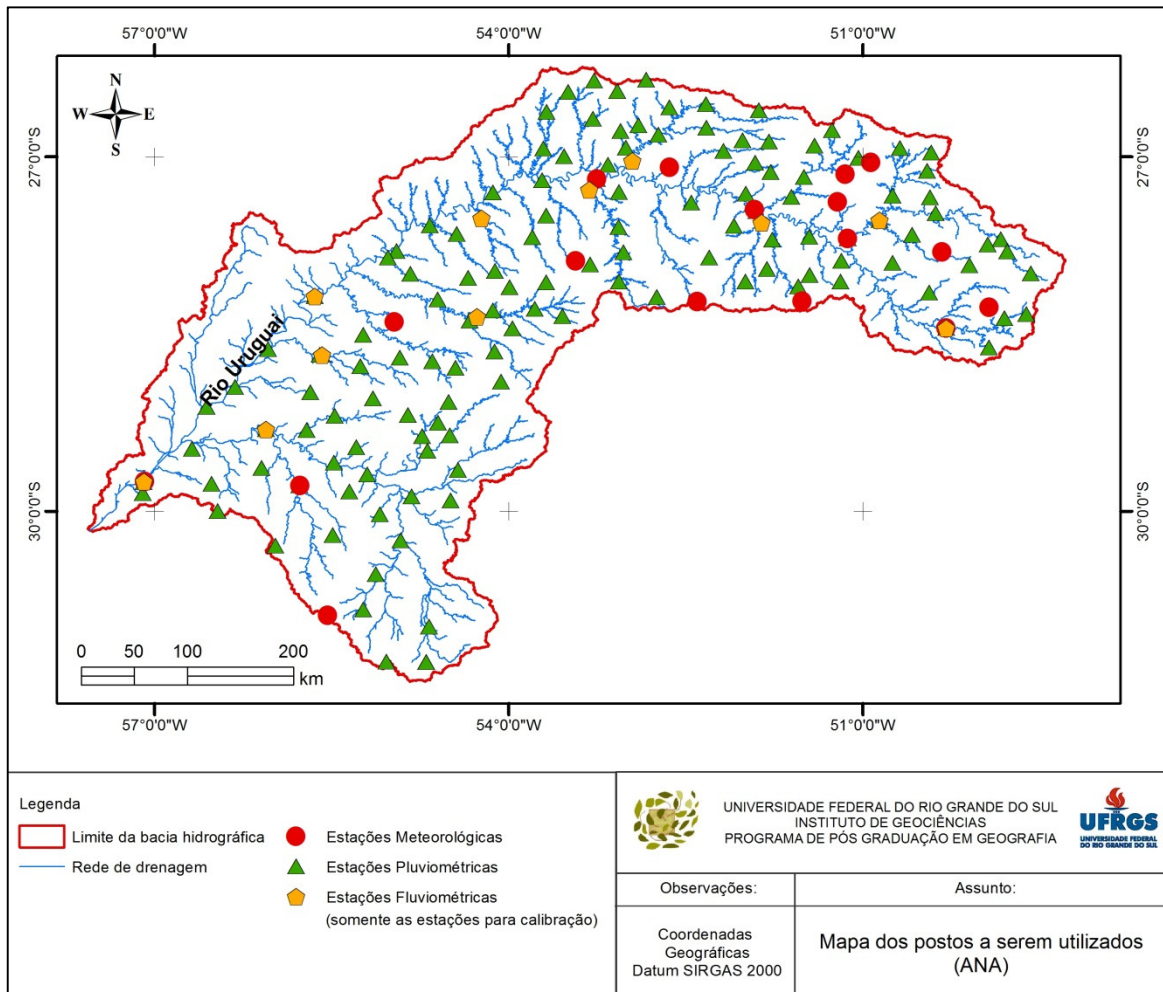


Figura 5.8: Postos pluviométricos, fluviométricos e estações meteorológicas da BHRU.

Foram utilizadas 146 estações pluviométricas, 15 estações meteorológicas e somente 11 estações fluviométricas, em razão de a BHRU ser dividida em 12 sub-bacias (bacias de simulação) (Figura 5.9).

Este procedimento de preparação de dados economiza algum tempo de processamento durante a execução do modelo hidrológico, porque o programa do modelo apenas lê os dados já interpolados para cada célula.

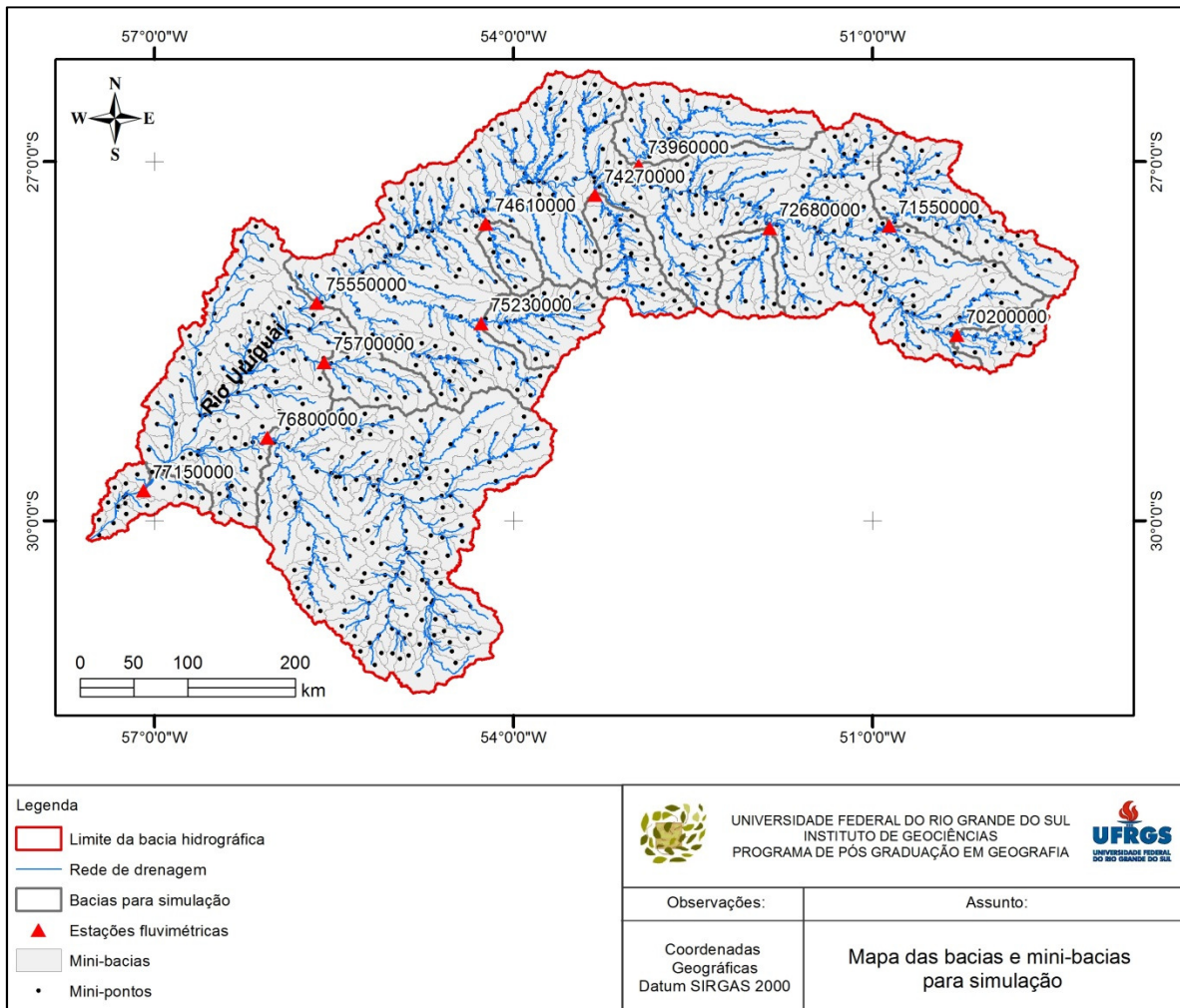


Figura 5.9: Base para a calibração e simulação do modelo.

O período escolhido para a simulação foi de 01/01/1980 a 31/12/2005, considerando a quantidade de dados pluviométricos disponíveis (Figura 5.10). A visualização das datas (anos) na figura ficou comprometida pela grande quantidade de dados, mas podemos perceber que a maior concentração ocorre da metade do quadro, por volta de 1993 até 2005.

A partir dessa base de dados, iniciou-se a calibração do modelo. Os parâmetros utilizados para a sua calibração foram os mesmos de Collischonn (2001). São eles: Wm: Capacidade de armazenamento do solo; b: Relação entre armazenamento e saturação; Kbas: Controla a vazão durante a estiagem; Kint: Controla a quantidade de água da camada do solo que é escoada sub-superficialmente; CS: Para calibração da propagação superficial das células; e, CI: Para calibração da propagação sub-superficial das células.

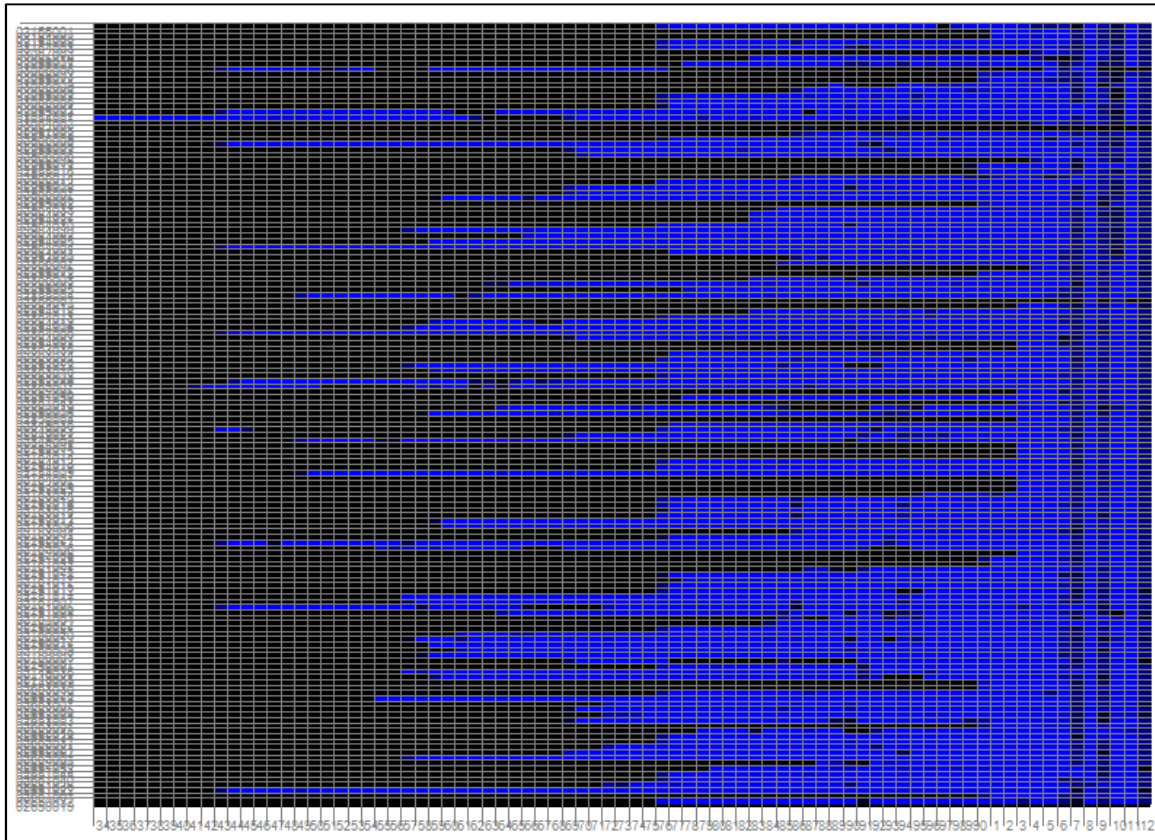


Figura 5.10: Disponibilidade de dados pluviométricos visualizado no MapWindow-Gis com o plugin MGB-IPH.

Importante ressaltar que para outros parâmetros, como os que controlam a evapotranspiração, foram considerados valores assinalados na bibliografia: IAF: Índice de área foliar;  $r_s$ : Resistência superficial;  $r_a$ : Resistência aerodinâmica;  $e$ ,  $h$ : Altura da cobertura vegetal.

Os valores dos parâmetros foram adotados de forma a resultar em um bom ajuste dos dados observados e calculados no posto fluviométrico. O ajuste foi avaliado considerando a análise visual dos hidrogramas e verificando os valores do coeficiente de Nash ( $R^2$ ), do coeficiente de Nash para os logaritmos das vazões ( $R_{log}$ ) e da relação entre volumes medidos e calculados ( $\Delta V$ ). O modelo foi ajustado pelo método das tentativas e não foram utilizadas técnicas de otimização.

A partir de todos esses dados iniciou-se a simulação, conforme a figura 5.11.

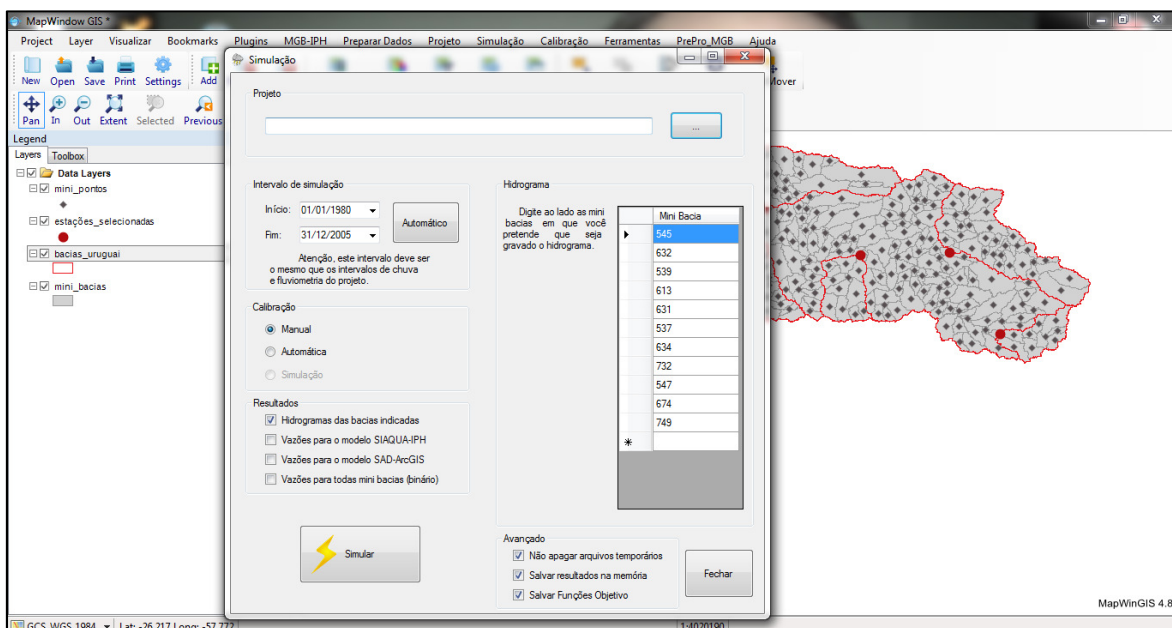


Figura 5.11: Início da simulação no MapWindow-Gis com o plugin MGB-IPH.

Após a simulação, nota-se que os resultados apresentados na tabela 5.2 são muito bons. Os valores dos coeficientes  $R^2$  e Rlog demonstram um excelente ajuste dos hidrogramas.

Quadro 5.2: Dados da simulação para o posto de Uruguaiana.

Posto - ANA	Número Mini-bacia	Município	$R^2$	Rlog	Erro Vol ( $\Delta V$ )
77150000	749	Uruguaiana	0,812	0,865	-3,287

O coeficiente de Nash ( $R^2$ ) tem um valor máximo igual a 1, o qual corresponde a um ajuste perfeito entre as vazões calculadas e as observadas. O valor de  $R^2$  é fortemente influenciado por erros nas vazões máximas, por isto, quando  $R^2$  é próximo de 1, julga-se que o modelo tem um bom ajuste para as cheias. O desempenho de um modelo é considerado adequado e bom se o valor de  $R^2$  supera 0,75, e é considerado aceitável se o valor de  $R^2$  fica compreendido entre 0,36 e 0,75 (GOTSCHALK e MOTOVILOV, 2000).

O erro no volume não tem valor máximo nem mínimo e, também, não é influenciado de forma diferenciada por períodos de cheias ou de estiagens. O valor de  $\Delta V$  apenas expressa a diferença relativa entre a soma de todas as vazões, calculadas e observadas, sem considerar C-3 sua sequência temporal. Esta função objetivo é útil para observar se as perdas de água por evapotranspiração estão sendo corretamente calculadas.

O valor do coeficiente de Nash dos logaritmos das vazões (Rlog) também tem valor máximo igual a 1, e uma influência grande de erros nas vazões máximas. Porém é mais categoricamente influenciado pelas vazões mínimas do que o  $R^2$ .

A figura 5.12 apresenta o hidrograma de vazões diárias calculadas e observadas no rio Uruguai, em Uruguaiana, ao longo de 1980 a 2005. Observa-se que o modelo superestima alguns dos maiores picos das cheias, mas reproduz, de maneira geral, muito bem o hidrograma. Na figura 5.13 é possível visualizar somente as vazões calculadas.

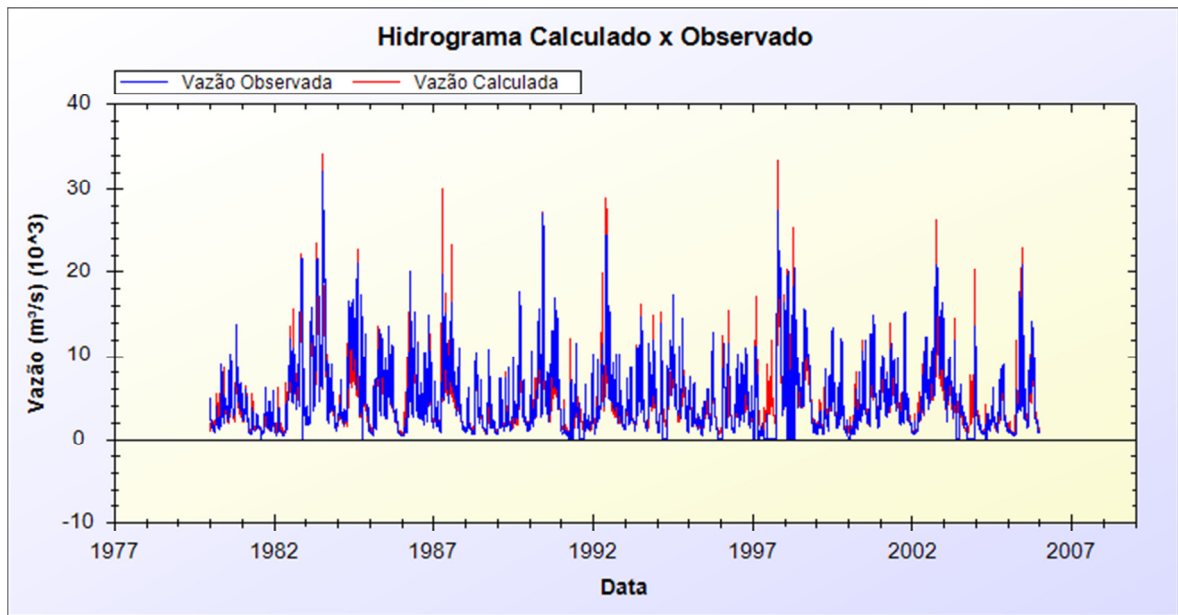


Figura 5.12: Hidrograma de vazão diária calculada e observada do rio Uruguai em Uruguaiana.

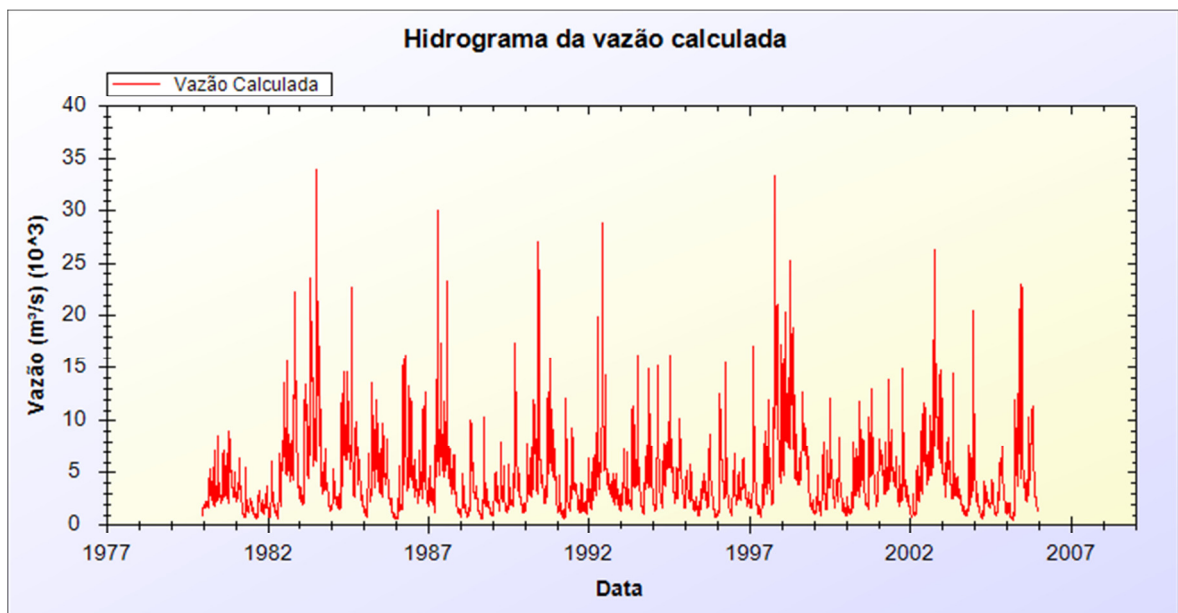


Figura 5.13: Hidrograma de vazão diárias calculadas do rio Uruguai em Uruguaiana.

A curva de permanência das vazões diárias calculada pelo modelo mostra um ajuste excelente (Figura 5.14), mesmo que o modelo tenha superestimado algumas das vazões altas. A curva de permanência indica a porcentagem de tempo que um determinado valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante o tempo de observação.

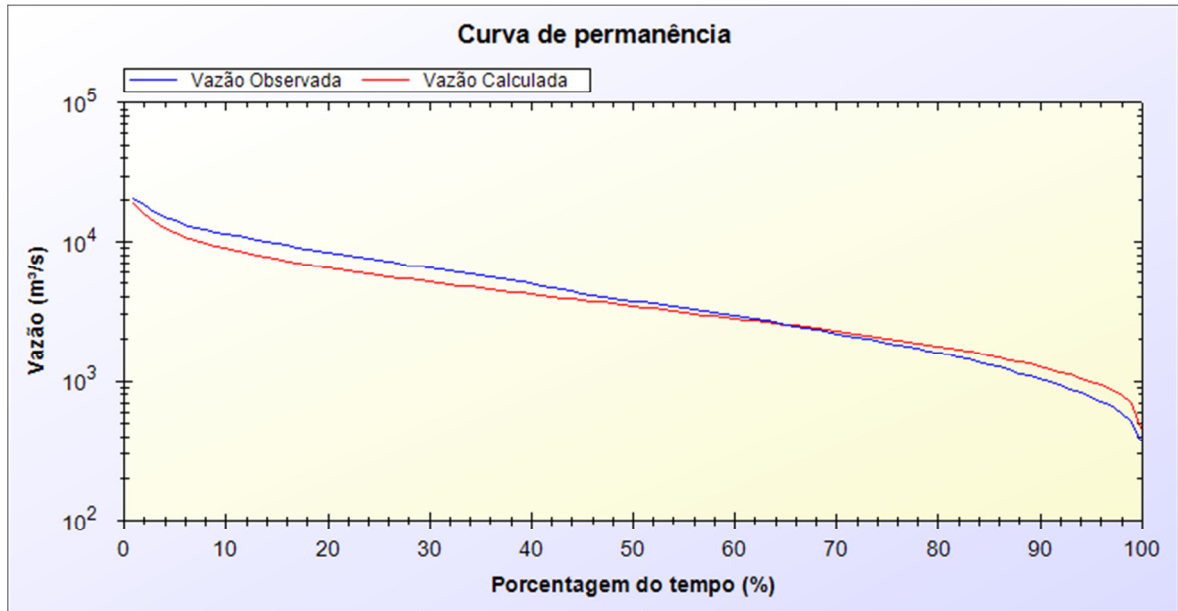


Figura 5.14: Curva de permanência.

É possível analisar separadamente no hidrograma as datas de grandes inundações ocorridas em Uruguaiana, como em Julho de 1983, onde foi decretada situação de emergência (SE) (Figura 5.15). Igualmente, em Maio de 1992, também foi ordenada SE (Figura 5.16).

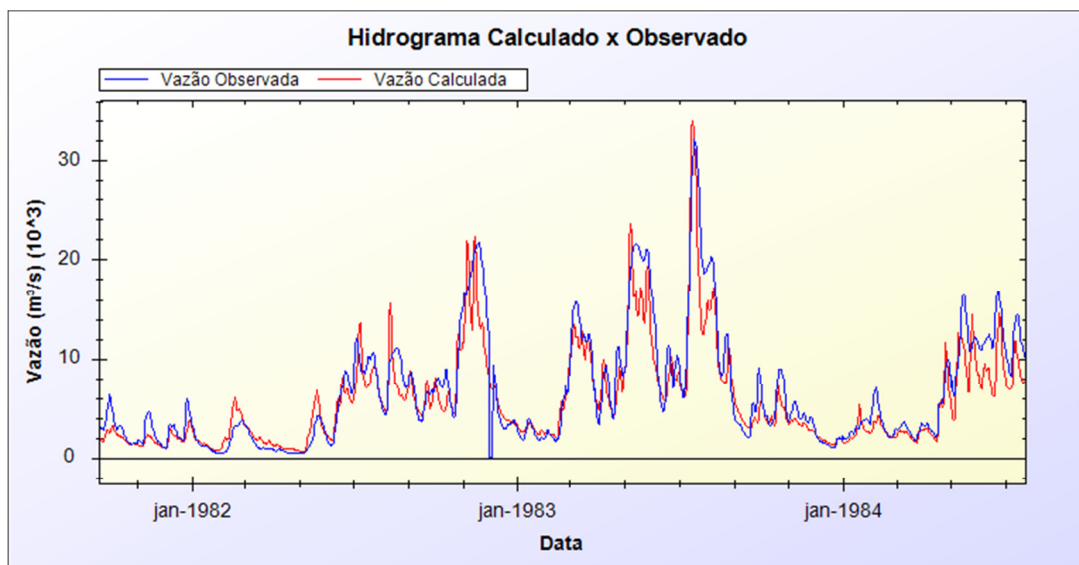


Figura 5.15: Hidrograma da inundação de Julho de 1983.

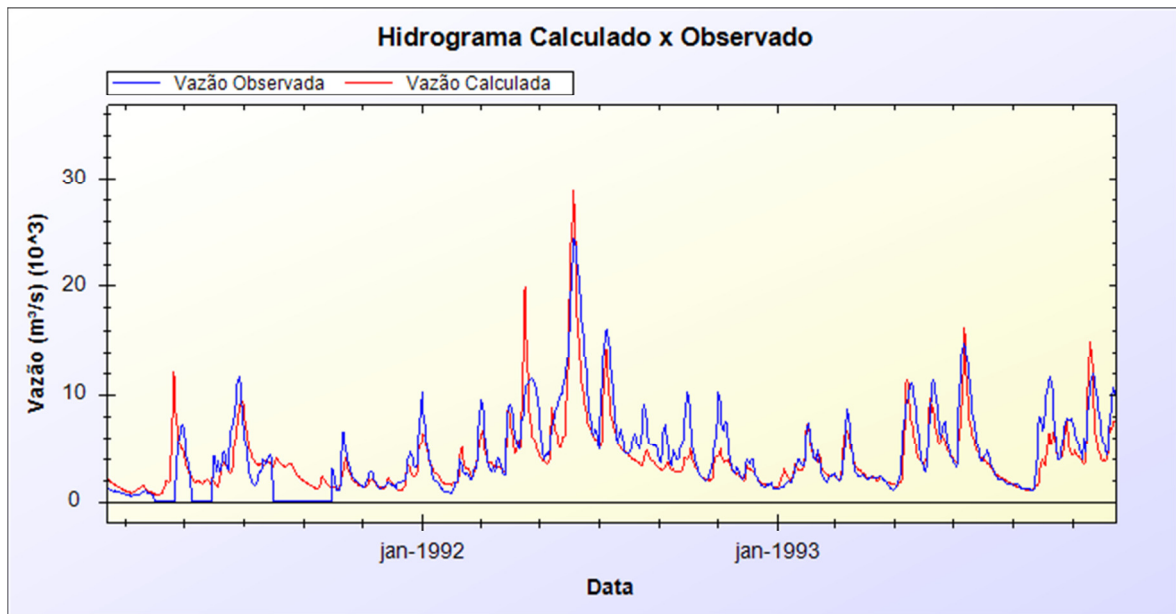


Figura 5.16: Hidrograma da inundação de Maio de 1992.

Os resultados da calibração do modelo em cada um dos postos fluviométricos considerados na análise podem ser observados na tabela 5.3, que mostra os valores do coeficiente de Nash das vazões ( $R^2$ ), os valores do coeficiente de Nash dos logaritmos das vazões (Rlog), e o erro de volumes ( $\Delta V$ ).

Com exceção do erro  $\Delta V$  no posto fluviométrico 74610000, todos os resultados da calibração podem ser considerados muito bons. Os valores das três funções objetivo ( $R^2$ , Rlog e  $\Delta V$ ) nos postos destacam-se e podem ser declarados excelentes.

Quadro 5.3: Dados da simulação para os demais postos fluviométricos.

Posto - ANA	Número Mini-bacia	Município	$R^2$	Rlog	Erro Vol ( $\Delta V$ )
76800000	674	Itaqui/Alegrete	0,758	0,845	-2,441
75700000	547	Santo Antônio das Missões	0,79	0,719	0,472
75550000	732	Garruchos	0,743	0,77	-4,15
75230000	634	Santo Ângelo	0,792	0,77	-1,543
74610000	537	Crissiumal	0,792	0,787	8,226
74270000	631	Iraí	0,787	0,8	-2,103
73960000	613	São Carlos - SC	0,896	0,801	-2,16
72680000	539	Marcelino Ramos	0,792	0,779	-1,63
71550000	632	Vargem - SC	0,793	0,792	-3,674
70200000	545	Bom Jesus	0,788	0,802	-4,748

As figuras 5.17 a 5.26 apresentam os hidrogramas de vazão diárias calculadas e observadas nos postos ao longo dos anos de 1980 a 2005, que fazem parte do período de verificação dos parâmetros. Mais uma vez, observa-se que o modelo segue a tendência de superestimar os picos de vazão.

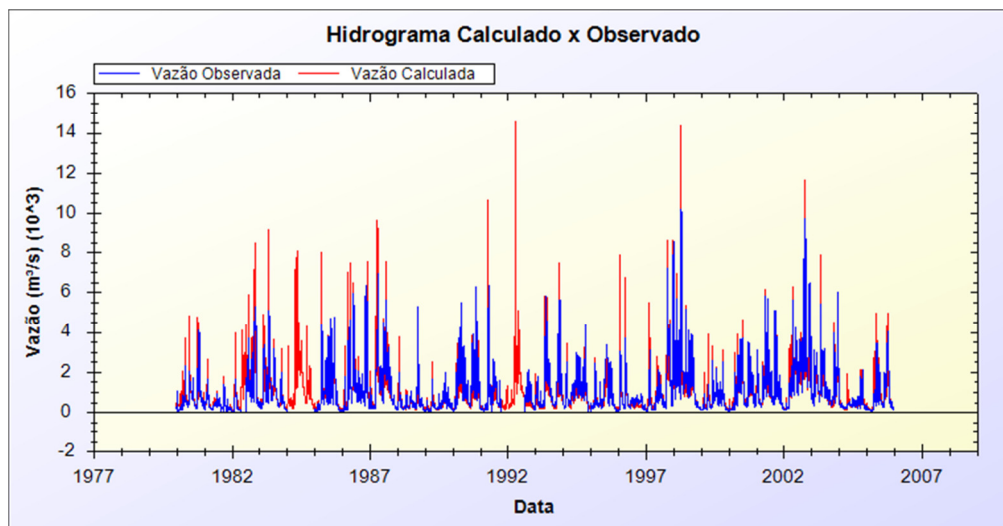


Figura 5.17: Hidrograma da inundação da Estação 76800000.

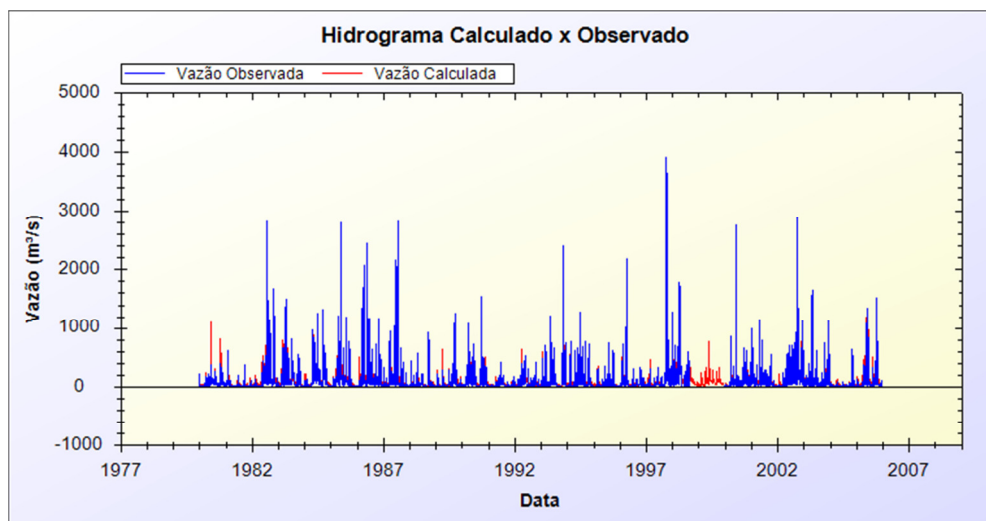


Figura 5.18: Hidrograma da inundação da Estação 75700000.



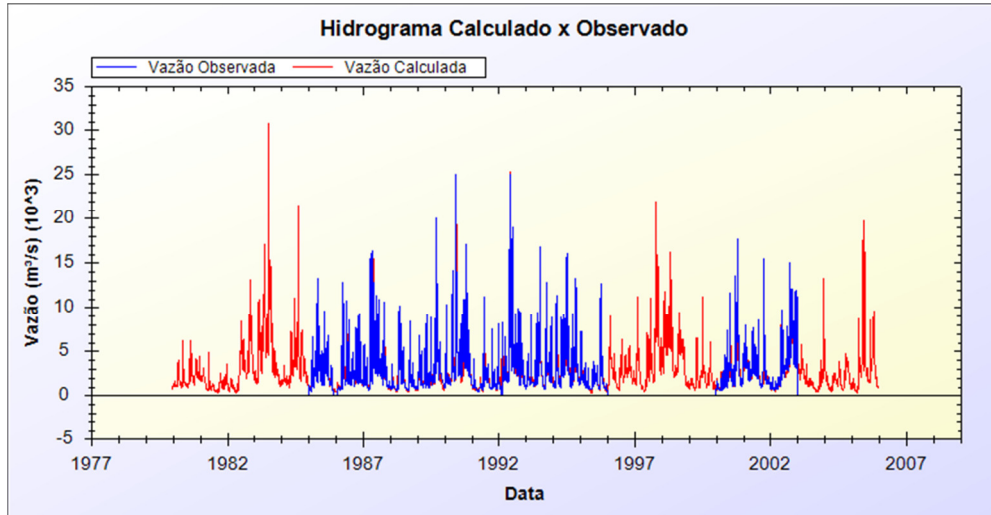


Figura 5.19: Hidrograma da inundação da Estação 75550000.

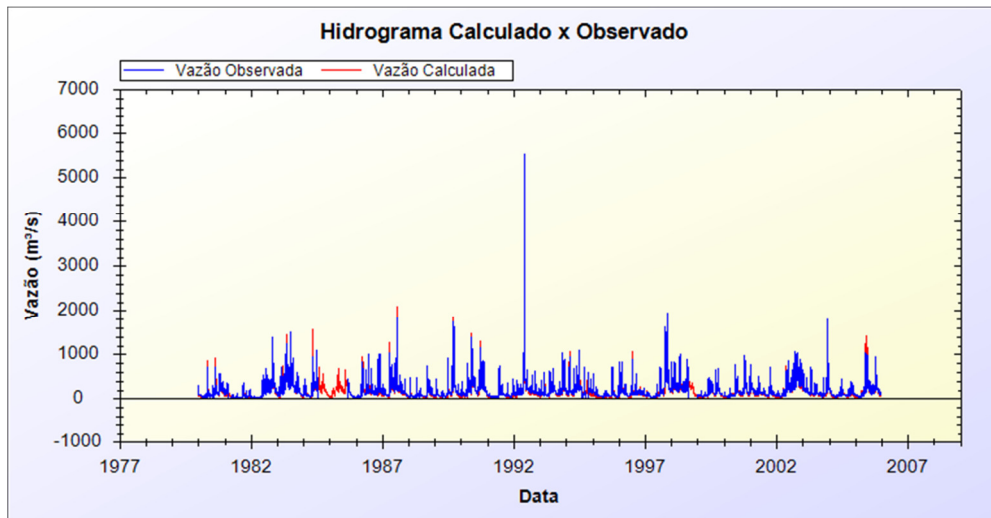


Figura 5.20: Hidrograma da inundação da Estação 75230000.

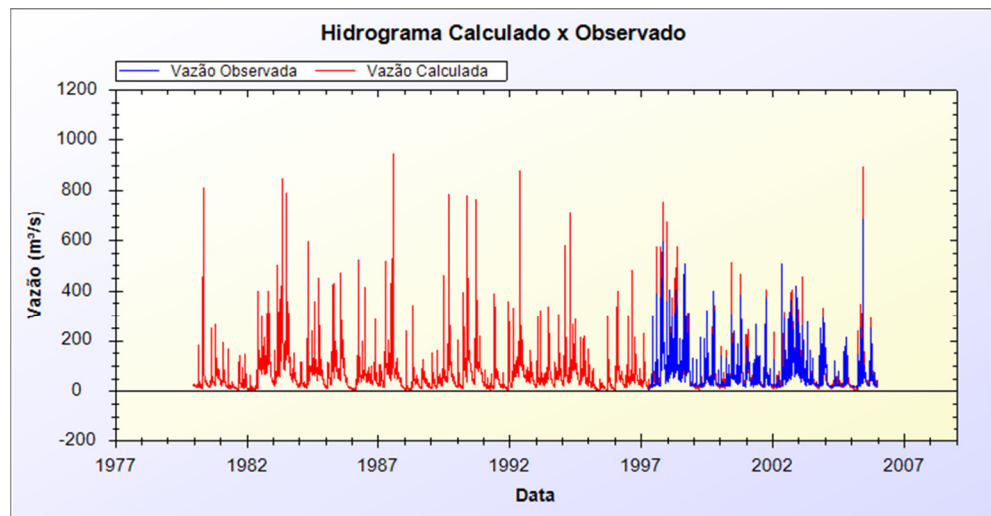


Figura 5.21: Hidrograma da inundação da Estação 74610000.

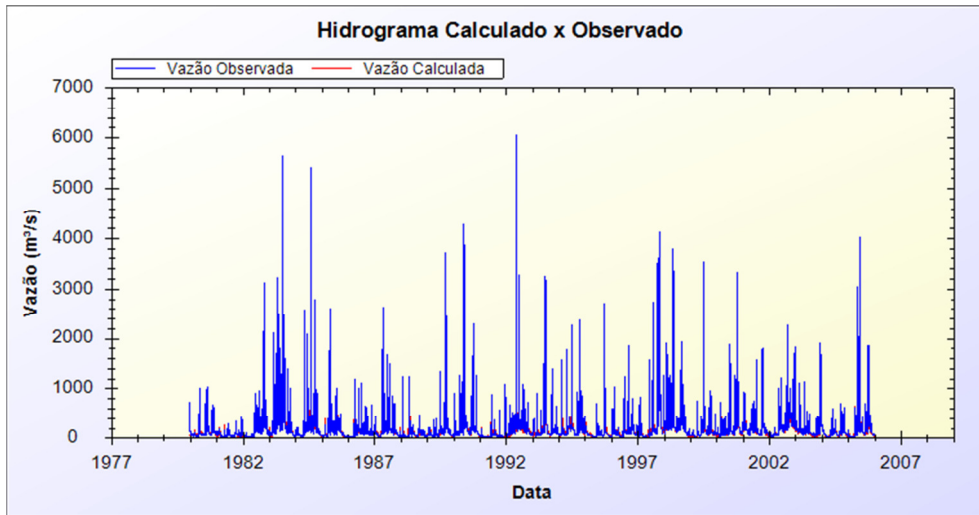


Figura 5.22: Hidrograma da inundação da Estação 74270000.

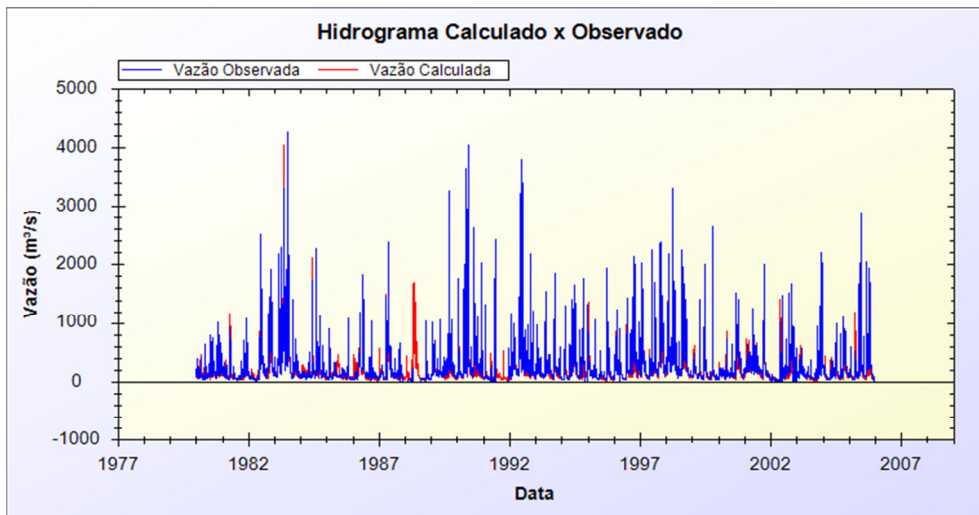


Figura 5.23: Hidrograma da inundação da Estação 73960000.

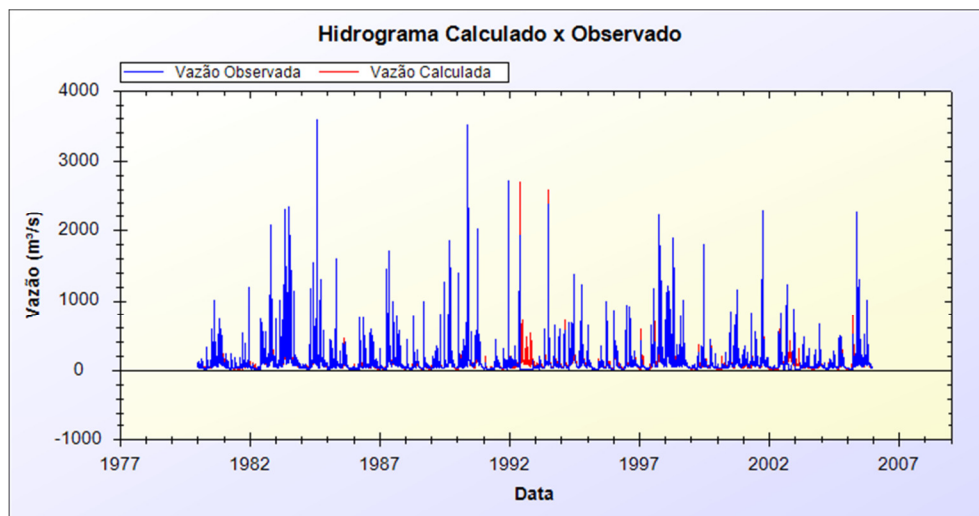


Figura 5.24: Hidrograma da inundação da Estação 72680000.

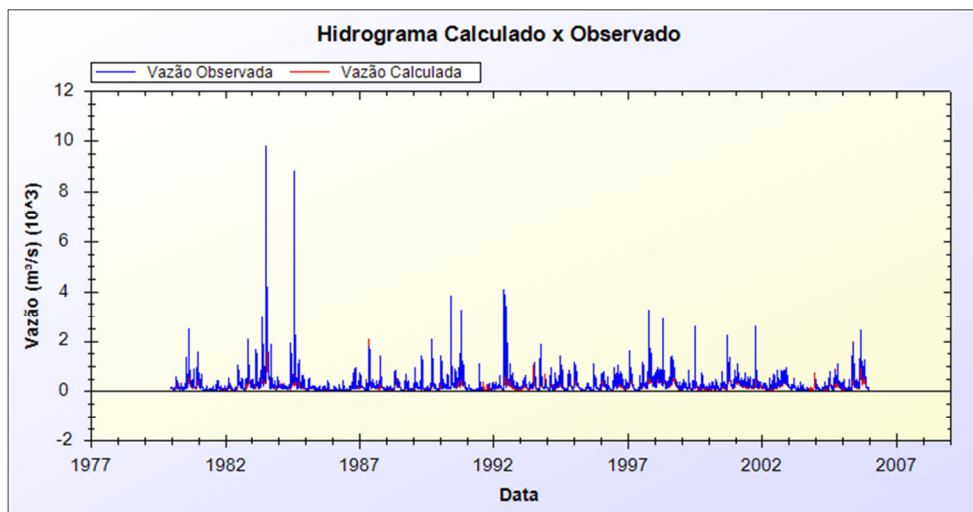


Figura 5.25: Hidrograma da inundação da Estação 71550000.

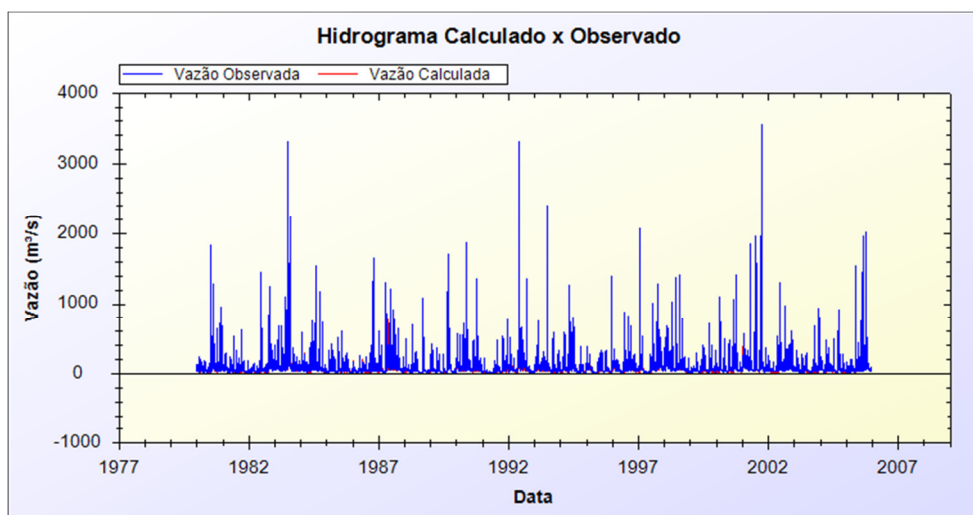


Figura 5.26: Hidrograma da inundação da Estação 70200000.

O modelo MGB-IPH forneceu vazões excelentes no exutório das minibacias e também estimou adequadamente variáveis hidrológicas secundárias, como: fluxos de energia e evapotranspiração, escoamentos superficial, subsuperficial e subterrâneo, armazenamento de água no solo, etc. Ainda, propiciou como resultados de saída vazões e níveis ou profundidades da água nas seções transversais de cálculo.

Dessa maneira, comprova-se, como descreve Collischonn (2001), que o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH) produz excelentes resultados quando aplicado em grandes bacias. Assim, os resultados do modelo têm grande utilidade, já que a informação de variação dos níveis da água é importante para a maioria dos usos dos recursos hídricos na bacia.

## 5.2. DEFINIÇÃO DOS TEMPOS DE RETORNO

Quando um sistema de drenagem não é considerado desde o início do planejamento urbano, é bastante provável que ele ao ser projetado revele-se, ao mesmo tempo, de alto custo e deficiente. É conveniente para a comunidade que a área urbana seja planejada de forma integrada. Se existirem planos de desenvolvimento regionais, estaduais ou federais, é interessante a perfeita compatibilidade entre esses documentos e o plano de desenvolvimento urbano.

Uruguaiana foi projetada, construída e expandida sem conter em seu bojo um plano de drenagem urbana que visasse delimitar as áreas mais baixas e potencialmente inundáveis. Para conseguir demarcar essas áreas da cidade, empregou-se além do modelo MGB-IPH (vazões), um modelo hidráulico – Hec Ras e a extensão Hec Geo Ras.

Para organização do perfil batimétrico do rio Uruguai, obtido junto ao banco de dados da ANA, foi utilizada a extensão Hec Geo Ras acoplada no ArcGis, o qual exportou todas as informações georreferenciadas para o modelo Hec Ras. Os demais perfis foram interpolados de forma automática pelo próprio programa

A topografia da área da planície de inundação foi toda ela organizada com ajuda de um GPS de alta precisão. Não se pode usar a imagem SRTM por seu elevado erro. Também se consultou uma base topográfica disponibilizada pela Prefeitura, com curvas equidistantes de 5 em 5 metros e imagens ASTER, com precisão de 15 metros.

Alguns autores, como Trentin *et al.* (2008), conseguiram mapear as áreas de inundação na área de abrangência do rio Jacuí, RS, a partir de imagens MODIS. Neste trabalho, foi verificada também a relação entre as áreas inundáveis e os aspectos morfométricos, como a altimetria e a declividade, ambos obtidos através de dados SRTM. Mas, em virtude da extensa área de estudo e da baixa resolução dos dados utilizados, os resultados não apresentaram grande precisão ou detalhamento.

No estudo de Bates e De Roo (2000), a modelagem das áreas de inundação na planície do rio Meuse, na Holanda, foi desenvolvida a partir de modelos digitais de elevação. Os dados de radar foram utilizados para a validação do mapa de inundação. No trabalho, foram usadas imagens *Sinthetic Aperture Radar* (SAR) do pico de uma inundação de grande magnitude. Os resultados obtidos foram satisfatórios.

Os grandes rios, como o rio Uruguai, controlam o escoamento em seus afluentes. Quando os níveis da água elevam-se, parte do volume esco para as respectivas planícies de inundação. Ao mesmo tempo, os pequenos afluentes são represados, diminuindo a vazão e, muitas vezes, invertendo o sentido do fluxo. Assim, ocorre também

armazenamento nas planícies de inundação dos afluentes. Este fenômeno sucede em dois pequenos afluentes do rio Uruguai, próximos da área urbana de Uruguaiana, por esse motivo eles não foram levados em consideração na execução do modelo.

Nesse sentido, após todas as bases organizadas, pôde-se então executar o programa, obtendo-se os níveis de inundação para os cenários e tempo de retorno definidos, no qual os níveis foram calculados pelo regime permanente. A calibragem do coeficiente de Manning teve que ser manipulada para que se obtivesse um conjunto preciso.

Os tempos de retorno (TR) referem-se às cotas obtidas na série histórica entre os anos de 1980-2005, analisada no modelo MGB-IPH. Assim, foram delimitados três TR: de 10 anos, de 20 anos e 100 anos.

O tempo de retorno de 10 anos, com uma vazão de  $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ , atinge uma cota topográfica de 49,26 metros (Figura 5.27).

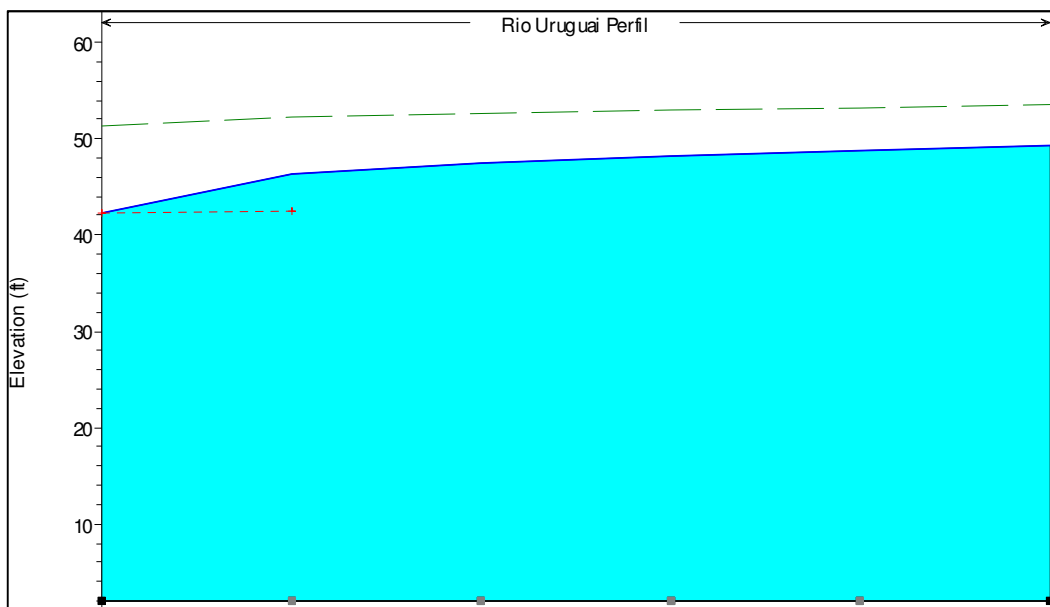


Figura 5.27: Cota do TR 10.

Eckhardt (2008) constatou que a maioria dos eventos de inundação registrados na cidade de Lajeado - RS apresenta um período de retorno inferior a 10 anos, indicando um alto risco de estas áreas serem atingidas por inundações. Conforme o autor, os imóveis, edificações e infraestruturas, localizadas abaixo da cota topográfica de 26 m, possuem um alto risco de sofrerem danos decorrentes das inundações.

As áreas de inundação no TR 20 anos atingem uma cota no terreno de 51,76 metros, com uma vazão de aproximadamente  $9.000 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 5.28).

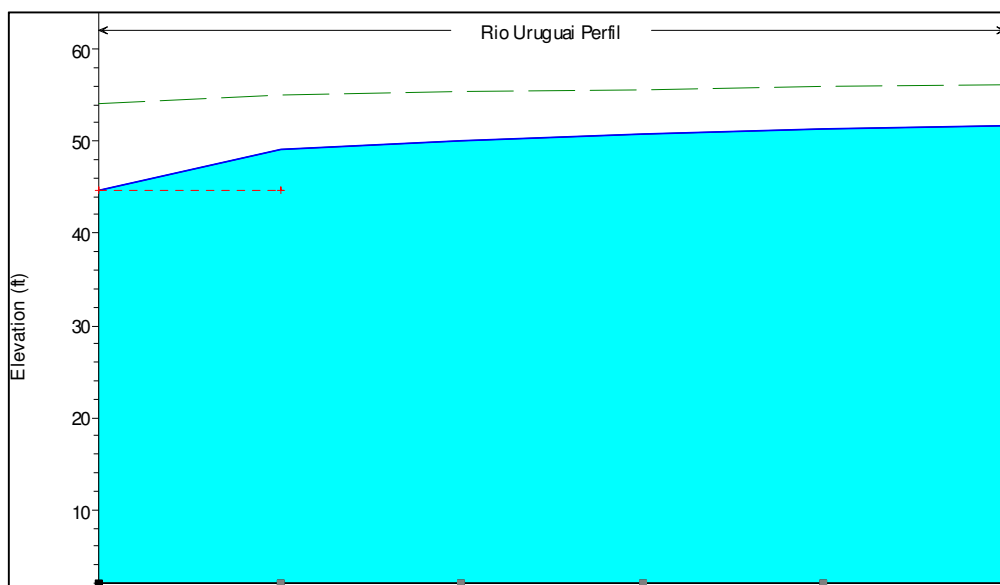


Figura 5.28: Cota do TR 20.

O terceiro tempo de retorno calculado foi para 100 anos, em que se alcança a cota de 53,91 metros (Figura 5.29). Nesse sentido, a cota máxima obtida foi superior à encontrada por Tucci e Lopes (1985) para a área urbana de Uruguaiana, que era de 52 metros. Vale ressaltar que na década de 1980 não havia fontes de dados consistentes, capazes de proporcionar resultados precisos.

A cota de 52 metros já estava em discussão pela Defesa Civil de Uruguaiana, pois atualmente com auxílio de GPS, a Defesa Civil mapeia áreas com altimetria superior a 52 metros quando atingidas por grandes picos de vazão.

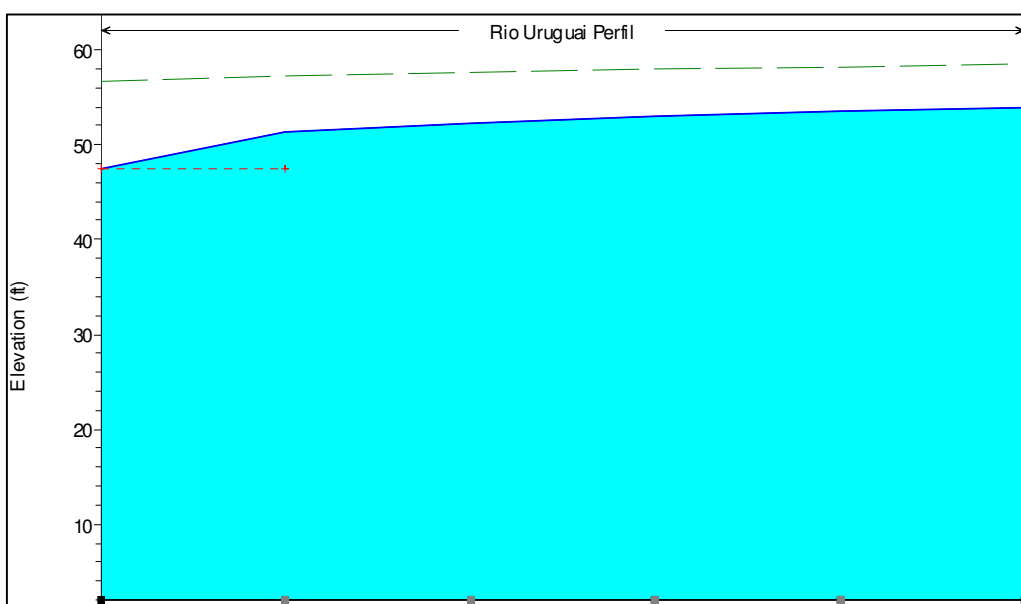


Figura 5.29: Cota do TR 100.

Importante mencionar que os resultados do modelo Hec Ras foram validados para áreas já inundadas, conforme levantamento de campo realizado junto com a Defesa Civil.

A figura 5.30 mostra o mapa base que será utilizado para a espacialização dos tempos de retorno e todos os mapas gerados.

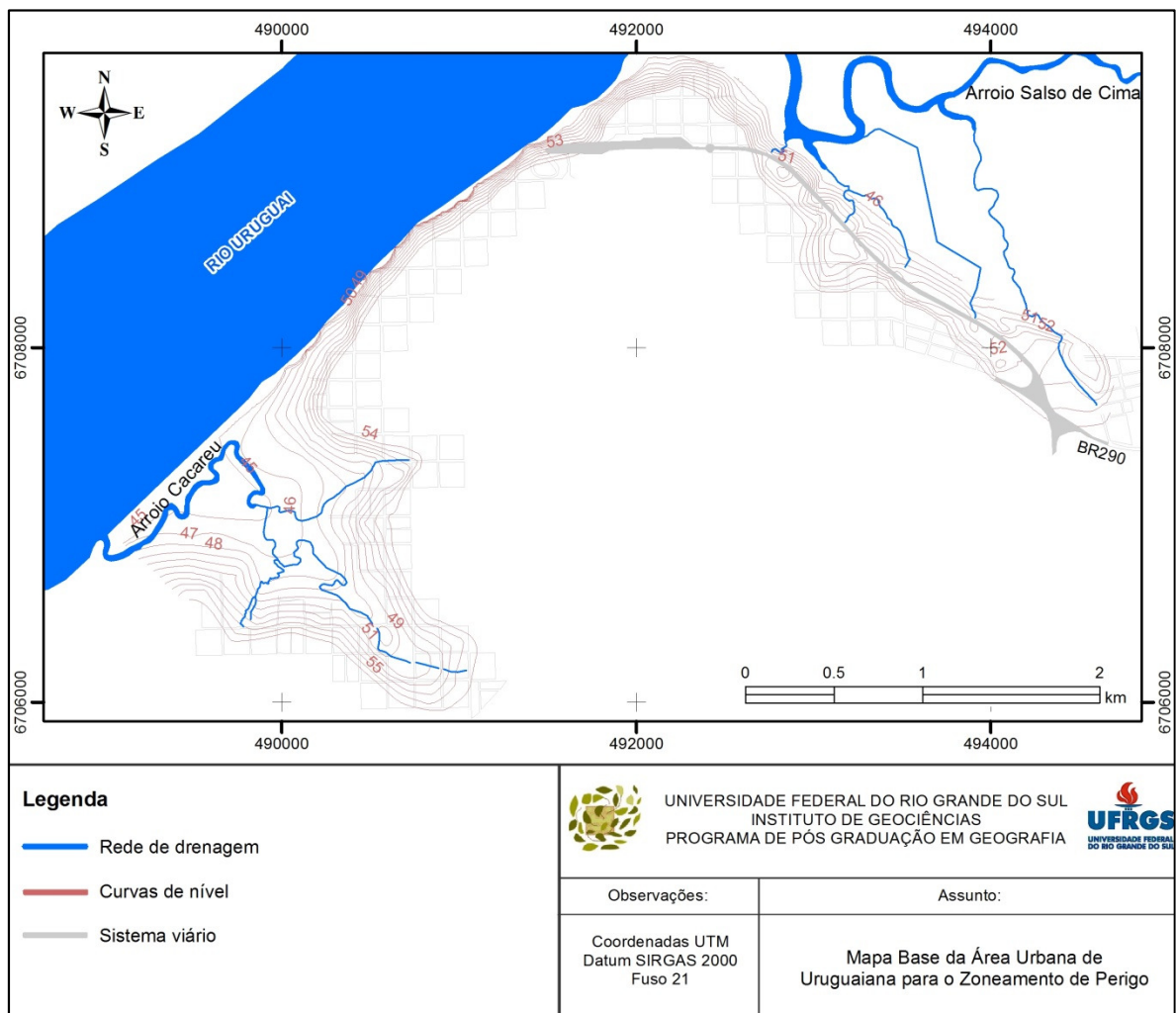


Figura 5.30: Mapa base para espacialização de dados.

O processo de mapeamento que utiliza base cartográfica com a localização precisa dos elementos da bacia hidrográfica e de suas características hidráulicas constitui material importante para avanços do setor técnico em relação à população. A cartografia, assim gerada, é ilustrativa dos problemas que merecem ser solucionados, uma vez que a população tem dificuldade em perceber o espaço urbano e o sistema de drenagem como um todo.

### 5.3. ZONEAMENTO DO PERIGO

As áreas suscetíveis a inundações ao norte da área urbana de Uruguaiiana são influenciadas pela BR 290, a qual foi reestruturada na década de 1940 com a construção da ponte internacional Uruguaiiana - Paso de Los Libres, sendo elevados 4 metros do nível de base. Assim, foi construído um dique e sobre ele depositada a BR 290 (Figura 5.31).

A ponte que liga Uruguaiiana (Brasil) a Paso de Los Libres (Argentina) foi a primeira a ser construída entre os dois países. Na década de 1940 era considerada a maior ponte da América do Sul. Ela mede 1.419 metros de extensão e transformou a cidade de Uruguaiiana no maior porto seco do País, passando por ela, uma média de 15 mil caminhões por mês.



Figura 5.31: Dique da BR 290.

Fonte: Google Earth.

O dique<sup>2</sup> em que a BR 290 está assentada não auxilia totalmente na contenção das águas do rio Uruguai na parte norte da área urbana quando essas se elevam pelo aumento de chuvas na BHRU (Figura 5.32). Isto ocorre porque foram abertos três bueiros (estruturas de travessias) ao longo do dique para escoamento da água pluvial urbana, assim as águas do rio Uruguai quando se elevam, ultrapassam o dique pelos bueiros e ficam bloqueadas (Figura 5.33).

<sup>2</sup> Construção destinada a represar água corrente, não considerada em termos geológicos (formação ígnea intrusiva de forma tabular).





Figura 5.32: Área inundada ao norte da área urbana.  
 Fonte: Defesa Civil de Uruguaiana – inundação de julho 2014.

A construção de diques para a prevenção de inundações pequenas é satisfatória. Porém, acarreta um perigo quando uma inundação de maior envergadura ocorre, pois o sistema de proteção proporcionado pelos diques somente é eficaz quando for construído sem aberturas. Se elas existirem, as águas alcançam o lado oposto e ele torna-se completamente inútil.

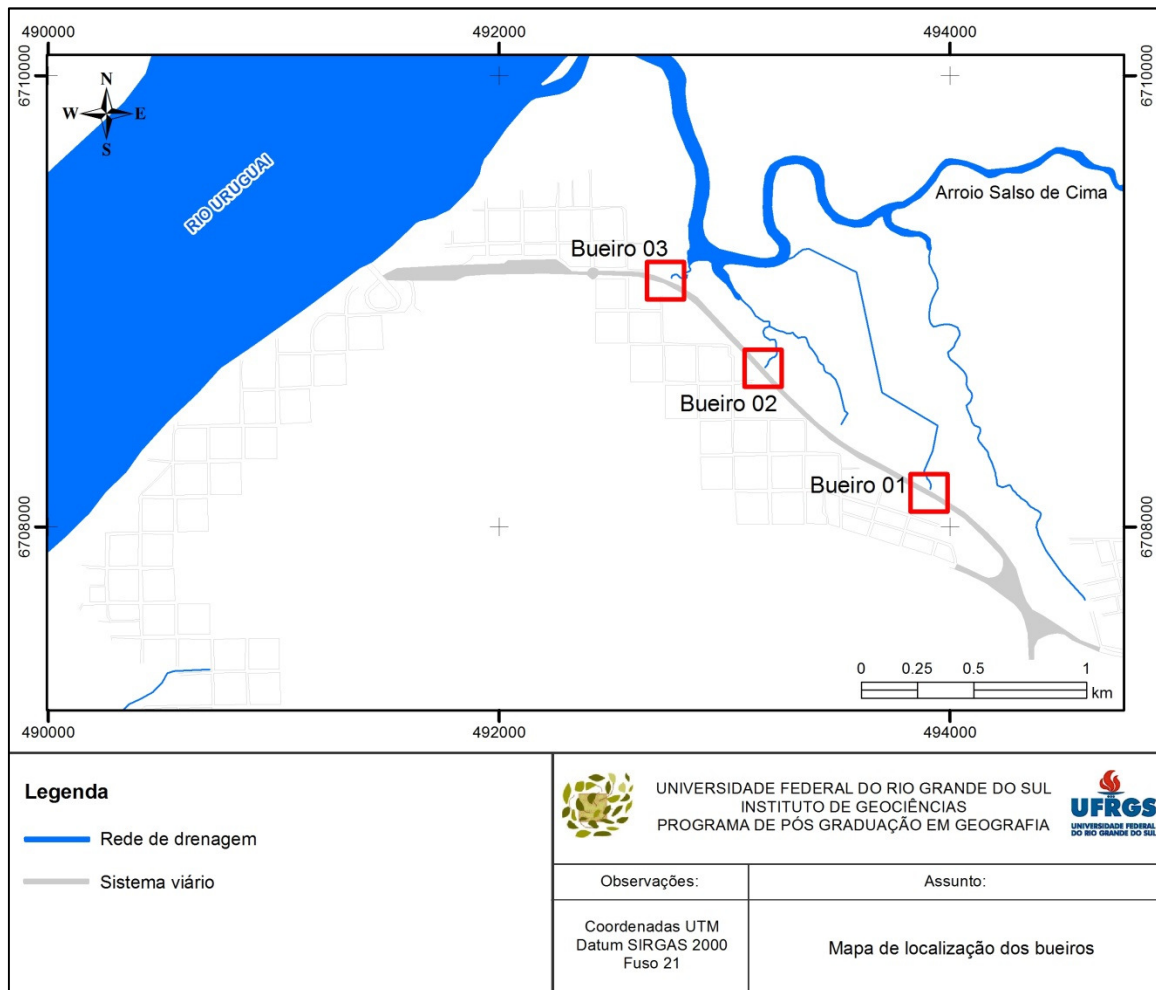


Figura 5.33: Localização dos bueiros (estruturas de travessias) na BR 290.

Os bueiros desses locais precisam ajustar-se às vazões críticas que deverão suportar, além de seguir as demais normas de construção estabelecidas conforme o Manual de Drenagem Rodoviária do DNIT (BRASIL, 2006). A vazão de projeto é a vazão máxima (crítica) que poderá ocorrer na área de contribuição (bacia de contribuição) a montante do ponto de instalação do bueiro.

Como os bueiros foram projetados há, praticamente 66 anos antes das Normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, eles deveriam ser retirados e uma nova forma de escoamento das águas pluviais dos pequenos canais na parte norte da área urbana teria que ser dimensionada.

O bueiro 01 é duplo tubular de concreto (Figura 5.34). Esse tipo de bueiro celular é um dispositivo constituído por células de concreto armado, moldadas com a finalidade de transpor córregos e riachos interceptados pela rodovia. Pode apresentar seção quadrada ou retangular, e ser executados em linhas simples, duplas ou triplas (BRASIL, 2006).



Figura 5.34: Bueiro 01.

Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

O segundo bueiro é triplo tubular de concreto, permitindo a passagem livre da água que é drenada da área urbana. A Figura 5.35 apresenta o dispositivo e as valas que foram abertas para o direcionamento das águas. Os canais artificiais são simples e não possuem concreto em sua base.



Figura 5.35: Bueiro 02.

Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

O terceiro bueiro duplo tubular de concreto apresenta grande quantidade de vegetação no nível de entrada da água, que pode vir a ser um problema quando da ocorrência de uma inundação (Figura 5.36).



Figura 5.36: Bueiro 03.

Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

Uma solução interessante para tentar diminuir os impactos causados pelas inundações nessa região seria a construção de comportas de concreto com as bordas emborrachadas que se encaixem perfeitamente aos bueiros. Assim, evitaria a entrada da água devido à subida do rio Uruguai nos bueiros. Para fazer a retirada da água da chuva e dos pequenos canais do outro lado do dique deveria ser instaladas bombas com motores movidos à gasolina (construção de duas ou três Casas de Bombas).

Esse tipo de obra foi feita em Porto Alegre, que está protegida contra inundações dos rios Gravataí e Guaíba por um sistema de diques e comportas. No entanto, para que as águas pluviais e os esgotos passem pelo sistema de proteção contra inundações e consigam entrar nos rios, especialmente quando o nível destes está elevado, é necessário um sistema de bombeamento composto por 19 Casas de Bombas. Este sistema possibilita que a água da chuva vinda de redes de esgotos e canais seja drenada para o rio. Todo este complexo evita o retorno das águas para as redes e, conseqüentemente, o transbordamento de canais, bocas-de-lobo e poços-de-visita, espalhados pelas vias e passeios da cidade (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2015).

Já, na parte sul da área urbana encontra-se o arroio Cacaréu, com aproximadamente 4 km (Figura 5.37). Devido às ocupações irregulares no local, o arroio tornou-se um depósito de todo tipo de resíduo. O problema não reside apenas nas áreas de ocupação irregular, mas também nas áreas planejadas, pois nelas não há coleta nem tratamento do esgoto, muito menos o devido destino do lixo. O despejo desses resíduos às margens do arroio diminui consideravelmente a sua capacidade de escoamento, aspecto que contribui para aumentar as conseqüências negativas das inundações.

Como não há rede coletora pública, muitas casas lançam o esgoto doméstico diretamente no canal, situação considerada irregular pelas normas ambientais.

Logo após grandes inundações a prefeitura faz a dragagem em alguns pontos do arroio, que é realizada para o desassoreamento, alargamento, desobstrução e aumento da profundidade do canal. A limpeza e dragagem do arroio recuperam a capacidade de escoamento, no entanto são medidas paliativas, além de serem causadoras de impactos ambientais significativos.

Outro fator agravante é a construção de algumas intervenções físicas junto ao arroio, como as pontes e travessias, que causam estrangulamentos e obstruções, prejudicando o padrão normal do escoamento.



Figura 5.37: Arroio Cacaréu.  
Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

É evidente a intervenção antrópica na redução da cobertura vegetal nas margens do arroio e o completo descaso com as áreas de preservação permanente (APPs). A Figura 5.38 expressa a significativa diminuição da vegetação ciliar ao longo do rio Uruguai.

Segundo Vestena e Thomaz (2006), a conservação da mata ciliar é de suma importância para a manutenção da qualidade da água, pois diminui os processos erosivos ao longo das margens e, conseqüentemente inibe o assoreamento do leito.

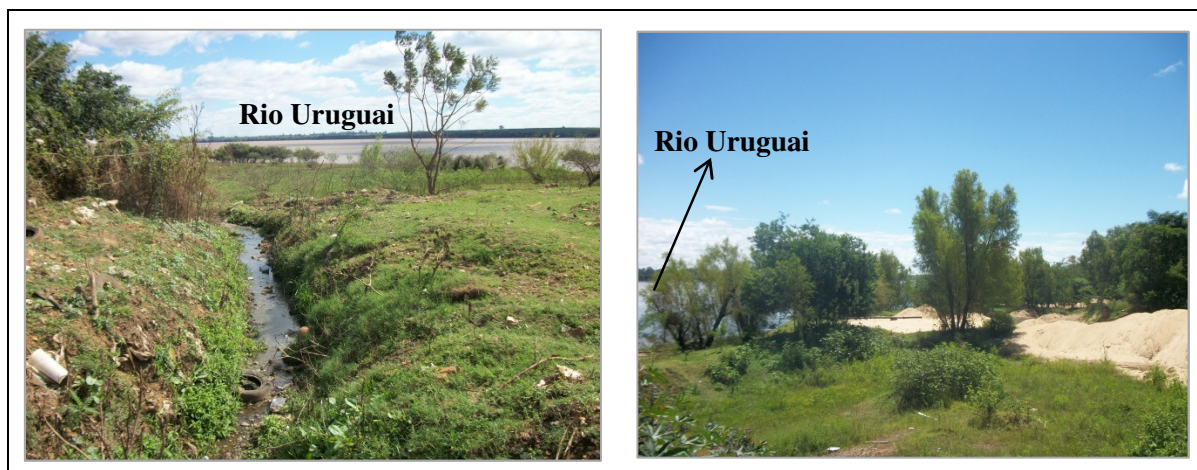


Figura 5.38: Rio Uruguai.  
Fonte: Trabalho de campo – Agosto/2014.

O artigo 2º do Código Florestal, alterado em 2012, estabelece para cursos fluviais perenes e intermitentes, excluído os efêmeros, que tenham largura superior a 600 metros, caso do rio Uruguai em Uruguaiana, que a sua área de preservação permanente abranja as respectivas faixas marginais e que cada faixa disponha de uma largura de, no mínimo, 500 metros (Figura 5.39).

Uma das atribuições fundamentais das APPs é a de assegurar o bem-estar das populações humanas, algo que só é possível se elas não estiverem ocupadas com edificações ou atividades agropecuárias, e ao mesmo tempo, mantenham a vegetação nativa devidamente preservada e protegida. Mas o que se percebe em Uruguaiana é a quase total ocupação das margens do rio Uruguai, em confronto com o que estipulam as leis ambientais.

Um exemplo de como a ocupação de tais espaços afeta o bem-estar das populações humanas pode ser verificado na tragédia provocada pelas fortes chuvas ocorridas nos estados de Alagoas e Pernambuco em junho de 2010. Aquele episódio causou o transbordamento de rios e a morte de mais de 50 pessoas, além de outras 50 mil que ficaram desabrigadas ou desalojadas, resultando também em prejuízos socioeconômicos de elevado valor (SCHÄFFER, 2011).

A catástrofe que atingiu a região do Vale do Itajaí em Santa Catarina no final do ano de 2008 (com mais de 130 mortos) é outro exemplo contundente desse problema, incluindo prejuízos econômicos e perdas de vidas humanas, que decorrem ou são potencializados pela ocupação de tais áreas com agricultura, edificações ou obras de infraestrutura, como estradas (SCHÄFFER, 2011).

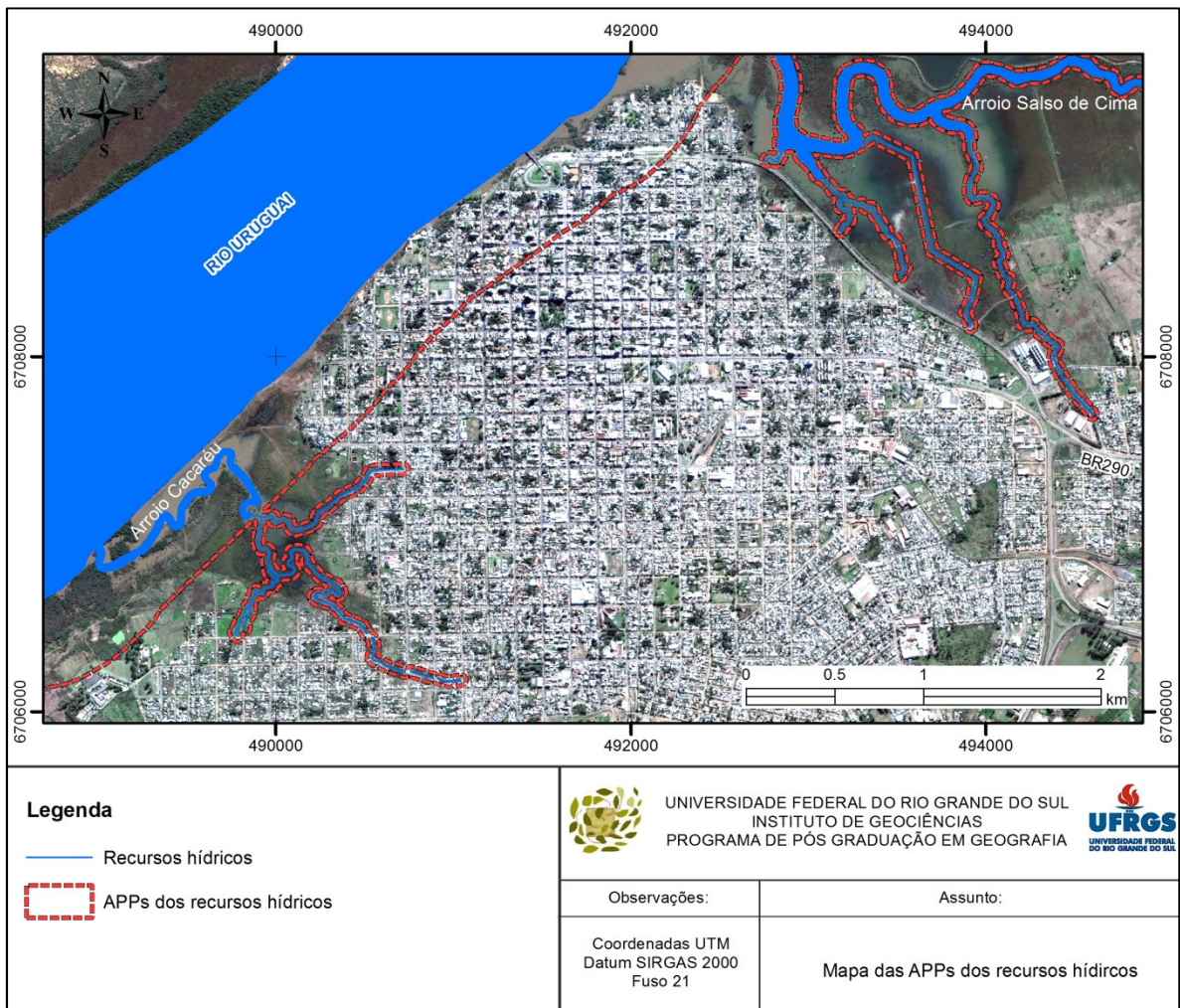


Figura 5.39: Áreas de Preservação Permanente dos recursos hídricos.

Cabe salientar que as APPs não têm apenas a função de preservar a vegetação ou a biodiversidade, mas reúnem uma finalidade ambiental muito mais abrangente, voltada, em última instância, a proteger espaços de relevante importância para a conservação da qualidade ambiental como a estabilidade geológica e a proteção do solo e, assim, assegurar o bem estar das populações humanas.

O Código Florestal prevê faixas de 30 metros em cada margem, para os arroios Cacaréu e Salso de Cima, independente de estarem localizados em área rural ou urbana. Para as nascentes (perenes ou intermitentes) a lei estabelece um raio mínimo de 50 metros no seu entorno independentemente da localização, mas infelizmente não foi possível a identificação precisa das mesmas. Assim, não foram mapeadas essas APPs.

O mapa com a espacialização das classes de perigo à inundação da área urbana de Uruguaiana levou em consideração os TRs delimitados. Sua elaboração definiu três níveis de perigo: alto, médio e baixo (Figura 5.40).

A faixa de alto perigo possui tempo de retorno até 10 anos e nela encontram-se 50 edificações. Observando o mapa, nota-se que os usos urbanos concentram-se predominantemente a partir desta faixa.

As áreas caracterizadas de médio perigo (maior de 11 anos de TR e menor de 20 anos) possuem um total de 652 edificações, com usos predominantes residenciais. Caso venham a ser atingidas por algum evento, os danos nessas estruturas deverão ser grandes, em virtude dos seus constituintes serem frágeis (madeira e chapas).

A faixa de baixo perigo possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, pois se situa em cota superior a 53,9 m. Essa área, somente é atingida em anos excepcionais (igual ou maior a 21 anos de TR). A sua definição é útil para informar à população sobre a grandeza do risco à que está sujeita, pois nela há um número expressivo de edificações com boas estruturas (alvenaria), um total de 962.

Se a planície de inundação na área urbana de Uruguaiana fosse preservada ou conservada, de modo a garantir a permanência da água nesses locais, os episódios de inundações não teriam desfechos alarmantes e catastróficos como os já observados.

Assim como Uruguaiana, o município de Itajubá, MG, apresenta grande perigo a inundações, tendo a maior parte de sua área urbana localizada na planície de inundação do rio Sapucaí e, portanto, concentra parcela significativa da população urbana. Durante a cheia de janeiro de 2000, mais de 70% da área urbana foi inundada, em alguns locais com profundidades de submersão de até 3 metros e duração superior a três dias. Registraram-se quatro mortes e cerca de 20.000 desabrigados. O tempo de retorno estimado para esse evento foi de 100 anos (VIANNA *et al.*, 2001).

Silva (2007) também identificou áreas sujeitas à inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá, inserida no município de João Pessoa. A partir dos níveis de água e da base cartográfica usada, que tem equidistância das curvas de nível de 5 e 5 metros, foi possível gerar o mapa de inundação.

Mesmo com todas as dificuldades dos órgãos públicos o planejamento adequado das áreas de perigo de inundação, regulando a construção de empreendimentos, removendo gradualmente a ocupação e recuperando as áreas desocupadas, são as medidas que mais contribuem para a melhor convivência do homem com eventos extremos, uma vez que estes não podem ser controlados.



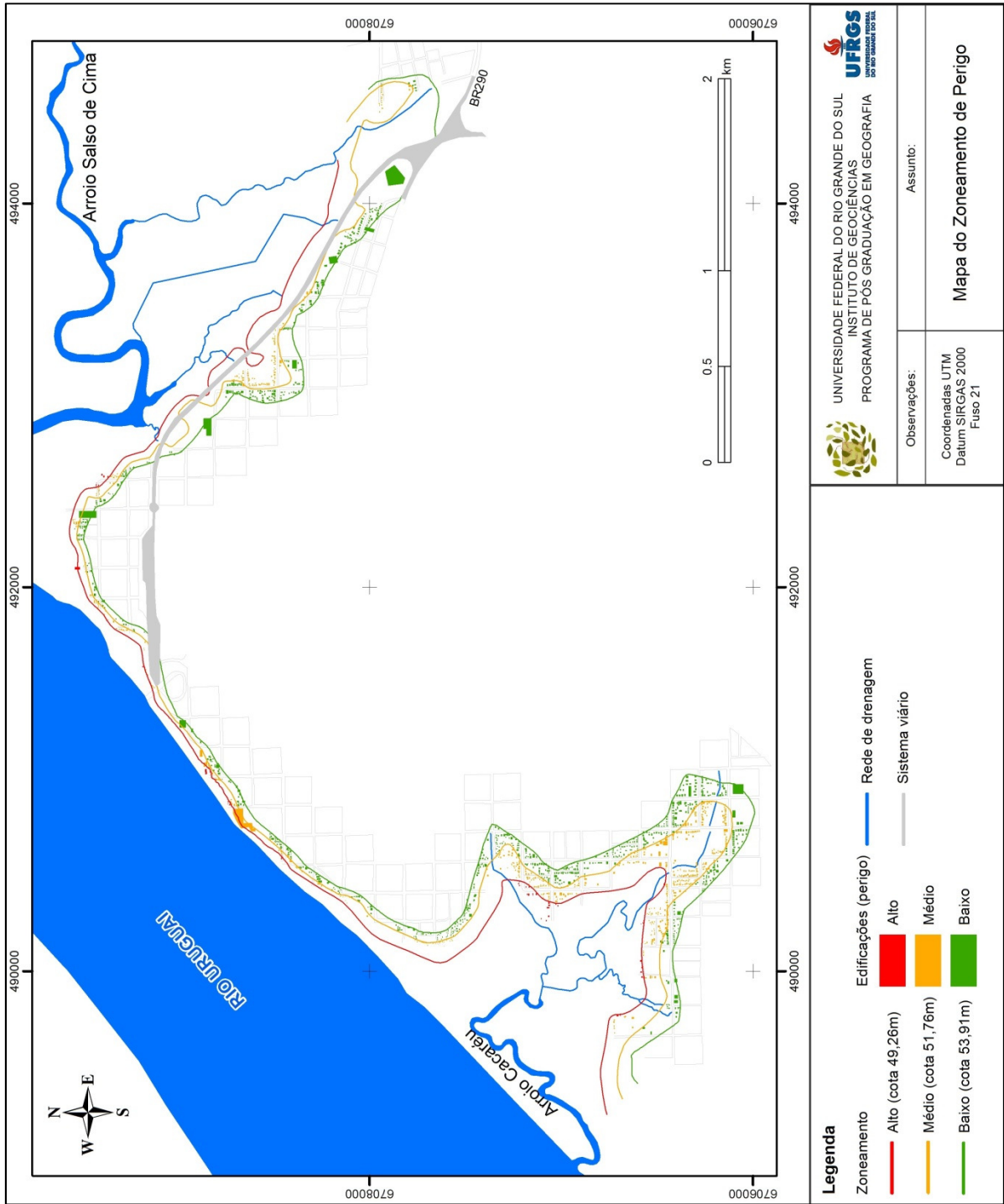


Figura 5.40: Zoneamento do perigo da área urbana do município de Uruguaiana.

## 6. A VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO DO MEIO URBANO

Nesse capítulo, analisam-se as ocorrências das inundações graduais na área urbana do município de Uruguaiana, verificando as situações de emergência e calamidade pública<sup>1</sup>. Posteriormente foram examinadas as edificações, seus usos, as variáveis socioeconômicas, a infraestrutura urbana, as doenças transmitidas pela água (leptospirose e hepatite A) e o impacto emocional dos indivíduos atingidos, para mapear e analisar o grau de vulnerabilidade da população do meio urbano.

### 6.1. OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO GRADUAL

No município de Uruguaiana ocorreram entre os anos de 1980 e 2014, 29 eventos de inundações graduais, sendo decretadas 11 situações de emergência e uma de calamidade pública, em outubro de 1997 (Quadro 6.1).

Quadro 6.1: Eventos de inundações graduais (SE = Situação de emergência; CP = Calamidade pública).

Ano	Mês	Ano	Mês
1982	Julho	1998	Fevereiro
1982	Novembro	1998	Abril (SE)
1983	Maio	1998	Agosto
1983	Julho (SE)	2000	Outubro
1984	Agosto	2002	Outubro (SE)
1984	Outubro	2003	Dezembro (SE)
1986	Abril	2005	Maio
1987	Abril (SE)	2005	Junho (SE)
1987	Agosto	2008	Outubro
1989	Setembro (SE)	2009	Julho (SE)
1990	Junho (SE)	2012	Outubro
1992	Maio (SE)	2013	Agosto
1993	Julho	2014	Julho (SE)
1994	Julho	2014	Outubro
1997	Outubro (CP)		

<sup>1</sup> A Situação de Emergência e o Estado de Calamidade Pública são duas possibilidades legais de exceção regulamentadas pelo Conselho Nacional de Defesa Civil desde 1999. No Brasil existe um manual para a decretação da Situação de Emergência e do Estado de Calamidade Pública que leva em conta critérios como a intensidade dos danos e o tamanho do prejuízo social e econômico sofrido pela região. Segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil, a Situação de Emergência e do Estado de Calamidade Pública devem ser decretados considerando o impacto do desastre para a coletividade – não individualmente – e necessidades relacionadas com recursos humanos, materiais, institucionais e financeiros.

No ano de 1983, ocorreu um dos eventos mais intensos de inundação no município e no estado do Rio Grande do Sul, este coincidiu com o *El Niño* mais forte já registrado. As consequências da inundação de 1983 foram catastróficas e ficaram marcadas na memória do povo uruguaianense (Figura 6.1).

A inundação de 2009 atingiu principalmente o setor residencial rural e urbano, bem como a atividade pecuária. Os temporais e chuvas intensas (mais de 600 mm) em todo o estado proporcionaram a elevação do nível das águas do rio Uruguai, atingindo 11,20 m acima do normal. Para chegar às residências ribeirinhas, o rio precisa alcançar os 8,3 m. Atingiu 152 residências e destruiu 19. Ficaram desalojadas 1353 pessoas e desabrigadas outras 598.



Figura 6.1: Inundação de 1983.  
Fonte: Arquivo Municipal.

Aquele episódio alcançou parcialmente oito bairros. Em praticamente todas as inundações, os bairros Mascarenhas de Moraes, Santo Antônio, Santana, Jóquei Clube – 18, Nova Esperança, Bela Vista, Cabo Luís Quevedo, Alexandre Zachia, Centro e Francisca Tarragó estão sempre entre os mais prejudicados por tais eventos (Figura 6.2).

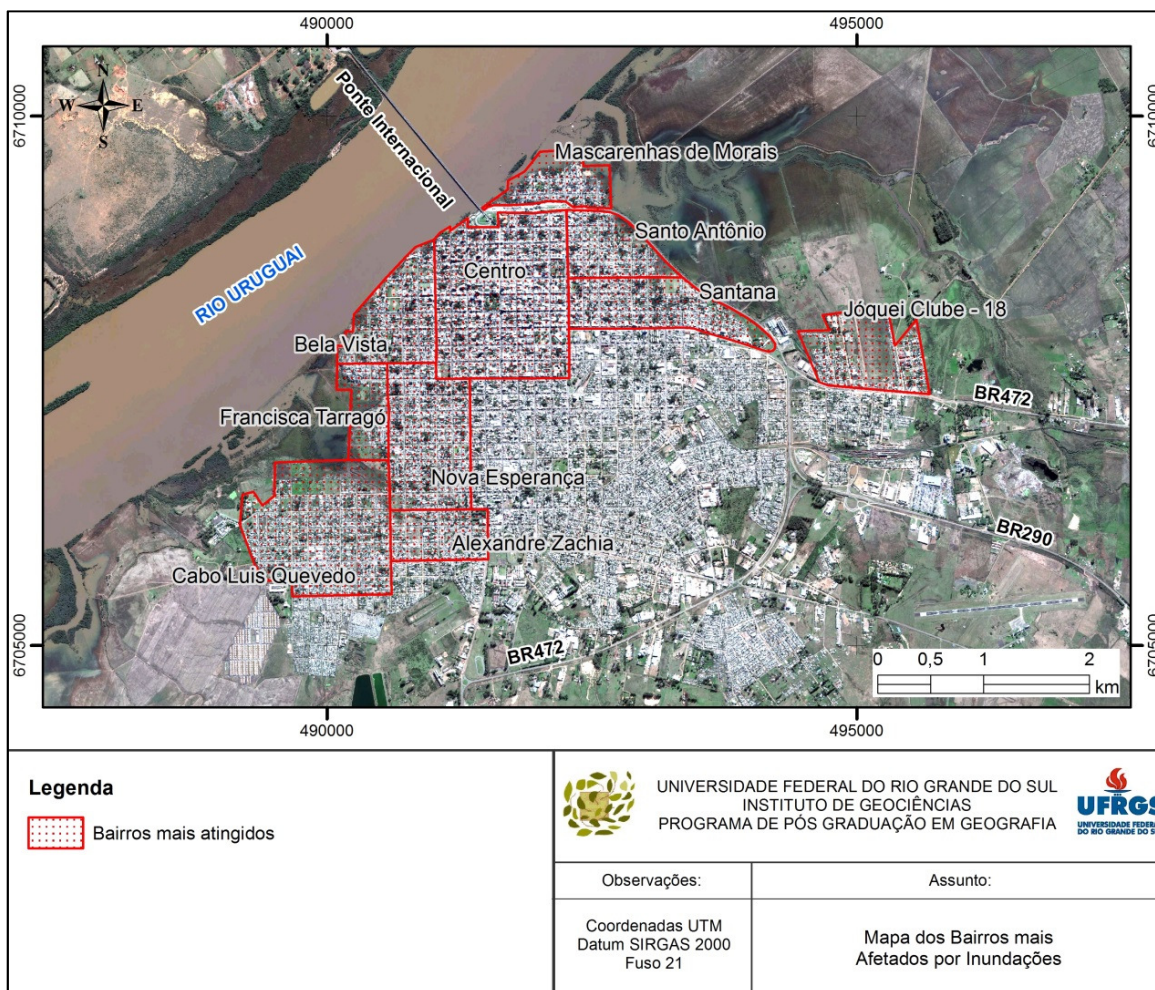


Figura 6.2: Bairros de Uruguaiana mais afetados pelas inundações .

A última inundação da série histórica analisada a decretar situação de emergência foi a de julho de 2014. Nela, ficaram desabrigadas 236 pessoas e mais de cinco mil desalojadas (Figura 6.3). Os dois bairros mais atingidos foram o Santana e o Santo Antônio (Figura 6.4). Em todo o estado decretaram situação de emergência 58 municípios, e, conforme a Defesa Civil, 20 mil moradores ficaram fora de suas casas em função das chuvas, que provocaram duas mortes.



Figura 6.3: Famílias da região ribeirinha de Uruguaiana sendo removidas.  
 Fonte: Peterson Furlan/RBS TV ([www.topsulnoticias.com.br](http://www.topsulnoticias.com.br) e <http://zh.clicrbs.com.br/rs>)

A diferença do desabrigado para o desalojado é uma definição da Secretaria Nacional de Defesa Civil. Desabrigado é quem perdeu a casa e está em um abrigo público. O desalojado saiu de casa – não necessariamente perdeu – e não está em abrigo público. Está na casa de um parente ou amigo.

Na inundação de setembro de 2013, somente no Vale do Itajaí, mais de 3 mil pessoas tiveram que deixar suas casas por causa das chuvas. Conforme dados da Defesa Civil, a situa o mais complicada   em Rio do Sul, onde há 1.050 pessoas desalojadas e 472 desabrigadas (DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2013).



Figura 6.4: Inunda o de julho/2014.  
Fonte: Defesa Civil de Uruguaiana.

As inunda es já causaram muitos danos   popula o e a infraestrutura da cidade de Uruguaiana. Várias casas já foram destruídas, agricultores perderam suas planta es, cobertas pelas águas do rio Uruguai e seus afluentes e ruas ficaram obstruídas por sedimentos e entulhos.

Dessa forma, devido   expansão urbana sem planejamento, a cada evento perigoso que ocorre na planície aluvial, tanto os indivíduos e seus bens materiais como os equipamentos públicos estão sujeitas a danos e prejuízos.

## 6.2. EDIFICAÇÕES: PADRÃO ESTRUTURAL E USOS

A habitação, além de ser um poderoso fator de estabilidade social, constitui-se em um direito pessoal. Isto foi previsto há muito tempo na Constituição e, agora, tornou-se mais evidente com a Emenda 26/2000, expressamente mencionada no Art 6º da Carta Magna. Trata-se de um direito extremamente importante para se conviver em um Estado Democrático de Direito (BAPTISTA, 2010).

Lehfeld (1998), ao analisar a questão habitacional, afirma que o homem quando constrói a sua casa imprime nela a sua imagem. Ela, a casa, é um objeto de cultura. Através da observação dos aspectos físicos e arquitetônicos da construção da moradia em geral, há a possibilidade de se inferir sobre as condições individuais e sociais que as mesmas traduzem ou refletem.

Se para uns a moradia é vista como a proteção contra chuva e frio, espaço para o preparo dos alimentos e descanso, para outros ela é símbolo de ascensão social. Para a população de baixa renda, a residência é um eterno projeto em construção: ampliações e puxados são executados, com frequência, para agregar familiares.

A habitação popular, especificamente, constitui-se em um grande problema em vários países, estados e municípios. Não havendo política habitacional voltada para a grande massa da classe trabalhadora, a ocupação do espaço acaba levando um grande número de pessoas para fora da cidade, que passam a residir em favelas, cortiços, moradias improvisadas e aglomerados subnormais.

Diante desse quadro, esse estudo apresenta as condições das edificações em Uruguaiana (Figura 6.5). A análise permitiu identificar que a área considerada de perigo possui um total de 1664 edificações sujeitas ao processo de inundação (Quadro 6.2). Destas, a maioria consiste em residências de baixo padrão estrutural, localizadas principalmente no setor Norte e Sul da área urbana, próximas dos Arroios Cacaréu e Salso de Cima.

Quadro 6.2: Padrão estrutural das edificações em Uruguaiana.

<b>Padrão</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Alto	727	43.69
Médio	80	4.81
Baixo	857	51.50
<b>TOTAL</b>	<b>1664</b>	<b>100</b>

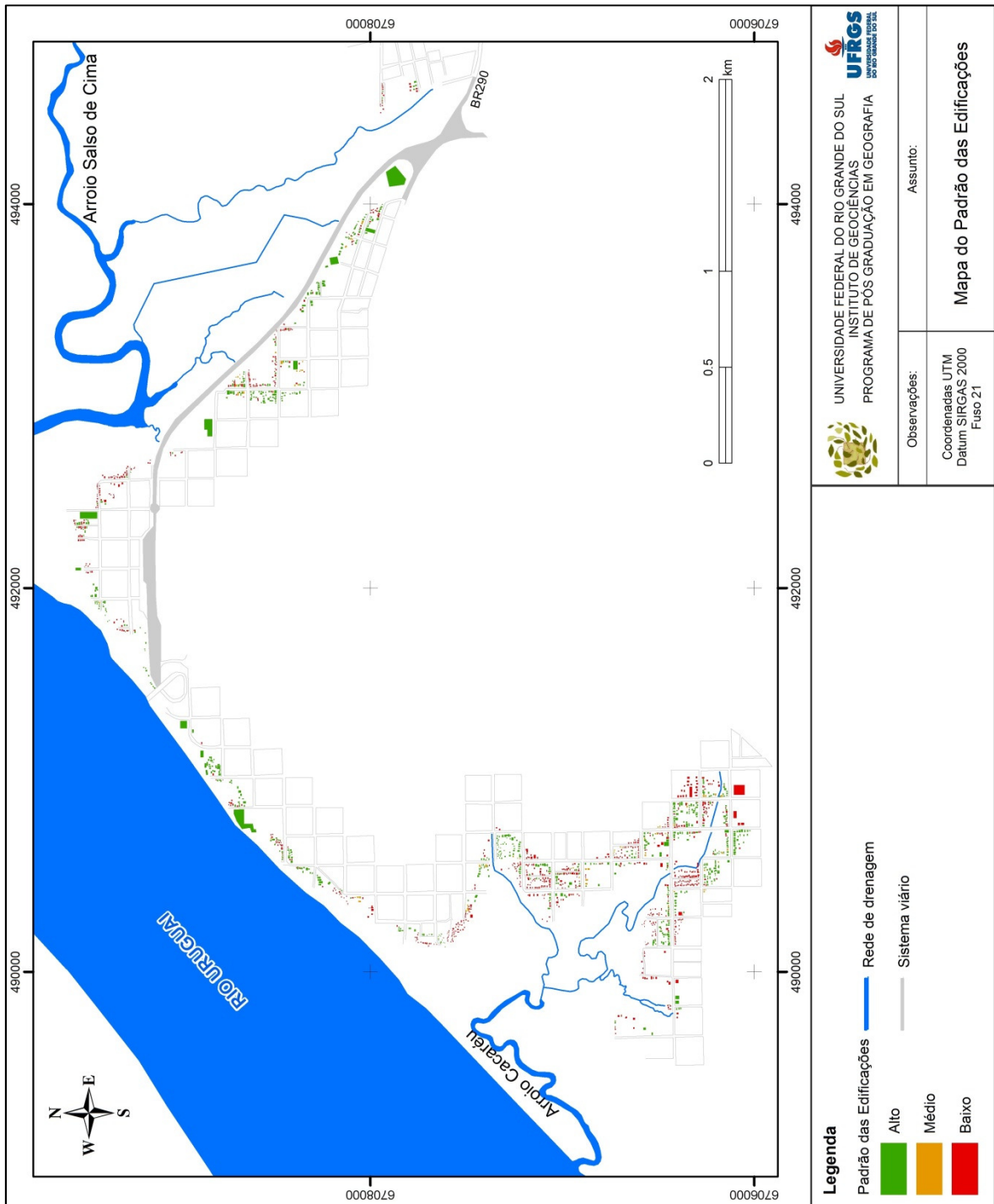


Figura 6.5: Padrão das edificações em Uruguiana.

As áreas edificadas possuem irregularidade no perfil construído, ausência de coordenação entre infraestruturas, equipamentos e mobiliário urbano. As residências de baixo padrão urbano não recebem investimentos adequados de melhorias e como são constituídas de material de baixa qualidade, são estruturalmente muito frágeis. Por outro lado, as residências de médio e alto padrão possuem características que denotam melhorias

significativas nas suas estruturas. O padrão dos lotes e as características tipológicas são variáveis em dimensões (entre 50m<sup>2</sup> a 400m<sup>2</sup>), com uma ocupação predominantemente residencial unifamiliar.

A área em perigo de inundações apresenta ocupações consolidadas e de baixas alturas (predominam edificações com até um pavimento). A presença de vegetação e a própria topografia acabam por encobrir a visualização de longas distâncias, a maior distância visual é em direção ao rio Uruguai.

As autoconstruções de baixo padrão estrutural, localizadas em locais inadequados associam-se a uma população de baixa renda, com salários que não permitem condições favoráveis e dignas à sobrevivência (Figura 6.6). É bastante perceptível o descaso das autoridades públicas nos bairros mais atingidos pelas inundações.



Figura 6.6: Padrão baixo das edificações.

O processo de inundação atinge diversas áreas urbanas no Rio Grande do Sul, assim, em uma consulta espacial entre edificações e área inundável no município de Venâncio Aires/RS, Collischonn (2009) verificou que 1359 unidades poderiam ser atingidas por inundações, considerando a magnitude do evento de 1941. Quanto à tipologia



dessas edificações, 933 seriam casas, 93 seriam lojas e 60 seriam apartamentos; portanto, quanto a sua destinação, 1143 delas seriam de uso residencial, 114 de uso comercial, 36 relacionadas à prestação de serviços, 23 de uso industrial e as demais se destinariam a outros usos.

Hora e Gomes (2009) também estudaram as áreas de risco de inundações do rio Cachoeira em um trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA, concluindo que as áreas de risco com maiores problemas em relação às inundações são as áreas de habitações subnormais, principalmente, em função da vulnerabilidade habitacional e da ocupação desordenada, onde a maioria dos domicílios é constituída por barracos em terrenos sem infraestrutura e localizados em trechos junto às margens do rio Cachoeira, logo se inserindo em um contexto de ocorrência de instabilizações ambientais. Detectaram mais de 390 habitações e 1250 pessoas ameaçadas. Em função dos fatores mencionados, grande parte das moradias dessas áreas é inundada pelas águas do rio Cachoeiras em tempos de inundações, ocasionando muitas perdas materiais, desabrigando muitas famílias e demandando a intervenção do poder público.

A produção do espaço quando não acompanhada de um planejamento que considere suas características e aptidão física à ocupação, reflete os efeitos negativos da relação sociedade/natureza provocando o aparecimento de sérios problemas ambientais e sociais.

Nesse sentido, a análise do padrão função urbana em Uruguiana foi definida com base na proposta de Robaina (1999). Averiguou-se que o uso residencial unifamiliar (Figura 6.7), com 1635 edificações, é o predominante na área de perigo a inundações (Quadro 6.3).

Quadro 6.3: Uso das edificações.

Usos	Quantidade
Comércio / Serviços	6
Galpão	4
Industrial	4
Institucional	4
Institucional Escola	1
Institucional Igreja	1
Multifamiliar	5
Unifamiliar	1635
Misto	4
<b>TOTAL</b>	<b>1664</b>

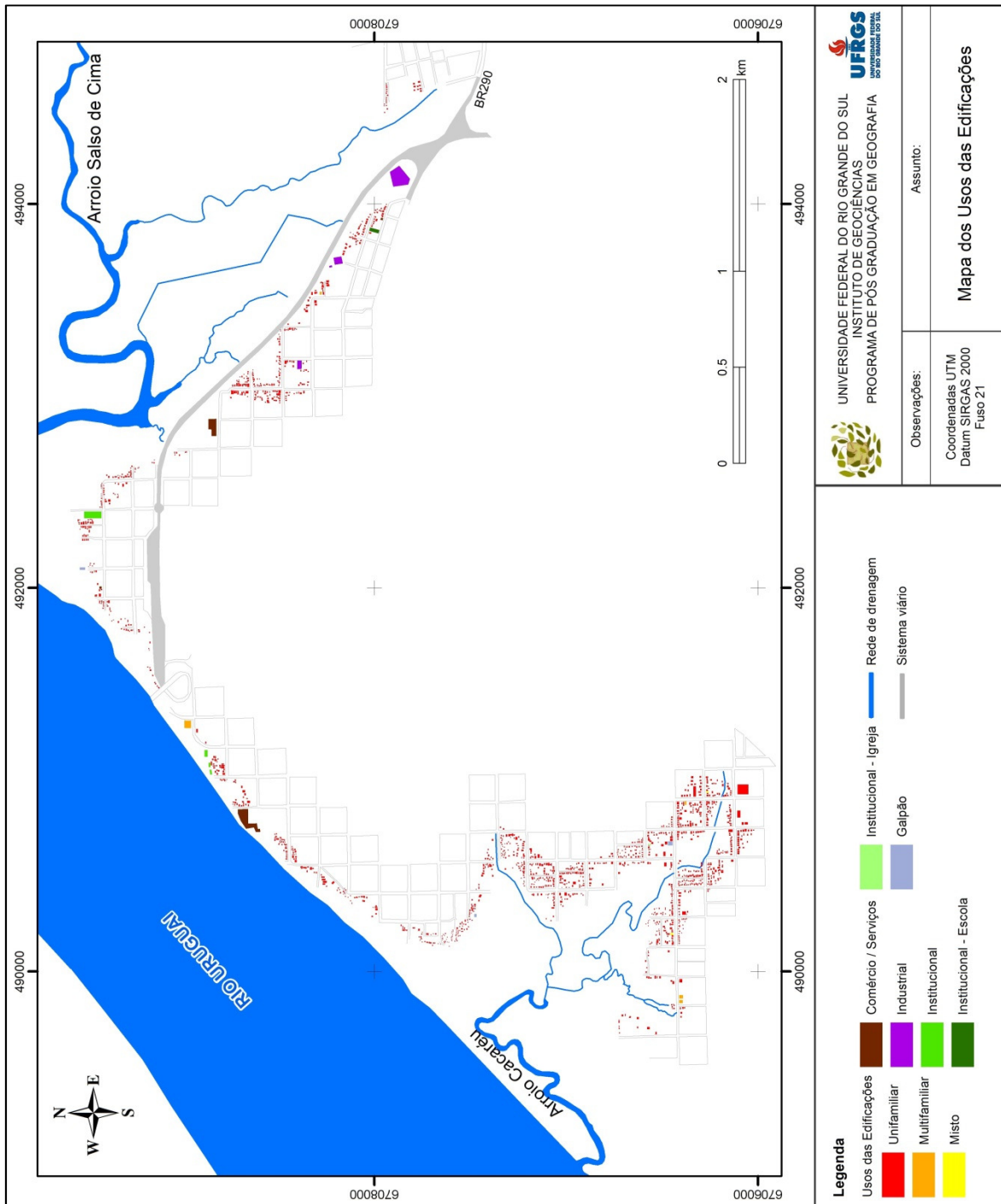


Figura 6.7: Usos das edificações.

As características e a distribuição espacial dos diferentes usos do solo e, em especial, das áreas de uso residencial unifamiliar confirmaram que, sobreposta à segregação funcional, ocorre à segregação sócio espacial. A população mais privilegiada economicamente que ocupa as áreas de melhor padrão reside próximo do centro da cidade. A porção norte e sul da área urbana (mais próxima ao rio Uruguai e arroios) é composta por bairros com forte homogeneidade social, representados por uma população mais pobre.

De todos os tipos de usos, o residencial é o que ocupa mais espaço físico. Por isso, o planejamento desse tipo de área deve criar alternativas que contemplem valores, necessidades e possibilidades diferentes, ou seja, assumir a diversidade inerente às populações urbanas e evitar a segregação. Além disso, é necessário garantir que essas áreas estejam bem conectadas entre si e com o resto do tecido da cidade.

Algumas residências possuem uso misto para fins comerciais ou de serviços, voltadas à complementação do orçamento familiar. Dessa forma, constatou-se a presença de pequenas lanchonetes, padarias, depósitos de bebidas, mercadinhos e sorveterias. Todos esses tipos de estabelecimentos situavam-se na frente ou ao lado da casa de moradia, ocupando um ou mais de seus cômodos.

Somente cinco edificações são prediais, e o restante é do tipo comércio, industrial e institucional.

Esses usos oferecem suporte a uma série de atividades do bairro, além disso, são responsáveis por uma grande porcentagem da oferta de empregos. Portanto, sua localização dentro do tecido urbano exposto ao perigo de inundações precisa de vários mecanismos de controle desses eventos.

Os problemas dos usos na área de estudo estiveram vinculados à ocupação de áreas desfavoráveis, classificadas como de perigo a inundações e alto conflito, especialmente envolvendo Áreas de Preservação Permanente. A produção não planejada do uso residencial, marcada pela desconsideração das limitações do meio físico e também pela carência de infraestrutura urbana (pavimentação de rua, sistema de drenagem pluvial e arborização urbana), repercutiu em níveis variados de degradação ambiental cujos impactos vão desde a abertura de sulcos nas ruas que dificultam o tráfego de pessoas e de veículos, até a destruição da mata ciliar.

Os problemas apresentados em função do modelo de ocupação adotado nestas áreas ocorrem também em inúmeras outras cidades brasileiras. Girardi (2009) analisou a ocupação dos bairros Imperatriz e São Francisco, no município de Criciúma, SC. Verificou que eles apresentam basicamente duas modalidades: a legal, com residências, comércios e indústrias licitamente adquiridos, com registro em cartório; e a irregular, em áreas impróprias para habitação, com residências situadas às margens dos rios e compradas por meio de recibo e sem registro imobiliário em cartório.

### **6.3. DADOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DE URUGUAIANA**

Analisando a variação da população do município de Uruguaiana, têm-se no ano de 1910, 23.194 habitantes, e em 1960, 62.634 habitantes (Quadro 6.4). Portanto, ocorreu a triplicação da população em cinquenta anos.

Esse aumento do número de habitantes pode ser explicado ao se observar à variação na taxa de urbanização do município. Percebe-se que houve um forte e crescente êxodo rural entre 1910 e 1950. No ano de 1910, 32,6% da população de Uruguaiana vivia na área urbana e, em 1950, cresceu para 68,33%, o que certamente influenciou na mudança fisionômica desse espaço (VILLELA, 1971).

Ainda, observa-se que entre 1940 e 1950, a população cresceu mais do que vinha ocorrendo anteriormente, podendo esse fato estar atrelado à construção da ponte internacional. Com isso, nesse período passou também a existir uma demanda de empregos maior, e consequentemente, uma maior movimentação econômica. A partir de 1960, Uruguaiana passou a ter um desenvolvimento mais acelerado (COELHO, 2008).

Segundo Villela (1971), no ano de 1970 a população municipal era de aproximadamente 75.000 habitantes, sendo 15.000 habitantes do interior ou região rural do município. Portanto, nessa época havia uma taxa de urbanização de 80,47%. Atualmente a população do município de Uruguaiana está estimada em 125.435 habitantes, e tem uma grau de urbanização de 94%.

Quadro 6.4: Variação da população.

Ano	Total Populacional
1910	23.194
1920	32.642
1940	34.818
1950	48.773
1960	62.634
1970	74.613
1980	91.497
1991	117.456
1996	124.147
2000	126.936
2007	123.743
2010	125.435

Fonte: Diagnóstico socioeconômico de Uruguaiana; IBGE: Censo Demográfico 2010.

Na distribuição da população, conforme o gênero verifica-se que o número de mulheres é maior. Em relação aos grupos etários, constata-se que aproximadamente 34%

da população têm até 19 anos de idade e que 31% têm entre 20 e 39 anos de idade, ou seja, 65% da população têm até 39 anos de idade e 35% têm mais de 40 anos de idade. O gráfico de distribuição da população conforme gênero e faixa etária no município apresenta-se na figura 6.8.

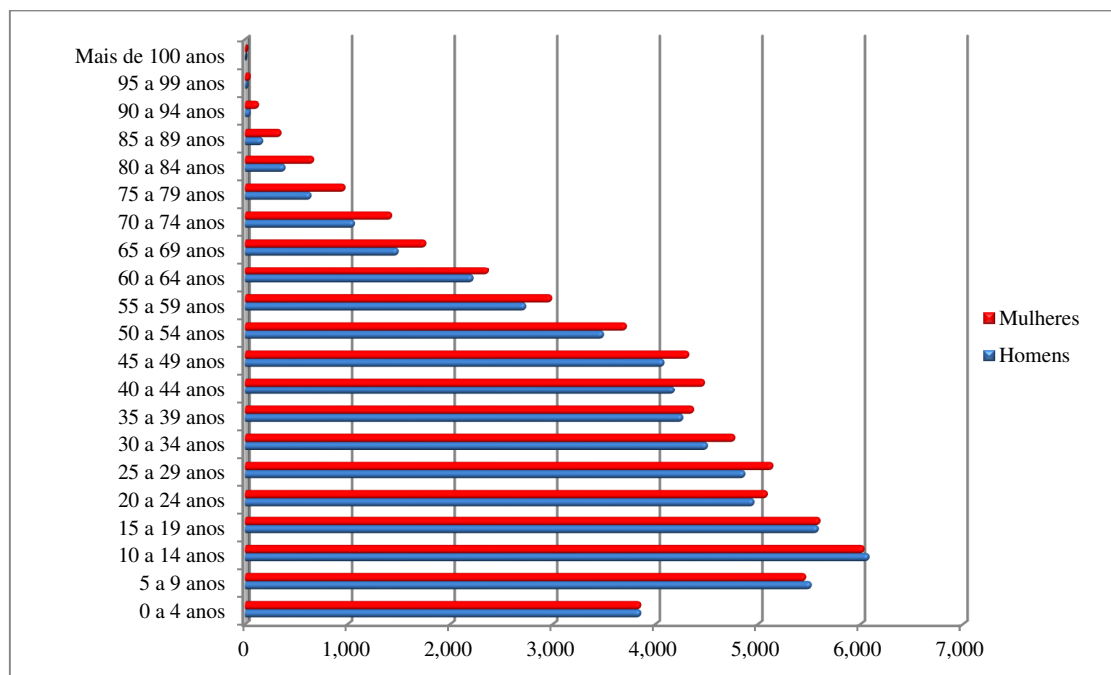


Figura 6.8: Distribuição da população conforme gênero e grupos etários.

Fonte: IBGE: Censo Demográfico 2010.

A distribuição percentual da renda familiar, considerando-se as famílias com rendimento em 2010, é ilustrada na figura 6.9. Observa-se que 12% das famílias têm rendimento de até um salário mínimo (SM), somando-se aquelas com renda até dois SM o percentual é de 31%.

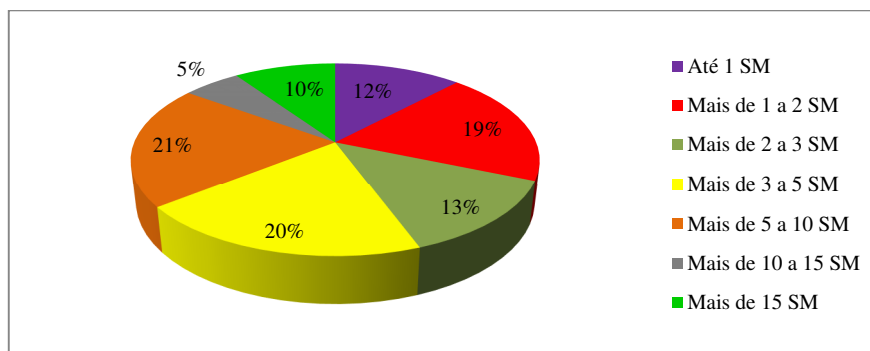


Figura 6.9: Famílias residentes em domicílios particulares com rendimento familiar.

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Os dados dos municípios podem ser apurados por setores censitários. Os setores censitários são áreas geográficas definidas pelo IBGE, obedecendo a critérios de operacionalização da coleta de dados, de tal maneira que abranjam uma área que possa ser percorrida por um único recenseador em um mês, e que possuam em torno de 250 a 350 domicílios (em áreas urbanas). O setor censitário é a menor unidade para o qual o IBGE fornece informações socioeconômicas (Figura 6.10).

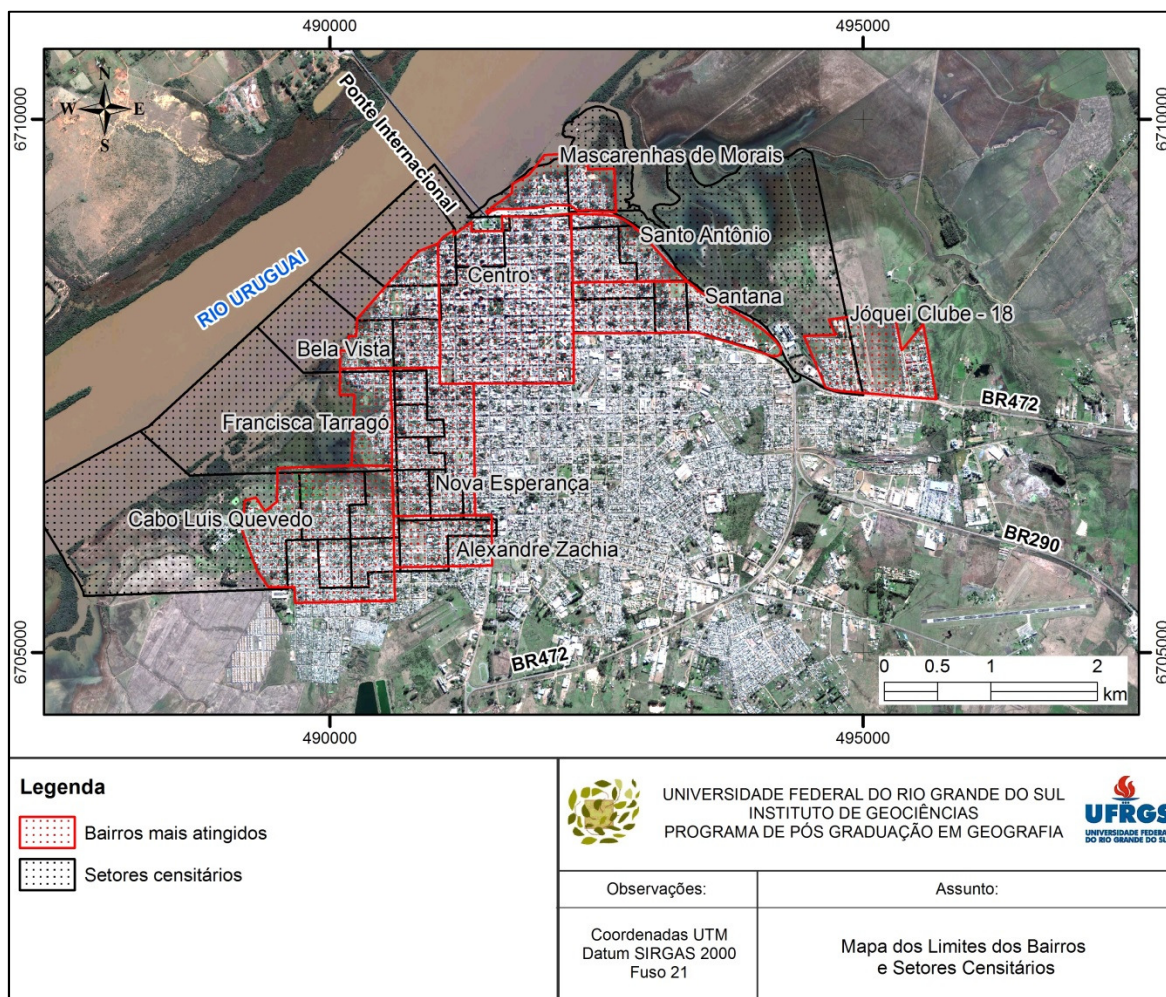


Figura 6.10: Setores censitários sobrepostos aos bairros mais atingidos por inundações graduais em Uruguaiana.

Obteve-se o número médio de habitantes por residências para os 24 setores censitários atingidos por inundações graduais de Uruguaiana (Figura 6.11). Observa-se que os setores que possuem maior densidade populacional, acima de 3,5 pessoas/residência, são os mais atingidos por inundações graduais, estando na faixa de perigo alto.

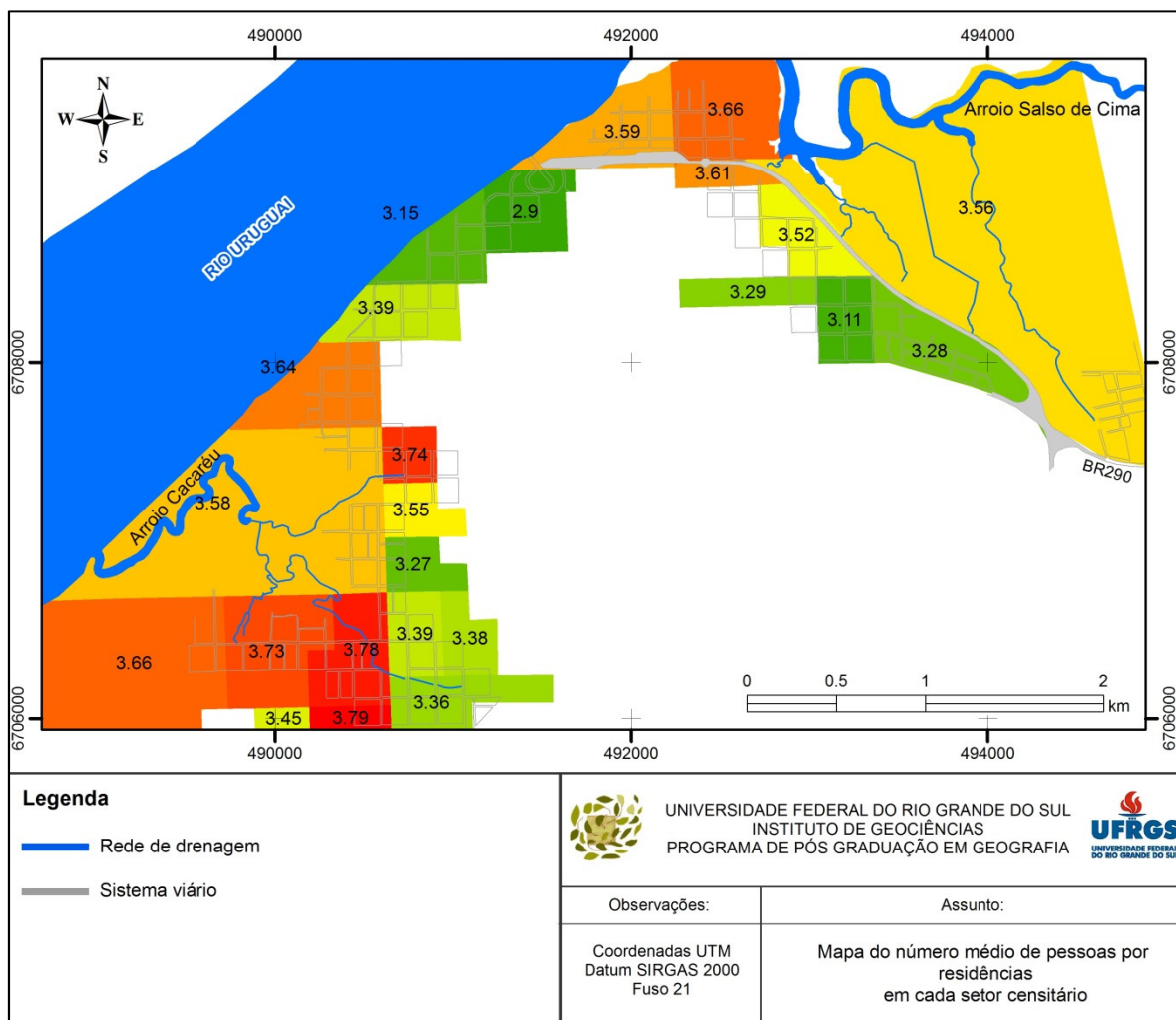


Figura 6.11: Distribuição do número médio de pessoas por residência nos setores censitários.

Ao relacionar-se o número médio de pessoas por residência pela distribuição do valor do rendimento nominal médio mensal (em reais) dos indivíduos de 10 anos ou mais de idade, verifica-se que os setores que possuem maior densidade populacional são os mesmos que possuem a menor renda. O contrário também é constatado: os setores com menor densidade populacional são os que possuem maior renda, acima de R\$ 1000,00 por pessoa (Figura 6.12).

As diferenças entre os indivíduos são consistentemente observadas quanto ao lugar que eles ocupam na hierarquia social. Reconhece-se que tais diferenças se associam às oportunidades educacionais, às trajetórias ocupacionais, ao prestígio social, ao acesso aos bens e serviços, ao comportamento político e social etc.

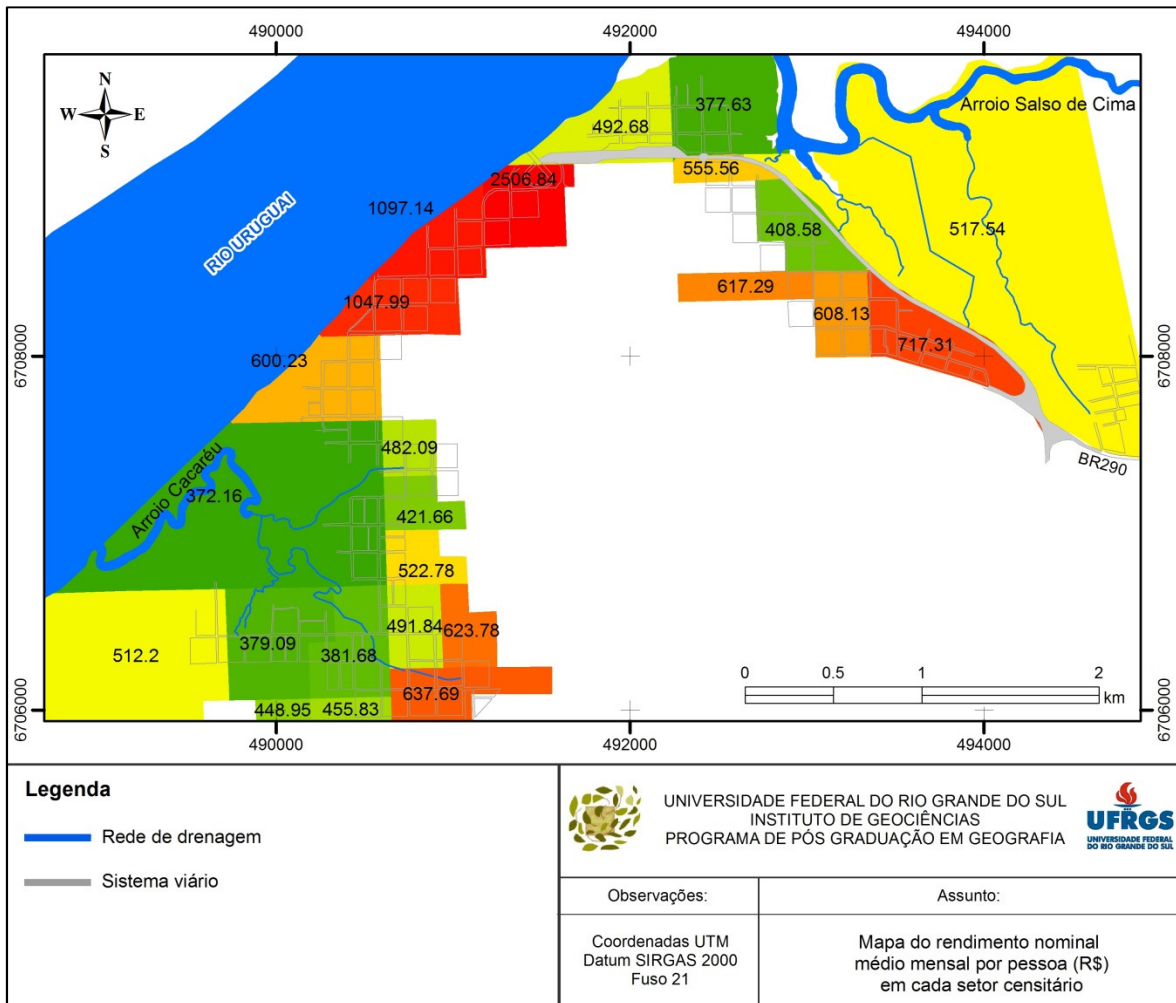


Figura 6.12: Distribuição do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (Reais).

O nível socioeconômico aparece em inúmeros estudos como variável explicativa ou de controle para a análise de diversos fenômenos sociais. Neves (2008) analisando as condições socioeconômicas dos atingidos por inundações no município de Santo André – SP concluiu que quase metade (47%) da população mais afetada tinha renda familiar de até três salários mínimos, demonstrando que a fragilidade econômica dos indivíduos é um aspecto que se associa às inundações.

Vaz (2015) ao estudar o município de Porto Alegre – RS sobre danos de inundações já ocorridas, verificou que os prejuízos econômicos ocorriam principalmente no bairro Arquipélago (composto pelas ilhas), nas famílias com uma renda média de 2 salários mínimos.

Hora e Gomes (2009) constataram que as inundações associam-se às ocupações informais, fruto da expansão urbana descontrolada. A população localizada nos aglomerados subnormais e com baixa condição socioeconômica enfrentou os maiores



impactos principalmente em função da sua localização às margens da rede de drenagem e da vulnerabilidade habitacional. As várias inundações ocorridas na área do Município de Itabuna/BA demonstraram situações de extrema calamidade, com remoção das populações de suas residências, perdas materiais, doenças e até mesmo perdas humanas.

Por sua vez, Silva (2007) identificou áreas sujeitas à inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá, inserida no município de João Pessoa (PB). Trata-se de uma bacia pequena com grande importância no contexto de expansão e desenvolvimento do município, tendo em vista que a mesma é uma área ocupada por conjuntos habitacionais novos, onde a população possui baixa condição socioeconômica e não possui infraestrutura.

Nesse sentido, podemos concluir que existe uma grande similaridade entre esses municípios estudados e Uruguaiana, destacando que a maioria da população atingida por inundações possuem fragilidade econômica, estão localizada em aglomerados subnormais (fragilidade social) e não possuem infraestrutura adequada.

#### **6.4. INFRAESTRUTURA URBANA**

Os sistemas que compõem a infraestrutura urbana tratados nesse estudo são os de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais urbanas e o sistema viário. O impacto de uma inundação nesses sistemas ocasionam prejuízos que comprometem o cotidiano e a saúde da população.

##### **6.4.1. Sistema Viário**

O Município de Uruguaiana é cortado pelas rodovias BR 290 e BR 472 e está estrategicamente situado no sistema de transportes, integrando rodovias, ferrovias, portos e aeroportos do Mercosul.

Uruguaiana foi uma cidade planejada e seus quarteirões possuíam antes de 1950, 120m x 120m, com ruas largas e grandes avenidas (Figura 6.13).



Figura 6.13: Imagem antiga do sistema viário da área urbana de Uruguiana.  
Fonte: Luciano Dias Desessards.

As vias centrais começaram a ser asfaltadas em 1930, aproximadamente. O recobrimento asfáltico abrangeu 40 quadras. Os passeios que tinham 2 metros de largura foram ampliados para 4 metros. Essas largas vias que totalizavam 22 metros de largura, não eram comuns na época, se comparadas a outras cidades do interior. O município atravessava uma fase de intenso desenvolvimento urbano.

A partir da década de 1950 passou a existir um crescimento periférico que não mais seguia o traçado xadrez tradicional. Naquela época o espaço urbano já estava bastante modificado e “modernizado” se comparado ao início do período.

Atualmente, o município possui 220 km de vias urbanas, dos quais cerca de 80 km estão pavimentados. Todas as vias do macro trânsito urbano apresentam-se em boas condições físicas de conservação e todas estão asfaltadas, possuindo passeios públicos e canalização para as águas pluviais (Figura 6.14).



Figura 6.14: Imagem do atual sistema viário da área urbana de Uruguiana.  
Fonte: Chico Alves

Mas, infelizmente, os arruamentos interbairros atingidos por inundações graduais constituem-se de revestimentos muitas vezes degradados ou inexistentes, onde, em alguns trechos, os veículos trafegam diretamente sobre o que se pode considerar como revestimento primário e solo compactado (Figura 6.15). Os passeios observados não possuem geometria definida e são formados por materiais diversos, predominando o solo compactado.



Figura 6.15: Condições dos arruamentos nos bairros de Uruguaiana atingidos por inundações.  
Fonte: Trabalho de campo – Fevereiro/2015.

As condições físicas das vias apresentam grandes variações devido ao regime de chuvas, pois a maioria delas não apresenta transposição para os recursos hídricos, aumentando assim as péssimas condições que já possuem. Além disso, nenhuma via possui sinalização para que seja garantida visibilidade de algumas esquinas para os automóveis e melhorias na segurança no trânsito.

Conforme o mapa apresentado na figura 6.16, constata-se que os arruamentos sem pavimentação são os predominantes, com aproximadamente 14,6 km, os arruamentos com pavimentação danificada somam aproximadamente 1,38 km e, os arruamentos pavimentados têm 0,7 km.

Assim, Villaça (1998) afirma que as vias atraem a ocupação e expansão urbana ao longo delas. Parece haver íntima relação entre as vias e o crescimento físico das cidades, e as rodovias são mais eficientes nesse aspecto, pois garantem acessibilidade ao longo de todo o seu percurso.

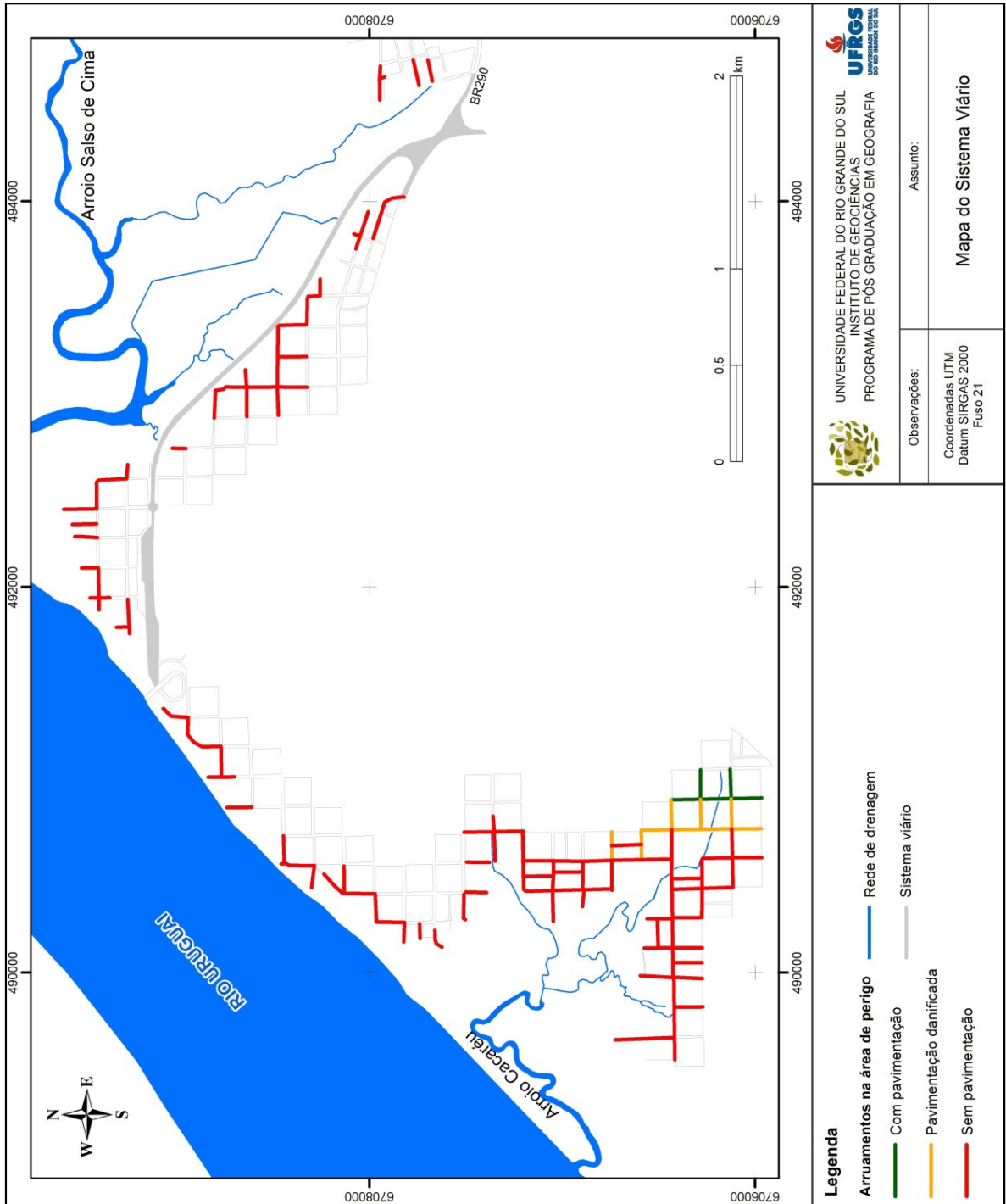


Figura 6.16: Arruamentos nos bairros atingidos por inundações.

#### 6.4.2 Abastecimento de Água Potável

Os serviços referentes à água e esgoto em Uruguaiana são realizados pela empresa “Foz do Brasil”.

A Foz do Brasil é uma empresa de engenharia ambiental da Organização Odebrecht. Entrou no mercado em 1994, quando, em associação com a empresa francesa

*Lyonnais des Eaux*, conquistou a primeira concessão de água e esgoto no Brasil na cidade de Limeira (SP).

Depois de uma batalha judicial envolvendo a prefeitura de Uruguaiana e a Corsan, a empresa assumiu desde 2011 o serviço de abastecimento e esgotamento sanitário no município por 30 anos. Prometeu reduzir preços, implantar o atendimento personalizado ao usuário e universalizar os serviços de esgoto em cinco anos.

O abastecimento de água em 89,3% dos domicílios é feito através da rede geral e em 8,1% é realizado através de poços ou nascentes, dos quais 6,2% localizam-se na zona rural, como ilustra a figura 6.17. O manancial de abastecimento do município é o rio Uruguai, além de poços tubulares.

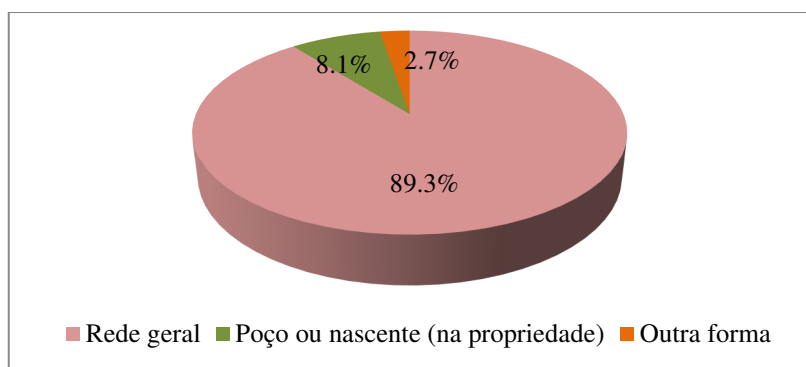


Figura 6.17: Forma de abastecimento de água.

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Os períodos de estiagem que aconteceram nos últimos anos têm afetado acentuadamente o município, tanto em termos de prejuízos à produção, quanto, e principalmente, no que se refere ao abastecimento das comunidades urbanas e rurais afetadas, inclusive, por racionamento.

Em trabalhos de campo realizados para o presente estudo, foi extremamente difícil encontrar residências que não possuíssem seu abastecimento por rede geral. Assim, será considerado o abastecimento de água nas áreas de perigo a inundações como rede geral.

A Foz do Brasil tem realizado melhorias no sistema de abastecimento de água para o município de Uruguaiana. A concessionária tem a meta de elevar o índice de atendimento para 99% da população urbana em 5 anos. E, para iniciar este trabalho, tem realizado muitos investimentos na Estação de Tratamento de Água (ETA) para que a água continue chegando aos uruguaienses com alto padrão de qualidade.

Apesar de Uruguaiana ter uma empresa que demonstra ter sérias preocupações com a rede geral de distribuição de água, os moradores devem ficar atentos na coloração da

água após eventos de inundações, pois a mudança na mesma indica que a rede necessita de reparos e o abastecimento necessita ser cancelado.

São vários os casos no Brasil de rompimento da rede de água por inundações. Segundo a Diretoria de Recursos Hídricos (DRHI) o estado de Santa Catarina foi gravemente afetado pelas inundações de 2008. Os serviços essenciais como abastecimento de água, energia elétrica, abastecimento de gás e transporte também foram bastante afetados. A Secretaria de Educação, por conseguinte, decidiu encerrar o ano letivo de 2008 nos municípios mais atingidos pelas chuvas. E o abastecimento de água, em alguns casos, totalmente suspenso (DRHI, 2009).

### 6.4.3. Esgotamento Sanitário

Em relação ao esgotamento sanitário, de acordo com registros da Prefeitura, as primeiras obras de implementação da rede de esgoto sanitário foram iniciadas em 1928 (Figura 6.18).



Figura 6.18: Obras de saneamento da cidade de Uruguaiana, 1928 a 1931.

Fonte: Arquivo Municipal

Em 2010, predominava no município o esgotamento sanitário através de fossa séptica que atingia 59,1% dos domicílios, seguido pelo da rede geral ou pluvial (27%), todos eles relativos à área urbana do município. O número de residências sem banheiro correspondia a 3,8%, como pode ser visto na figura 6.19.

Conforme dados do Plano de Saneamento Básico do Município (PREFEITURA MUNICIPAL DE URUGUAIANA, 2014), apenas na zona central da cidade os esgotos sanitários são coletados, através de 7.800 ligações (20% das atuais economias).

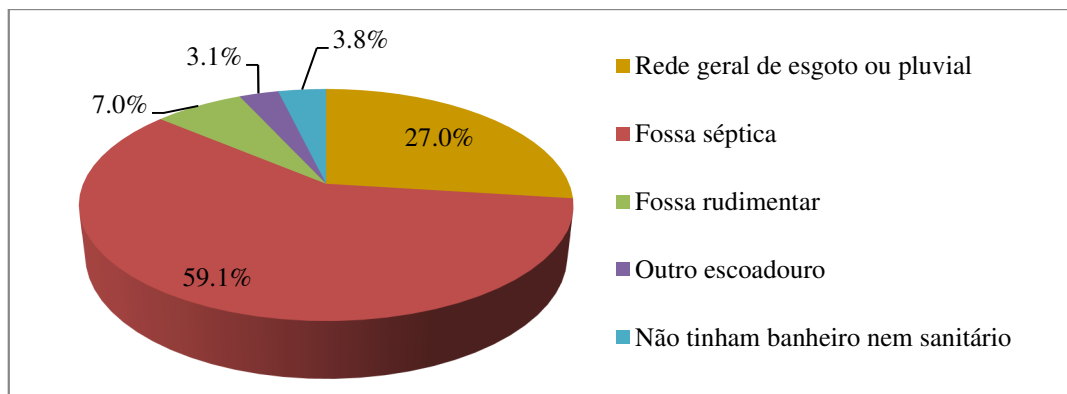


Figura 6.19: Tipo de esgotamento sanitário.  
Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Apenas 10% do volume de esgotos da cidade recebem tratamento primário em uma estação operada pela Foz do Brasil. Desde que iniciou a sua operação, a empresa já investiu mais de 53 milhões de reais em novas redes de esgoto, equipamentos, manutenções e reformas. Uruguaiiana conta, atualmente, com duas estações de bombeamento de esgoto (EBE) e uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Serão construídas mais seis EBEs e duas ETEs.

Nesse sentido, todo o esgoto das áreas impactadas por inundações não possuem ainda um tratamento de esgoto adequado (Figura 6.20).



Figura 6.20: Esgoto lançado diretamente em drenagem superficial de água. Bairro Mascarenhas de Morais.  
Fonte: Trabalho de campo – Fev/2015.



Rocha e Foresti (1998) verificaram que a área urbana de Iguape – SP sofre com problemas de circulação causados pelo canal artificial que divide a cidade em duas partes, uma mais rica e mais antiga, onde os terrenos são mais valorizados e há acesso fácil a todos os tipos de uso do solo urbano. A parte mais pobre (do lado esquerdo do Canal do Valo Grande) com bairros periféricos é duramente atingida por inundações sendo que, grande parte do esgoto corre a céu aberto com problemas de escoamento. É nestes bairros que ocorre um maior aumento populacional, onde há falta de infraestrutura urbana e social.

Hora e Gomes (2009) analisaram as áreas de risco de inundações do rio Cachoeira, no município de Itabuna/BA, e de acordo com os dados levantados, verificaram que apenas cerca de 5% das moradias possuíam esgotamento sanitário adequado e, em média, somente 41% eram servidas por sistema de coleta de lixo público. Com relação ao abastecimento de água, 83% dos domicílios tinham esse serviço.

Nesse sentido, podemos perceber que em várias cidades do Brasil as áreas com problemas de inundações não possuem um tratamento de esgoto adequado, o que acarreta muitos problemas a saúde da população residente nesses locais. O lançamento dos efluentes em Uruguaiana é realizado nos arroios, afluente do rio Uruguai. Esse corpo hídrico caracteriza-se como Classe 2, segundo critérios da Resolução Conama 357/05 estabelece (PREFEITURA MUNICIPAL DE URUGUAIANA, 2014).

De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Ibicuí o Arroio Cacaréu foi diagnosticado em Classe 4<sup>2</sup>, que é a *pior classe* do enquadramento proposto pelo plano da Bacia do Ibicuí, e deve chegar a Classe 3, no prazo de 20 anos, contados a partir da Publicação da Resolução CRH nº 107 de 19 de Julho 2012.

Por decorrência, entende-se que não seja mais possível piorar a qualidade das águas atuais no futuro, pois já atingiu seu limite máximo de contaminação, assim deve-se buscar a melhoria da qualidade atual da água com um tratamento de esgoto eficiente para a área urbana de Uruguaiana.

---

<sup>2</sup> Conforme o Enquadramento na Bacia do Rio Ibicuí: **Classe Especial** – permite todos os usos, desde que não degrade a sua qualidade original. **Classe 1** – não permite apenas o consumo humano com simples desinfecção e a preservação dos ambientes aquáticos em UC's de proteção integral. **Classe 2** – além das restrições da Classe 1, não permite o abastecimento humano com tratamento simplificado e a irrigação das hortaliças que são consumidas cruas. **Classe 3** – além das restrições das Classes 1 e 2, não permite o abastecimento humano com tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas e recreação de contato primário, a irrigação de hortaliças e frutíferas. Mas permite a irrigação de arroz, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e a dessedentação animal. **Classe 4** – não permite nenhum dos usos antes referidos, apenas a navegação e a harmonia paisagística (traduzindo: não podemos ter contato direto com a água).

#### 6.4.4. Sistema de Drenagem Pluvial

O sistema de drenagem pluvial urbana uruguaiana apresenta-se deficitário, uma vez que está constituído por uma rede de drenagem formada por galerias e tubulações que variam entre 30 cm a 2 metros, as quais são insuficientes para o escoamento das águas das chuvas. Também contribui para a redução da drenagem as características do relevo da cidade, ou seja, topografia plana e suavemente inclinada. Segundo a Prefeitura, o perímetro urbano está constituído por 7.900 m de galerias e de 33.250 m de drenagem pluvial de baixa vazão. Mas, infelizmente, as áreas de perigo a inundações não possuem um sistema eficiente (Figura 6.21).



Figura 6.21: Drenagem superficial de água urbana.  
Fonte: Trabalho de campo – Fev/2015.

Existe um Plano do Sistema de Drenagem Pluvial para o município de Uruguaiana que visa estabelecer o planejamento adequado da construção dos canais principais e das redes coletoras secundárias, dentro de um enfoque global. Os elementos do planejamento possibilitarão a implantação paulatina do sistema, de forma racional e integrada. Para efeito de planejamento, as obras de drenagem foram classificadas como Rede Coletora Secundária, que compreende os canais de menor porte (canais secundários) e um sistema de canalização em Tubos, planejada em nível de anteprojeto (PREFEITURA MUNICIPAL DE URUGUAIANA, 2014).

Infelizmente esse projeto ainda encontra-se somente no papel. Assim, resta a tomada de atitudes políticas e institucionais para ações emergenciais na operação dos serviços públicos de macrodrenagem e microdrenagem, e ações administrativas de obtenção de recursos junto aos governos estadual e federal.

### 6.4.5. Resíduos Urbanos

A maior parte dos resíduos domiciliares do município consiste em resíduos orgânicos, acima de 60% em peso. Somadas as contribuições de matéria orgânica, papel e papelão e plástico, tem-se aproximadamente 85% do total dos resíduos domésticos gerados no município. O quadro 6.5 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos, determinada através de amostragem dos resíduos dispostos no Aterro Municipal.

Quadro 6.5: Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de Uruguaiana.

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>%</b>
Matéria Orgânica	64,1%
Papel e papelão	10,6%
Plásticos moles	8,1%
Panos, trapos, couro e borracha	3,6%
Plásticos rígidos	2,6%
Metal ferroso	2,0%
Vidro	1,9%
Madeira	1,0%
Pedra, terra e cerâmica	0,7%
Metal não ferroso	0,2%
Outros	5,1%

Fonte: Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Município de Uruguaiana RS (SILVA, 2006).

As diferenças entre as classes sociais na produção dos resíduos sólidos são percebidas em todas as escalas. Um estudo realizado pela geóloga Maria de Fátima da Silva Nunesmaia, da Universidade Estadual de Feira de Santana, na Bahia, analisou em três meses, a composição do lixo doméstico produzido pela população da capital baiana. Entre as principais diferenças encontradas entre o lixo dos mais ricos (renda familiar acima de 15 salários mínimos) e o dos desfavorecidos (renda de até cinco salários mínimos) está o percentual de resíduos orgânicos (REYNOL, 2008).

Enquanto os mais abonados têm 50% de material orgânico em seu lixo, nas camadas mais pobres essa parte representa 57%, em média. No descarte de papel e papelão, os ricos costumam ter percentualmente o dobro do montante de seus contrerâneos mais pobres, 7,28% contra 3,56%, respectivamente (REYNOL, 2008).

Ainda conforme Reynol (2008) em relação aos restos orgânicos de origem vegetal, a parte mais favorecida do planeta, esse lixo equivale a 25% do total, nas regiões

de riqueza intermediária ele fica em 47% e onde há mais pobreza esse descarte chega a ser 52% dos rejeitos.

Mesmo que os resíduos sólidos são em sua totalidade coletados pela empresa prestadora de serviços, observam-se quantidades enormes espalhadas pelas áreas de perigo a inundações, demonstrando o extremo descaso com essas áreas (Figura 6.22).



Figura 6.22: Resíduos na área urbana. Bairro Cabo Luís Quevedo.  
Fonte: Trabalho de campo – Fev/2015.

## 6.5. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

As doenças de veiculação hídrica analisadas em Uruguaiana foram à leptospirose e hepatite A. A apresentação e organização desses dados, através de mapas, permite a visualização da distribuição espacial das áreas de maior incidência dessas enfermidades. A localização disso possibilita ações preventivas pontuais.

Basso e Righi (2015) analisaram e cartografaram a distribuição espacial de casos registrados pelo órgão de saúde municipal de leptospirose e hepatite A, entre os anos de

2007 e 2011, no município de Porto Alegre – RS. Em relação à hepatite A foram registrados 437 casos e 233 de leptospirose no período.

Em Uruguaiana o setor de vigilância epidemiológica organiza os dados primeiro em um caderno (Figura 6.23) e posteriormente os casos são registrados no Sistema Nacional de Atendimento Médico (SINAM). Infelizmente os únicos dados que o presente trabalho teve acesso foram à data de registro de cada doença no caderno, impossibilitando uma análise espacial das doenças.

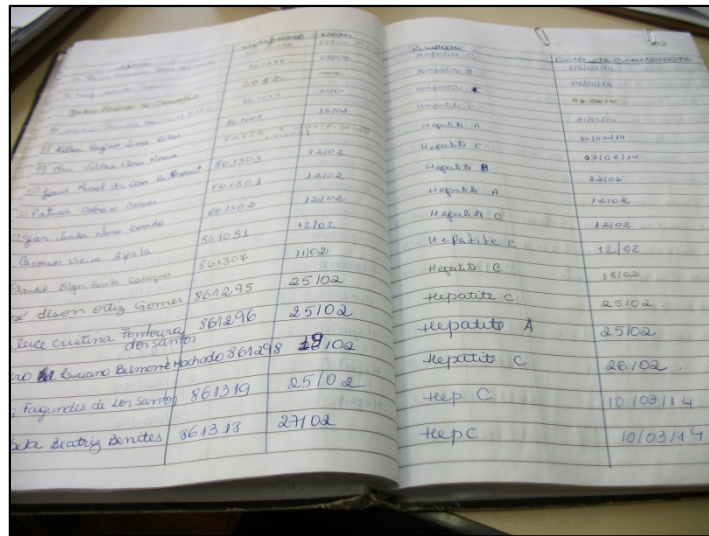


Figura 6.23: Caderno de registros das doenças.  
Fonte: Trabalho de campo – Ago/2014.

Entre 2001 e 2014, foram registrados apenas dois casos de leptospirose, nos dias 30-04-2002 e dia 08-05-2013. A experiência da vigilância epidemiológica demonstra que as principais ocorrências epidemiológicas após as inundações é o aparecimento de surtos de leptospirose, mas ao se confrontar os dias de ocorrência dos casos com as datas das inundações na área urbana, eles não se relacionam. A pequena incidência da doença pode estar também relacionada com erros de registros.

No Brasil, permanecem altas as incidências de diversas doenças de veiculação hídrica, além disso, essas doenças podem se agravar com inundações que afetam a qualidade e o acesso à água. A região Sul do Brasil detém o segundo lugar em % em números de casos de leptospirose, com 32%, em primeiro lugar está a região Sudeste com 37% (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2009).

Rêlo *et al.* (2007), analisaram casos de leptospirose nos municípios do estado do Espírito Santo. Foram registrados de 2003 a 2005 no estado 402 casos, deste total, 26 ocorreram somente em 2003, seguido por 221 casos em 2004 e 155 casos em 2005.

Confalonieire, Marinho e Barata (2011) verificaram que no período de 1975 a 2009, ocorreram no Rio de Janeiro, 4886 casos de leptospirose. Foram registrados, neste período, duas grandes epidemias de verão: em 1988, com 536 casos e em 1996, com 1790 casos e 49 óbitos. Este último evento, cujos casos se concentraram principalmente na Baixada de Jacarepaguá, pode ser considerado uma das maiores epidemias já registradas no mundo, com quase dois mil casos ocorridos em um período de menos de três meses.

Zanella (2006) analisou a distribuição dos números de casos de leptospirose no bairro Cajuru, Curitiba – PR, os casos possuem uma forte relação com o período de maiores precipitações (verão). Os índices mais elevados, bem como de eventos pluviométricos de 60 mm/24h e superiores, ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro. A maior incidência da doença aconteceu no mês de março. Há que se considerar o período de incubação da doença, que varia de 1 a 20 dias, sendo em média de 7 a 14, o que justifica os maiores índices registrados respectivamente em março e fevereiro.

Apesar de não existir ligação entre os dados de Uruguaiana e os casos citados acima, deve-se ter atenção especial nos bairros mais pobres da área urbana, pois conforme Basso e Righi (2015) a taxa de incidência das enfermidades de hepatite A e leptospirose são maiores nos bairros com baixos índices educacionais, de renda e de saneamento básico em relação aos bairros sem incidência das doenças.

Na análise sobre os casos de hepatite A, mesmo que muitos casos não tenham sido notificados ou foram mal registrados, verificaram-se mais ocorrências no município (Quadro 6.6).

Ao se analisar as ocorrências de inundações com os casos registrados de hepatite A, observa-se que somente três inundações podem estar associadas à ocorrência de hepatite A, o qual se torna pouco significativo.

Tanto os casos de leptospirose e hepatite A encontram-se relacionada com a água e, não necessariamente, com as inundações. Nesse sentido, em áreas de baixa endemicidade, o índice de acesso à água tratada, esgoto sanitário, entre outros é alto. Ao contrário áreas com saneamento escasso apresentam quase todas as crianças com idade inferior a nove anos com evidências de infecção prévia, pois são regiões de alta endemicidade (GUIMARAENS e CODEÇO, 2005).

Quadro 6.6: Casos de hepatite A de Uruguaiana.

Ano	Casos	Meses com Surtos	Meses com ocorrência de inundações	Quantidade de casos registrados
2001	33	Out, Nov, Dez		
2002	91	Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Out, Nov, Dez	Out	4
2003	19	Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Ago, Nov		
2004	3	Fev, Jun, Dez		
2005	32	Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Set, Out, Nov, Dez	Mai Jun	4 2
2006	87	Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Set, Out, Nov, Dez		
2007	61	Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Ago, Set		
2008	-	-		
2009	-	-		
2010	-	-		
2011	-	-		
2012	-	-		
2013	5	Fev, Mar, Set, Dez		
2014	8	Fev, Mar, Jun		

De acordo com os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), os casos de hepatite A no mundo ultrapassam 1,5 milhões por ano (WASLEY; FIORE; BELL, 2006). No Brasil, a hepatite A apresenta índices elevados de transmissão devido às baixas condições de saneamento básico ou até mesmo pela inexistência das mesmas (SANTOS *et al.*, 2005).

Em relação aos registros da Vigilância Epidemiológica do Município de Vitória (ES), em três bairros estudados, no período de janeiro de 2000 a junho de 2006, foram confirmados 24 casos. Em 2006 ocorreu o maior índice, totalizando dezoito casos (SILVA *et al.*, 2009).

A partir do momento em que as condições de higiene da população melhoram, a prevalência da doença reduz, ou seja, o suprimento de água tratada em longo prazo diminuiu a prevalência de hepatite A (FERREIRA e SILVEIRA, 2004).

Nesse sentido, pode-se destacar que as doenças de veiculação hídrica estão relacionadas principalmente com as condições de higiene e saneamento básico aos quais a população está submetida. Porém, durante os eventos de inundações, a água das chuvas acaba invadindo as casas juntamente com o lixo e esgoto acumulados nas proximidades, podendo acarretar o desenvolvimento dessas doenças.

## 6.6. IMPACTO EMOCIONAL

O questionário aplicado, apesar de possuir perguntas fechadas, proporcionou ampla liberdade para que o entrevistado pudesse expor suas angustias, necessidades e pensamentos em relação às inundações ocorridas. Assim, primeiramente levantaram-se informações do perfil do entrevistado. Foram realizadas 150 entrevistas, onde 38% dos que responderam aos questionários eram homens e 62% correspondiam ao sexo feminino. Desse total, 32% possuíam idade entre 20 e 35 anos, 38% dos indivíduos tinham idade entre 36 e 50 anos, 26% com idade entre 51 e 65 anos e apenas 4% com idade superior a 66 anos. Quanto às atividades exercidas pelos entrevistados, verificou-se que a maioria é cuidador de casa (tanto mulheres e homens) e catadores. Os demais entrevistados possuíam outras atividades (Figura 6.24).

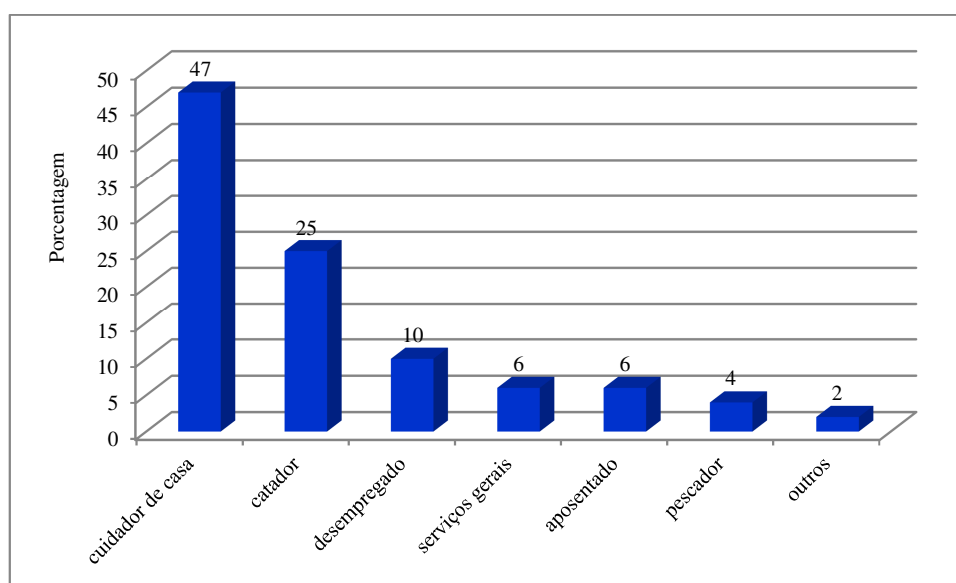


Figura 6.24: Gráfico com as ocupações dos entrevistados.



Sobre o tempo de residência nas áreas mais atingidas pelas inundações, 83% dos entrevistados afirmaram residirem há mais de 20 anos nesses locais. Essa característica pode indicar um bom nível de percepção da população quanto ao processo de inundações. Os outros 17%, afirmaram ser provenientes de outros bairros ou municípios, residindo no local há menos de 20 anos, mesmo assim, disseram já terem enfrentado inundações ou conhecer tal fato.

Em relação às perguntas do quadro 6.7, praticamente 100% dos entrevistados têm total compreensão sobre o processo de inundação na área urbana de Uruguaiana e percebem que estão em perigo. Quando indagados se a sua residência já havia sido atingida por alguma inundação, praticamente todos declararam ter o domicílio invadido pelas águas ou elas terem chegado muito próximo da moradia. Mesmo assim, 80% deles não abandonariam as suas casas no momento da inundação devido ao medo de furtos dos seus pertences e não iriam para outros locais disponibilizados pelo poder público.

Os motivos alegados pelos indivíduos para não se distanciarem desses locais são variados. Muitos estão próximos do centro da cidade, onde se encontram diversos locais de comércio e serviços. Os que são catadores afirmam que é no centro da cidade que conseguem com maior facilidade materiais diversos para a reciclagem, alguns fazem vários serviços e é nesses locais onde eles mais obtêm empregos temporários.

Quadro 6.7: Descrição do juízo de perigo do entrevistado.

Pergunta	Resposta
1. Compreende o processo de inundação?	Aproximadamente 100%
2. Percebe que está em perigo?	Aproximadamente 100%
3. Sairia de sua casas se ela estivesse em perigo?	20% Sairiam – 80% Não
4. Sabe a quem recorrer na ocorrência do evento?	Aproximadamente 100%
5. Conhece a Defesa Civil?	Aproximadamente 100%

Praticamente 100% dos indivíduos conhecem a Defesa Civil e sabe a quem recorrer nos eventos de inundações, fato esse explicado pelas inúmeras ocorrências de subida das águas do rio Uruguai na área urbana.

Uruguaiana possui a décima coordenadoria regional da defesa civil, que atua intensivamente em toda a região. A Defesa Civil possui um perfil na rede social Facebook “Defesa Civil Uruguaiana - <https://www.facebook.com/rsredecdez.uruguaiana>”, onde se encontram inúmeras informações sobre diversos desastres, cursos e informações em geral.

O exército também atua intensivamente ao socorrer às pessoas afetadas pelas inundações. Sabem que devem recorrer a eles se precisarem de ajuda na retirada dos móveis, objetos e, inclusive, de cidadãos que habitam esses locais suscetíveis aos episódios de inundações. Por ser uma região de fronteira muito próxima aos cinco principais países da América do Sul, as forças armadas brasileiras também estão presentes na cidade com o 8º Regimento de Cavalaria Mecanizada, 22º Grupo de Artilharia de Campanha Autopropulsado, Quartel General do Comando da 2ª Brigada da Cavalaria Mecanizada, 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea, 2º Pelotão de Polícia do Exército, Esquadrão de Comando da 2ª Brigada de Cavalaria Mecanizada, Hospital da Guarnição de Uruguaiana, Delegacia Fluvial de Uruguaiana, entre outros (URUGUAIANA, 2013).

A Brigada Militar, voltada para atender ao público civil, possui no município o 1º Batalhão de Policiamento em Área de Fronteira, Brigada de Incêndio de Uruguaiana, entre outros. O município abriga no total 6 delegacias de polícia e está munido também da Guarda Municipal, DPRF - 9ª Superintendência de Polícia Rodoviária Federal e o Departamento de Polícia Rodoviária Federal, (URUGUAIANA, 2013).

Em relação aos sentimentos pré-evento, a maioria dos entrevistados, 52%, possui insegurança, ansiedade e agitação, os quais consistem em um tipo de alerta de que há perigo por perto. O outro sentimento manifestado nas entrevistas foi o pesar, que é o sofrimento, a dor pelas perdas que poderão vir a ocorrer, onde 48% dos interrogados disseram sentir. A terceira opção, que era “aceitação”, não teve nenhuma escolha.

Todos esses dados foram espacializados de acordo com os setores censitários. A figura 6.25 apresenta o mapa confeccionado, onde se visualizam os sete setores em que predominou a insegurança e os 17 com primazia do sentimento de pesar. O mapeamento mostra que a situação de insegurança relaciona-se aos setores em que há a predominância de pessoas mais pobres e com maior número de moradores dentro das residências.

Em referência à pergunta pós-evento “se a moradia foi afetada”, 52% apresentaram sintomas de estresse, em função das condições precárias que iriam encontrar ao retornarem as suas casas, falta de água, alimentos, saneamento, medo de crimes, etc.

Os indivíduos que aceitam a situação e tentam reconquistar o que foi perdido, ficou em segundo lugar com 42% das respostas. Em terceiro lugar, representando 6% dos questionados, situaram-se àqueles que ficam abalados pela perda dos espaços próprios e pontos de referência, o que gera trauma/depressão/angústia (Figura 6.26).

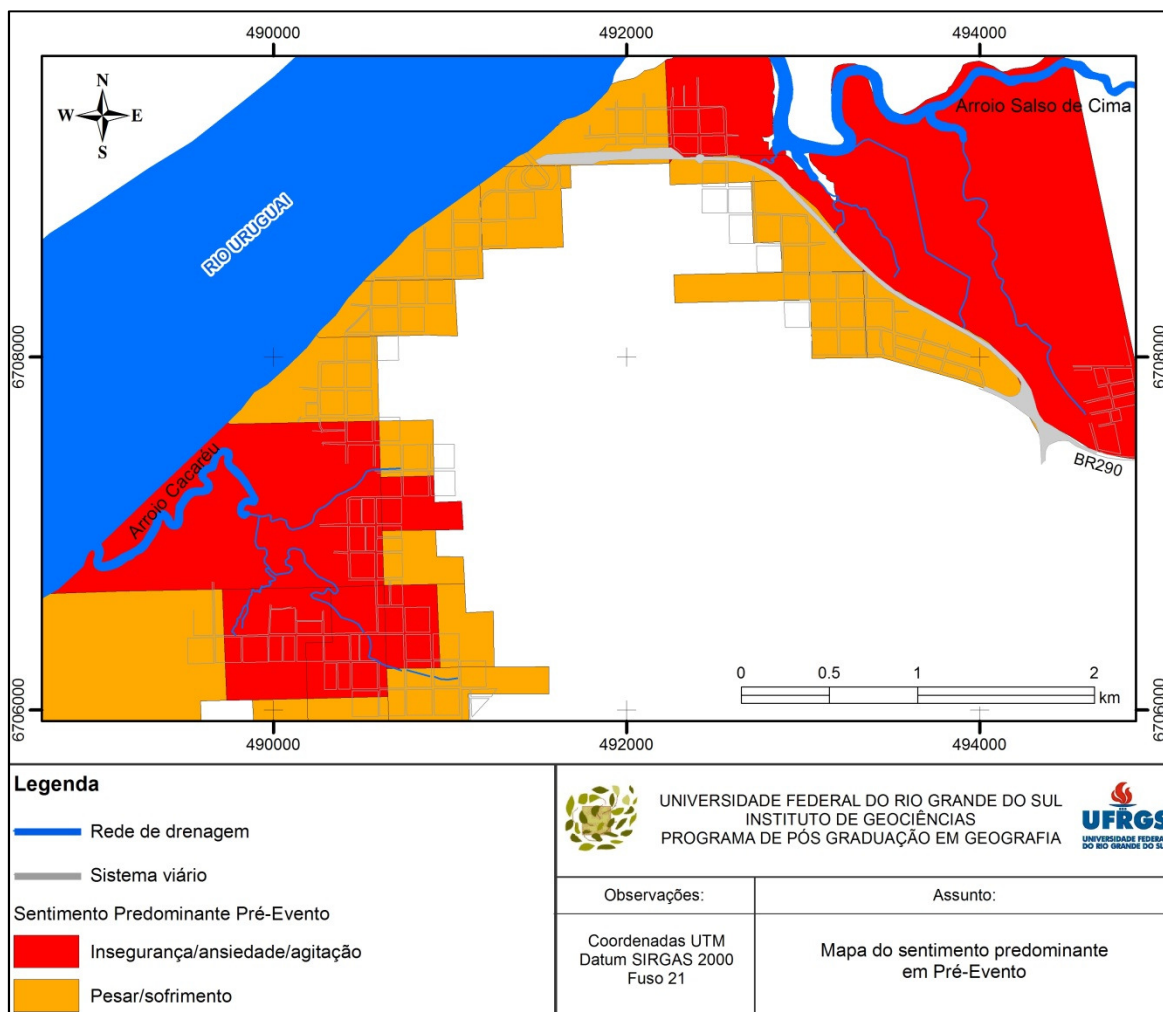


Figura 6.25: Mapa com o sentimento Pré-Evento.

Para o mapeamento do sentimento pós-evento também foram considerados o maior número de respostas iguais de cada setor, utilizando a mesma metodologia do pré-evento. Nesse caso predominaram em 9 setores situações de estresse, em 14 aceitação e em apenas um setor trauma/depressão/angústia (Figura 6.26).

A situação de trauma/depressão/angústia e estresse ficou bem marcado somente em um setor, onde as pessoas são mais pobres e possuem um maior número de moradores dentro das residências.

Considerando a condição de estresse e de trauma/depressão/angústia ascende-se a um total de 58% da população em situação vulnerável. Esse dado é bastante significativo, pois evidencia o sofrimento que os moradores experimentam depois das inundações. A administração pública, através dos órgãos competentes, deveria proporcionar atendimento psicológico a esses indivíduos, pois depois de tal experiência, poucos conceitos permanecem como eram antes, há mudanças na vida externa e interna da pessoa.

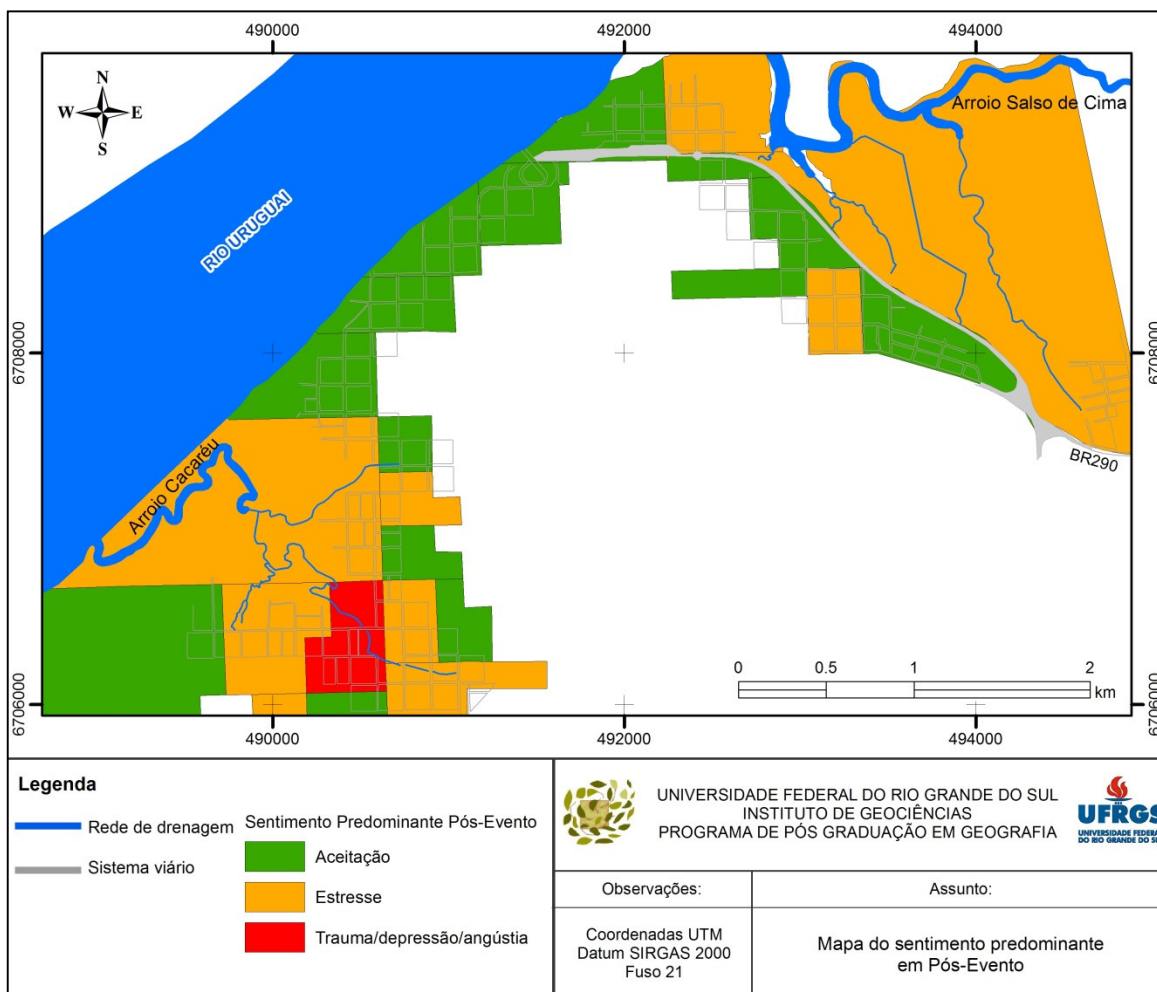


Figura 6.26: Mapa com o sentimento Pós-Evento.

Nos últimos 25 anos, mais de 25 milhões de pessoas por ano têm sido afetadas por desastres e acontecimentos traumáticos (ESPARZA, 2002). Hoje, a grande maioria da população mundial já viveu pelo menos um evento traumático, como violência urbana, acidentes de todo o tipo e desastres naturais (CÍA, 2001).

Kessler (2000), em uma importante pesquisa com a população norte-americana em 1995, a qual tem sido utilizada como referência nos estudos atuais sobre Transtorno de Estresse Pós Traumático (TEPT), verificou que 88,3% dos homens e 79% das mulheres desenvolvem distúrbios secundários, o que indica um alto índice de morbidade psiquiátrica: alto risco para o desenvolvimento de depressão, ansiedade generalizada, fobia, pânico e abuso de substâncias químicas.

Stierlim (1911, citado por CÍA, 2001) realizou uma pesquisa com as vítimas do terremoto de Messina na Itália em 1907 e atribuiu a origem dos problemas psiconeuróticos naquela população à intensidade emocional do episódio. Os dados indicaram que, mais do que uma predisposição para o distúrbio, as pessoas afetadas possuíam uma história de vida

que as deixavam vulneráveis ao desenvolvimento da doença. Devido a este trabalho, ele foi considerado o primeiro investigador da Psicologia de Desastres.

Em 2008 ocorreu uma grande inundação na cidade de Blumenau, SC, o que fez Torlai (2010) analisar a vivência do luto de pessoas que sofreram perdas decorrentes desse desastre. Na narrativa dos participantes foi possível identificar o impacto do desastre, a quebra do mundo presumido<sup>3</sup>, a imprevisibilidade da vida, as previsões de futuro, o controle dos acontecimentos e a vulnerabilidade, levando a perda do senso de segurança e proteção. O desastre provocou uma sucessão de perdas, desde as materiais até a da identidade psicológica dos indivíduos e comunidade. Observou-se que o luto por desastres é um processo contínuo de elaboração de perdas que exige do enlutado recursos internos e externos para enfrentar a situação traumática. Os recursos para enfrentar e suportar os traumas e perdas foi o apoio social, a fé e a religiosidade.

As reações a um desastre podem ser variáveis, o que impossibilita prever o tempo que as pessoas traumatizadas necessitam para se recuperar. Existem alguns fatores que podem contribuir ou impedir a recuperação dos indivíduos, como a existência de um sistema de apoio dentro e fora da comunidade envolvida, o que ressalta a importância de um apoio psicológico especificamente dirigido às vítimas (FRANCO, 2005).

Segundo Azar (2000), as mulheres ainda tem maior necessidade da rede de apoio social. Elas precisam aproximar-se mais de outras mulheres para dividir suas emoções e tendem a comportarem-se de modo a intensificar seu cuidado com a prole, diferente dos homens, cuja propensão é comportarem-se mais agressivamente e a necessitar de momentos de reflexão solitária (embora a rede de apoio também seja muito importante para eles).

Como observamos nos dados de Uruguaiana e nos trabalhos citados, a população sofre situações que envolvem vivências de medo e horror, fatos que acontecem de maneira repentina e inesperada, rompendo com a ordem do cotidiano. Trazendo à tona a consciência do quanto não estamos imunes e livres da possibilidade de viver episódios que ponham a vida em risco ou que levem à morte. Esses momentos nos relembram de forma concreta e cruel a realidade da vulnerabilidade humana.

---

<sup>3</sup> Mundo Presumido segundo Parkes (1998, p. 115): “...Todos nós, desde que nascemos, construímos internamente um modelo, um conjunto de concepções que servem de base àquilo que reconhecemos como mundo. Como ele é baseado na realidade, representa uma base sólida e útil para pensamentos e comportamentos. Confiamos na precisão dessas concepções para nos manter orientados no mundo e para controlar nossa vida (...)”.

Organizar esse estudo é abrir caminho para novas reflexões e questionamentos acerca das perdas decorrentes dos desastres, buscando ampliar o olhar para a qualidade da assistência aos sobreviventes, desenvolvendo ações conjuntas sobre o processo psicológico pré-evento e pós-evento causados por inundações.

## **6.7. ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE**

A análise da vulnerabilidade em Uruguaiana incluiu parâmetros associados às características socioeconômicas, saúde psicológica e fisiológica da população, assim como aspectos ligados às edificações e à infraestrutura urbana. Dessa forma, o termo vulnerabilidade indica nesta pesquisa a fragilidade do sistema social em vista da dinâmica fluvial.

Assim, com todas essas informações analisadas, foi possível gerar o mapa de vulnerabilidade a inundações para a área urbana de Uruguaiana (Figura 6.27).

As áreas de alta vulnerabilidade são as predominantes, concentradas próximas aos arroios Cacaréu e Salso de Cima, envolvendo muitas residências de baixo padrão urbano, deficiência na infraestrutura urbana, um grande número de pessoas atingidas, aproximadamente 4300, e com uma baixa capacidade resiliente (baixa renda nominal). São os locais que mais impactam psicologicamente a população em pré-evento e pós-evento (Quadro 6.8).

A zona de média vulnerabilidade é pequena e concentra-se na parte Centro/Norte da área urbana. A população é de aproximadamente 400 pessoas por setor, com uma renda média próxima de R\$ 600,00 por indivíduo, fato que permite uma recuperação mais rápida após uma inundação.

A zona de baixa vulnerabilidade ocupa uma pequena área e está distribuída por toda a zona de perigo. Nela encontram-se setores com uma renda média nominal superior a R\$ 600,00, ultrapassando os R\$ 2000,00. Apesar de possuir um número significativo de pessoas afetadas (aproximadamente 1000) as condições das edificações e a renda permitem uma total recuperação, mesmo em médio prazo.

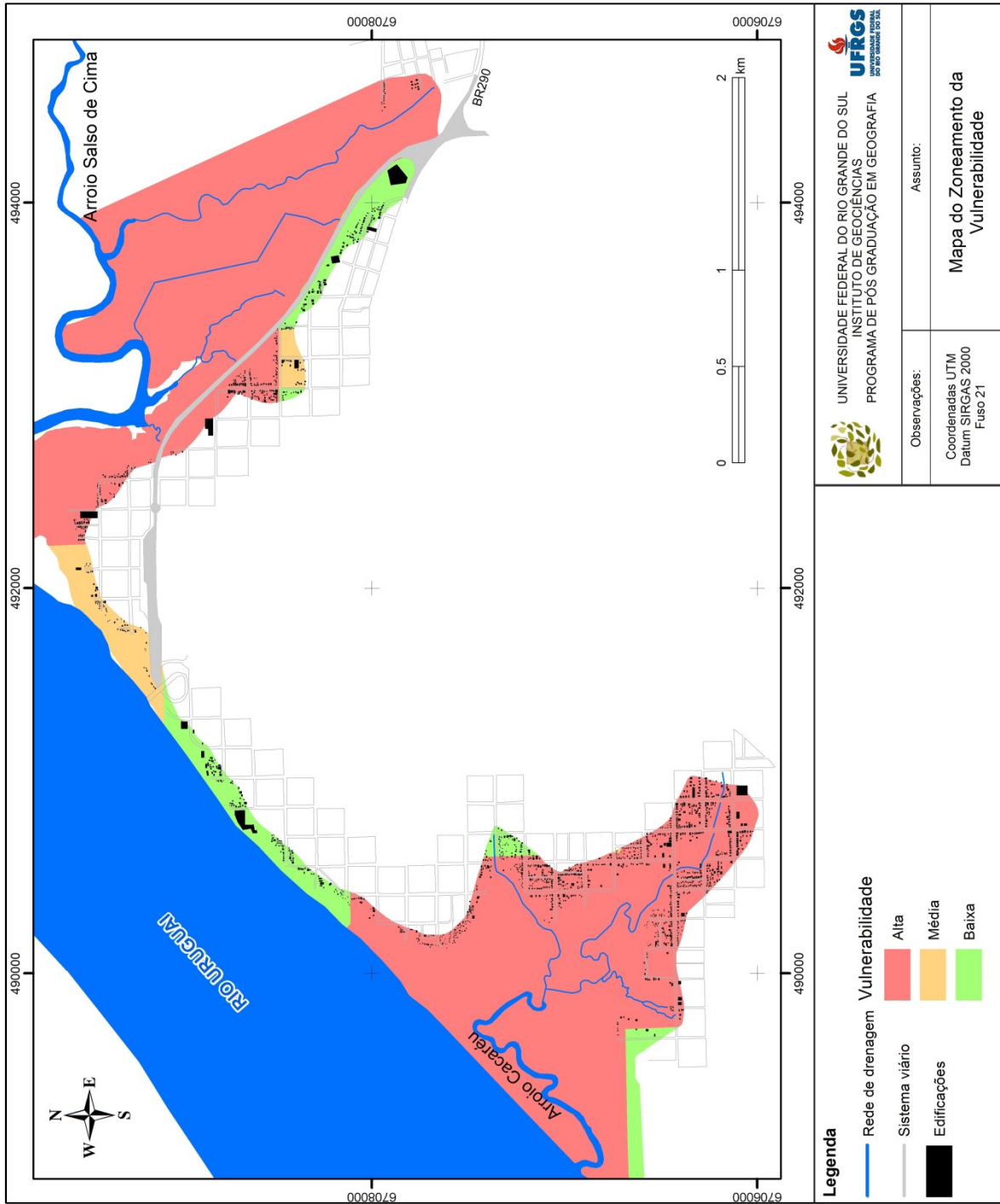


Figura 6.27: Mapa do zoneamento da vulnerabilidade.

Quadro 6.8: Edificações e grau de vulnerabilidade.

Usos	Vul. Alta	Vul. Média	Vul. Baixa
Comércio / Serviços	3	1	2
Galpão	4		
Industrial		1	3
Institucional			4
Institucional Escola			1
Institucional Igreja			1
Multifamiliar			5
Misto		2	2
Unifamiliar	1228	91	316

Segundo Penning-Rowsell e Chatterton (1977), os danos ao setor de comércio e serviços é o que apresenta o maior dano potencial por unidade de área. Isso se deve à combinação do alto valor do estoque com a intensa ocupação do espaço. Mas como na área vulnerável de Uruguaiana são poucos os estabelecimentos (seis), pode-se concluir que o maior prejuízo é nas residências.

Os custos de limpeza das residências podem ser estimados em pelo menos 20 horas de trabalho para inundações de pequena profundidade. Para inundações com sérias consequências, calcula-se até 15 horas de trabalho para cada quarto da residência (PENNING-ROUSELL e CHATTERTON, 1977), esse seria o caso se a inundação atingisse até a faixa máxima de perigo em Uruguaiana.

A quantidade de indústrias na área afetada também é pequena: apenas quatro. Porém, se elas forem atingidas, os prejuízos podem ser volumosos. Vaz (2015) define que uma inundação com duração de um dia no Bairro Humaitá em Porto Alegre - RS, que possui 10 indústrias, poderia sofrer um prejuízo total de R\$ 149.863,00 por dia. Acrescido do percentual de 45% referente aos danos indiretos para áreas industriais propostos por Canholi (2005), o prejuízo total seria de R\$ 217.301,35 ao dia. Esta projeção considera apenas os danos com a inatividade produtiva, sem considerar danos estruturais, maquinários, perda de insumos e pessoal ocupado.

Nesse sentido, pode-se aferir que a população residencial urbana de Uruguaiana possui técnicas inadequadas de construção civil e infraestrutura básica em áreas perigosas, um baixo nível de organização dificultando sua capacidade de prevenir, mitigar ou responder a situações de catástrofe, ausência em programas de educação, de elementos que instruem adequadamente sobre o ambiente ou os moradores do ambiente, seu equilíbrio ou desequilíbrio, e assim por diante.



## 7. O RISCO DE INUNDAÇÕES GRADUAIS

O presente capítulo apresenta o zoneamento de risco a inundações graduais com as diretrizes apropriadas para os planos de gestão e gerenciamento.

### 7.1. ZONEAMENTO DE RISCO

A combinação que se estabelece entre os graus de perigo a inundações e as potenciais consequências para os habitantes, a sua saúde, o patrimônio construído e as atividades econômicas (vulnerabilidade), permite a construção de “Mapas de Risco”. Este instrumento cartográfico é de extrema importância para os planos de gestão e gerenciamento contra inundações.

Assim, a partir da integração dos resultados de perigo e vulnerabilidade foi possível gerar o mapa de risco de inundação para a área urbana de Uruguaiana, sendo organizado em três classes: Risco Baixo, Risco Médio e Risco Alto (Figura 7.1).

Na faixa de Alto Risco encontra-se um total de 832 edificações (Quadro 7.1), que correspondem majoritariamente a residências de baixo padrão estrutural e com sistema de esgoto e drenagem pluvial inexistente e viário deficitário. Se todas essas residências fossem atingidas em um único evento, teriam que ser removidas aproximadamente 2900 pessoas.

Para as edificações de baixo padrão estrutural as inundações são extremamente destrutivas, e se a sua duração for prolongada, ou seja, superior a cinco dias, os danos podem ser irreparáveis. São afetados pelo contato direto com as águas, as calçadas, os pisos e esquadrias, em especial as de madeira, as fundações, portas, janelas e as instalações elétricas.

Os impactos são também significativos no comércio, mesmo atingindo somente quatro estabelecimentos, pois como a faixa é de alto perigo e os proprietários não possuem um capital alto, muitas vezes perdem toda a mercadoria não sendo mais possível se recuperar das perdas.

No setor norte e sul o tráfego de veículos é diretamente afetado pelas péssimas condições do sistema viário. Lâminas de água relativamente pequenas são suficientes para dificultar e até interromper o trânsito ou aumentar o risco de perda de aderência nas rodas dos automóveis (aquaplanagem), podendo provocar acidentes.

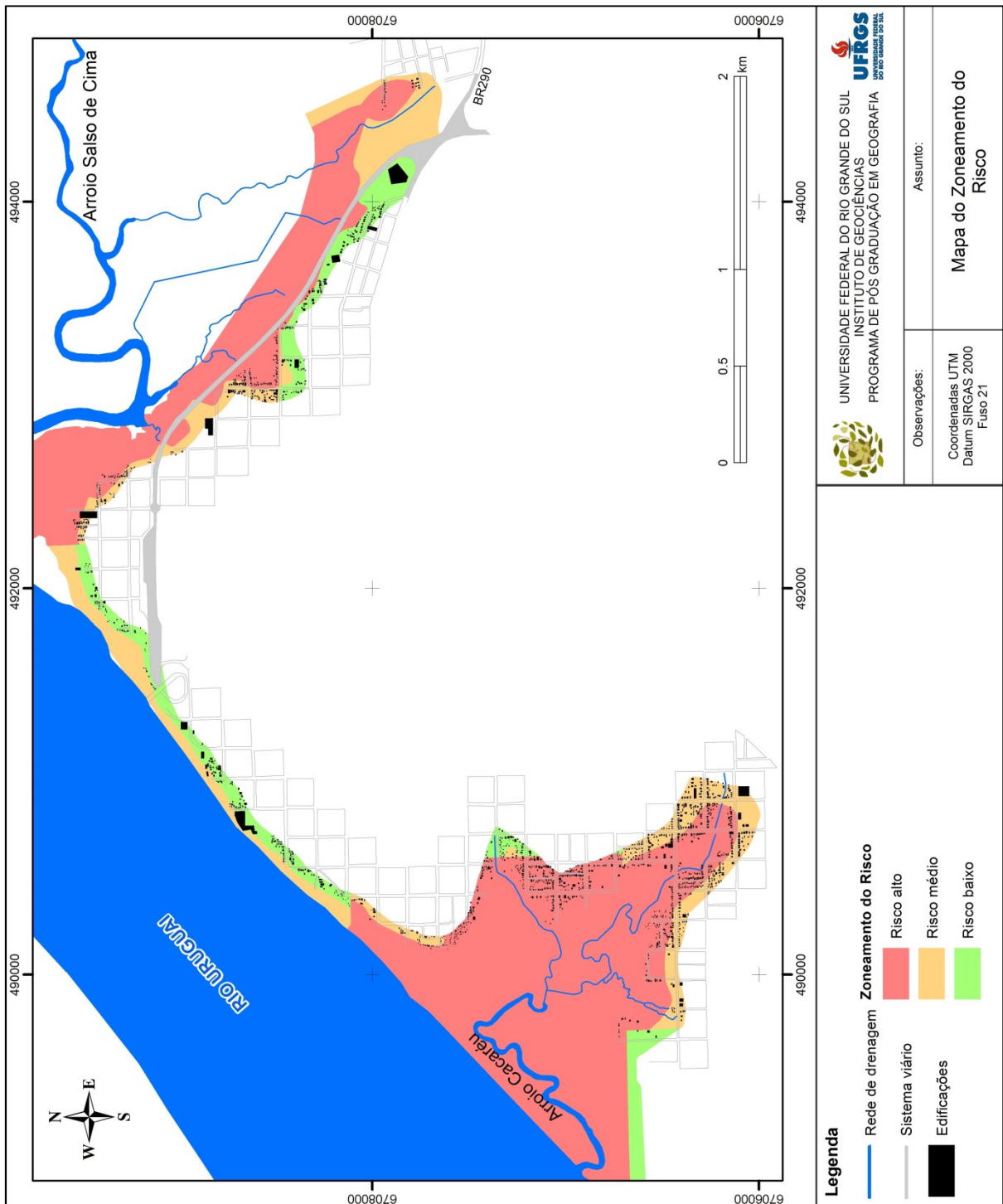


Figura 7.1: Mapa de risco a inundações.

Para toda a área inundada ocorre aumento do potencial de transmissão de doenças de veiculação hídrica ou transmitidas por vetores, principalmente por não possuírem um sistema de canalização interna à rede geral de esgotamento sanitário.

Vale ressaltar a grande presença de lixo e poluição difusa após a inundação nessa região mais carente, são encontrados desde eletrodomésticos, armários, sofás, camas, colchões, roupas, madeiras e sedimentos provenientes dos processos construtivos. Todo

esse material fica jogado nas ruas e no meio da vegetação existente, demorando muito tempo para ser recolhido. Tornando-se um descaso tanto para a comunidade tanto para o poder público.

Nessas áreas, o trabalho de envolvimento da comunidade nos assuntos relacionados às inundações é dificultado pela urgência de outras carências sociais, como moradia (ocupações irregulares e de baixo padrão estrutural), saúde, segurança, transporte, alimentação e trabalho. E como consequência o abalo emocional pré e pós-evento é mais uma das perturbações geradas.

Quadro 7.1: Grau de risco à inundação.

Usos Urbanos	Risco Alto	Risco Médio	Risco Baixo
Comércio / Serviços	4	2	
Galpão	4		
Industrial			4
Institucional	1	3	
Institucional Escola			1
Institucional Igreja			1
Multifamiliar		3	2
Misto		4	
Unifamiliar	823	478	334

A faixa de Risco Médio possui 490 edificações, onde apenas duas correspondem ao uso comercial e três são institucionais. Essa zona possui uma densidade habitacional de três pessoas por domicílio. Em caso de ocorrer novos eventos de inundações e atingir as residências teriam que ser removidas em torno de 1500 pessoas.

A faixa de risco médio, localizada na parte central e perto do rio Uruguai, possui uma população resiliente, ou seja, capacidade de se equilibrar economicamente em pouco tempo após a ocorrência da inundação. A densidade populacional é baixa, são os que possuem maior renda, acima de R\$ 1000,00 por pessoa, e praticamente todas as edificações são de alto padrão estrutural.

Nas áreas caracterizadas de Baixo Risco predominam edificações com médio e alto padrão construtivo. Se acontecer alguma inundação que alcance todas as 334 residências, poderão ficar desabrigadas cerca de 800 pessoas e, somando-se os moradores de faixas anteriores, seriam mais de 5000 indivíduos desabrigados.

Os desabrigados, nos eventos de inundação, são deslocados e alojados em locais tais como acampamentos, escolas, igrejas, clubes, onde recebem assistência do poder

público, da associação de moradores e de voluntários. Essa assistência compreende o fornecimento de abrigos, colchões, roupas, alimentos, etc.

Nessa faixa foram identificadas quatro edificações para fins industriais. Caso sejam atingidas por algum episódio extremo os prejuízos internos serão enormes.

Nesse sentido, a cartografia que foi elaborada e que detalha o zoneamento de risco possui grande importância para a adoção de medidas que reduzam ou coíbam a ocupação das áreas inseridas em faixas com maior perigo às inundações.

O zoneamento é a base para a implantação de um sistema de alerta. Este, por sua vez, constitui-se em uma das principais medidas para minimizar os efeitos negativos das inundações sobre a sociedade. É ingenuidade pensar que poderemos controlar totalmente as inundações, as medidas sempre visam minimizar as suas consequências.

A cidade de Muriaé - MG, localizada na região da zona da mata mineira, sofre também imensamente com a subida das águas do rio local. Guimarães e Penha (2009) constataram que uma inundação com altitude de 192 metros atingiu aproximadamente 1443 imóveis, sendo todos eles localizados no bairro Barra. Para a altitude de 196 metros a área inundada foi de 96,715 ha, com aproximadamente 2458 imóveis atingidos.

Vaz (2015) avaliou o risco de inundações para determinados bairros de Porto Alegre – RS. Admitindo uma inundação com cota entre 3,10m e 3,20m para os bairros Centro Histórico, Floresta, Humaitá, Praia de Belas e São Geraldo, verificaram-se que os danos diretos e indiretos para as áreas residencial, industrial e de transporte público seriam da ordem de R\$ 11,5 bilhões. A partir desse montante pode-se refletir sobre a importância dos sistemas de proteção contra inundações para segurança da população e quanto ao uso de áreas de risco.

Ainda sobre Porto Alegre, a sua história ficou marcada com a inundação de 1941 e, na sequência, pela ocorrência no ano 1967, sendo a partir desta última, o divisor de águas, entre uma situação de risco e a construção de um sistema de proteção contra inundações, que o poder público da época entendeu como prioritário para segurança da população (VAZ, 2015).

Na Índia em função das inundações, muitas casas ficam destruídas, muitas pessoas morrem, os terrenos agrícolas ficam submersos, perdem-se as colheitas armazenadas. Perde-se, igualmente, muito gado. As pessoas ficam sem dinheiro e comida de reserva (PNUD, 2015).

Para os habitantes das áreas urbanas mais pobres, as inundações constituem uma ameaça constante. Por todo o mundo, as vidas dos pobres são marcadas pelos riscos e vulnerabilidades provocados por um clima incerto (PNUD, 2015).

Nesse sentido, verificamos o quanto as inundações são destrutivas, principalmente para as classes sociais menos favorecidas, com salários que não permitem condições para a sobrevivência. Ocorre a perda de moradias, interrupções nos transportes, problemas com saneamento básico, maior violência e agitação social, perda de bens e empregos, o que pode ter um grave efeito psicológico nas pessoas, levando, às vezes, à depressão.

## **7.2. DIRETRIZES PARA PLANOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO**

Oliveira (2014) em sua tese de doutorado faz uma grande discussão sobre gestão e gerenciamento de áreas de risco. Ações de prevenção através de uma gestão e de um gerenciamento eficiente devem estar presentes nas políticas públicas, principalmente no âmbito do município. Estratégias de gestão devem conter ações no sentido de incrementar a capacidade da comunidade para transformar as condições perigosas e reduzir a vulnerabilidade, englobando táticas mais amplas do que a mera assistência e a recuperação pós-desastre (OLIVEIRA, 2014).

A concepção de gerenciamento e gestão de áreas de risco adotada no presente trabalho é a mesma de Nogueira (2002) e Oliveira (2014). O gerenciamento envolve um conjunto de medidas de organização e operação institucional para o tratamento de situações de risco existentes, no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa. Por outro lado, a gestão dos riscos urbanos, mais abrangente, é parte da gestão do ambiente urbano e compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano e de inclusão social, além de mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas.

### **7.2.1. Gerenciamento**

Os mapas e resultados apresentados aqui constituem uma importante ferramenta de gerenciamento para a área urbana de Uruguaiana, pois o gerenciamento de risco envolve atividades de diagnóstico, mapeamento e hierarquização de problemas, com o intuito de estruturar atividades de redução de risco e prevenção que reduzam as perdas provocadas

pelos processos da dinâmica superficial, principalmente, aqueles associados à dinâmica fluvial (OLIVEIRA, 2014).

Assim, o principal aspecto necessário à redução das perdas nas áreas de risco já definidas, consiste primeiramente que o poder público municipal impeça novas ocupações nessas áreas, sob o risco de agravar ainda mais a situação dos habitantes que ali vivem. É fundamental destacar a extrema importância que adquire a conscientização dos moradores quanto à necessidade de evitar novas ocupações. Sabe-se da dificuldade em convencê-los a abandonar tais áreas. Os motivos para isso são os mais variados: o valor sentimental do lugar de residência até a proximidade do local de trabalho, passando pelas restrições financeiras para a aquisição da casa em outro ponto do município.

Nesse sentido, a educação ambiental é uma estratégia interessante e que pode influenciar positivamente na compreensão de todo esse processo. Para Reigota (1994), a educação ambiental deve orientar a comunidade em procurar incentivar o indivíduo a participar ativamente da resolução dos problemas, direcionado para sua realidade específica, nesse caso, ela será direcionada para a população que convive com as inundações.

A educação direcionar-se-ia a organização de palestras e fazer visitas aos moradores alertando para o aumento do risco de inundações, acúmulo de lixo inadequado, esgoto sem tratamento e outros fatores antrópicos. Orientar também para práticas de reciclagem que ao mesmo tempo podem gerar renda. Podem ser confeccionados e distribuídos na comunidade alguns folhetos informativos com indicações sucintas sobre o risco de inundações e o que fazer em pré e pós-evento.

Outra medida importante é a implantação imediata de áreas de recreação e lazer, com instalação de campos de futebol, ciclovias, quiosques, etc., nas áreas de risco que ainda não foram ocupadas, cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo.

Um exemplo de baixo custo são as bacias de retenção. Righi (2011) analisou uma delas, situada próximo ao rio Uruguai, no bairro do Passo, município de São Borja. Tal bacia permanecia seca na maior parte do tempo, recebendo aporte de água apenas nos dias de chuva, quando aumentava a vazão do rio (Figura 7.2). A bacia utiliza taludes laterais suaves, cobertos por grama e, em alguns locais, construídos na forma de arquibancadas e rampas lisas, de forma a evitar possíveis acidentes. Dessa forma, a bacia de retenção é aproveitada para atividades de lazer e eventos culturais, bem como serve de estacionamento e, também, rede viária.

Em Uruguaiana o desenvolvimento da área urbana se dá “de costas” para o Rio Uruguai. Existem projetos para construir uma Avenida “Beira Rio” que nunca foram executados. Se tal avenida fosse implantada e, juntamente com ela, estabelecidas as medidas sugeridas anteriormente, o risco de inundação seria menor.

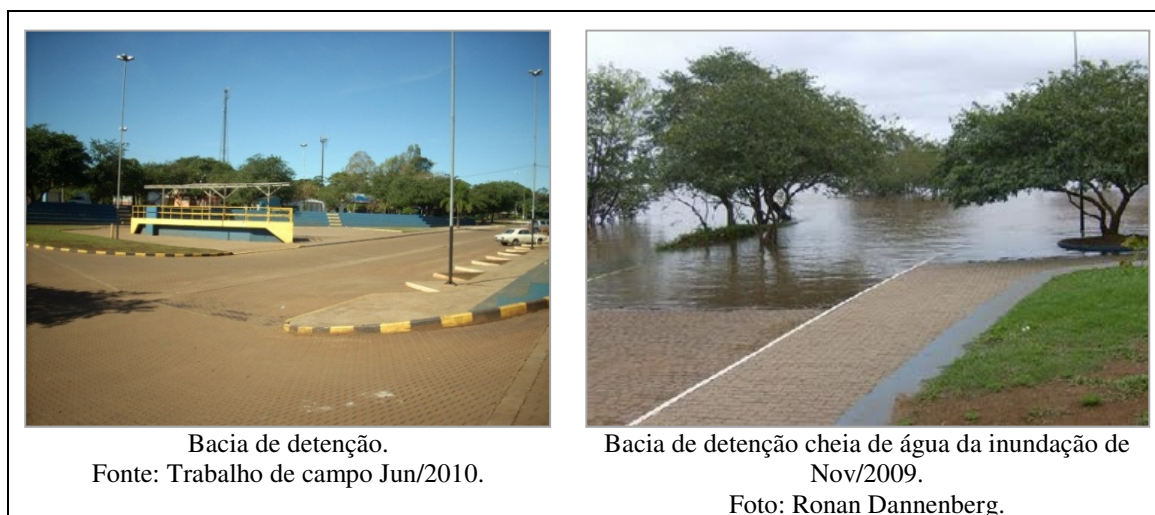


Figura 7.2: Bacia de detenção em São Borja.

A remoção das famílias com casas de baixo padrão estrutural das áreas de alto risco deveria ser prioridade das políticas públicas do município. Na figura 7.3, indicam-se dois locais que poderiam ser transformados em novos loteamentos.

Essas áreas foram indicadas por estar o mais próximo do centro da cidade e fora de risco de inundações. Como já existem novos loteamentos próximos, sistema de tratamento de esgoto e energia elétrica, seria uma continuação segura. Outro aspecto que merece atenção do poder público é o transporte. Esses locais devem ter uma completa disponibilidade de transporte coletivo, pois a melhoria nas condições de mobilidade desse grupo social pode ter um importante impacto na redução da pobreza.

Caso não seja possível remover todas as famílias das áreas de alto risco com edificações de baixo padrão estrutural, o recomendável seria construir habitações com mais de um piso (medidas individuais de proteção), onde a parte superior deverá ficar situada, no mínimo, no nível do limite da inundação e estruturalmente protegida.

Algumas perdas podem ser minimizadas por meio da adoção de medidas de proteção, tais como: impermeabilização temporária (somente em edificações de alto padrão estrutural), evacuação e realocação de bens móveis para áreas livres de inundações. Essas medidas podem reduzir substancialmente as perdas se forem empreendidas no grau adequado e em tempo hábil.

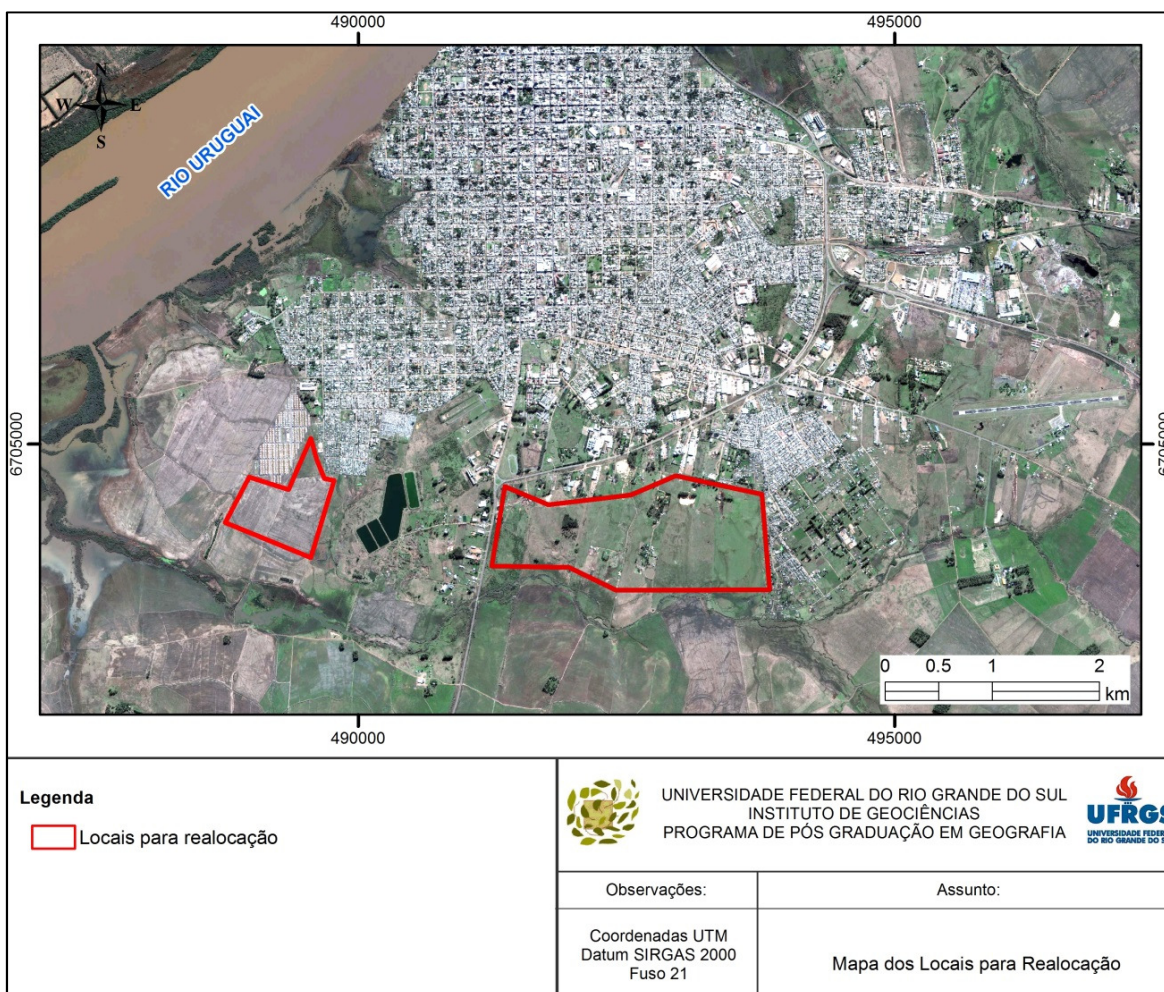


Figura 7.3: Mapa com indicação de áreas para remoção das famílias.

Outra medida que pode ser implementada pelo poder público municipal para auxiliar as vítimas das inundações que perderam suas casas (por possuir baixo padrão em suas estruturas) é o oferecimento de uma casa móvel, chamada *volante*. A casa mede 2,5 x 5 m, possui dois cômodos, duas janelas e uma porta, é forrada e pintada (Figura 7.4). O grande problema da doação dessas casas é que elas são novamente colocadas nas áreas de alto risco de inundações e não em uma área segura (Figura 7.5).

O impacto emocional da população atingida é muito significativo, como já foi referido. A perda da habitação, do ambiente seguro, a interação com vizinhos escolas e espaços públicos pode levar a condições de estresse e, até mesmo, a casos de depressão. Portanto, é importante oportunizar as famílias realocadas com tratamento psicoterapêutico como forma de ajuda emocional. É conveniente que o futuro desses indivíduos seja uma construção saudável no novo local de moradia. O acompanhamento psicológico durante a



reconstrução beneficia o paciente a encontrar uma nova fonte saudável de segurança e a se adaptar à nova realidade.

Em relação às doenças de veiculação hídrica, sugere-se uma melhor organização das notificações no centro de vigilância sanitária, ambiental e epidemiológica do município, pois não é possível fazer qualquer análise com os dados obtidos até então.



Figura 7.4: Volante sendo entregue pelo prefeito em Uruguaiana.  
Fonte: Boletim Informativo Municipal



Figura 7.5: Volante ocupada pelos moradores.  
Fonte: Campo Agosto – 2014.

Outro ponto a destacar é a implantação de medidas hidráulicas estruturais junto à BR 290 (norte da área urbana). Como já mencionado, deveria ser ali construídas comportas de concreto com as bordas emborrachadas para que se encaixem perfeitamente aos três bueiros existentes. Tal providência evitaria a entrada da água devido à subida do rio Uruguai nos bueiros. Para a retirada da água da chuva e dos pequenos canais do outro lado do dique, deveriam ser instaladas bombas com motores movidos à gasolina (construção de duas ou três Casas de Bombas).

Já no setor sul, mais especificamente, no arroio Cacaréu devem-se eliminar os estrangulamentos e dimensionar o alargamento e aprofundamento da calha, assim como preservar as APPs.

Nesse sentido, a preservação da mata ciliar e áreas de preservação permanente dos arroios urbanos e do rio Uruguai são extremamente importantes para o amortecimento das inundações. Demarcar essas faixas e iniciar um projeto de recuperação é imprescindível para minimizar os impactos negativos das inundações.

Também, é necessário implantar um sistema de alerta diretamente conectado com a unidade da Defesa Civil, Exército e do Corpo de Bombeiros, que são os órgãos capacitados para promover a remoção, resgate e socorro da população atingida.

Os principais fatores condicionantes da efetividade da ação de proteção são o tempo e acurácia do alerta e a pronta resposta dos moradores, o último deles intimamente relacionado a fatores comportamentais, tais como a percepção do risco, estado de preparação e experiência com eventos passados (WIND *et al.*, 1999; BURN, 1999). Um sistema de previsão e alerta constitui instrumento essencial na tomada de decisão sobre ações de proteção, visando minimizar as perdas reais sofridas pela população atingida pelas inundações.

Em Uruguiana não se encontram traços de medidas de gerenciamento proativas e preventivas. Ao contrário, a abordagem é totalmente negligente pela incapacidade e falta de ações específicas para o tratamento das áreas de risco. As poucas ações tomadas são pontuais, ou seja, ocorrem somente no momento das cheias, sem continuidade no tempo.

### **7.2.2. Gestão**

A gestão dos riscos urbanos compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação, desenvolvimento urbano, inclusão social, mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas (NOGUEIRA, 2002).

O planejamento e uso do solo com restrição nas planícies de inundação em todos os municípios ribeirinhos do rio Uruguai é um importante projeto de gestão. São vários os municípios que margeiam esse grande rio que sofrem processos de inundações. Segundo Righi e Robaina (2010) são mais de 30 municípios atingidos por inundações somente no Rio Grande do Sul, por precipitações ocorridas em toda a extensão da bacia hidrográfica, principalmente no alto curso do rio.

O grande problema da gestão de uso do solo desses municípios decorre dos órgãos públicos não levarem em consideração à totalidade da bacia hidrográfica do rio Uruguai, incluindo o estado de Santa Catarina e o país vizinho Argentina.

É importante salientar que o artigo 171 da Constituição Estadual estabelece um modelo sistêmico para a gestão das águas do Rio Grande do Sul, no qual a bacia hidrográfica foi definida como unidade básica de planejamento e gestão. A Lei 10.350/1994, (conhecida como a lei das águas gaúcha), regula a existência de três Regiões Hidrográficas, as quais foram subdivididas em bacias hidrográficas, totalizando, até o presente momento, 25 unidades. Para cada uma delas está prevista a formação de um comitê para a gestão integrada dos seus recursos hídricos. Assim, todos os planos são definidos separadamente para cada uma das 25 unidades (Figura 7.6). Assim, com esse modelo de gestão não ocorre integração dos dados, os quais são sempre analisados por unidade hidrográfica.

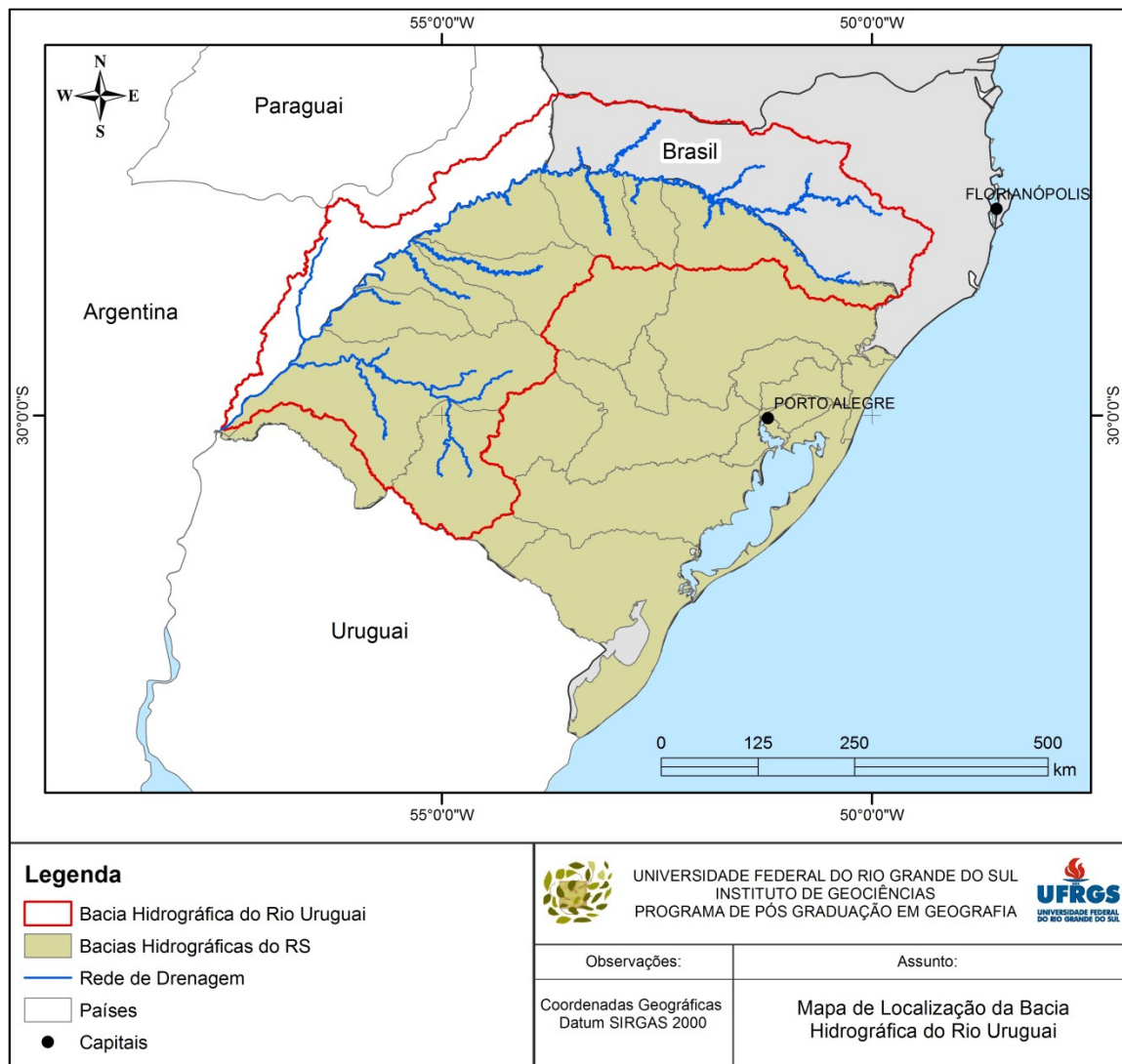


Figura 7.6: Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.

As unidades se agrupam em três regiões hidrográficas, a região do rio Uruguai que coincide com a bacia nacional do Uruguai, a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste.

A Agência Nacional das Águas (ANA), em virtude da grande extensão territorial do Brasil, apresenta 12 grandes bacias hidrográficas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que são os órgãos nacionais responsáveis pelo planejamento ambiental e o uso racional da água.

Em relação à bacia hidrográfica do rio Uruguai, ela foi desmembrada em mais 13 unidades hidrográficas, sendo que quatro dessas ficam no estado de Santa Catarina e nove no estado do Rio Grande do Sul (Figura 7.7). E a gestão é feita em função das características hidrológicas e dos principais rios formadores para cada uma das unidades, não integrando os dados posteriormente.

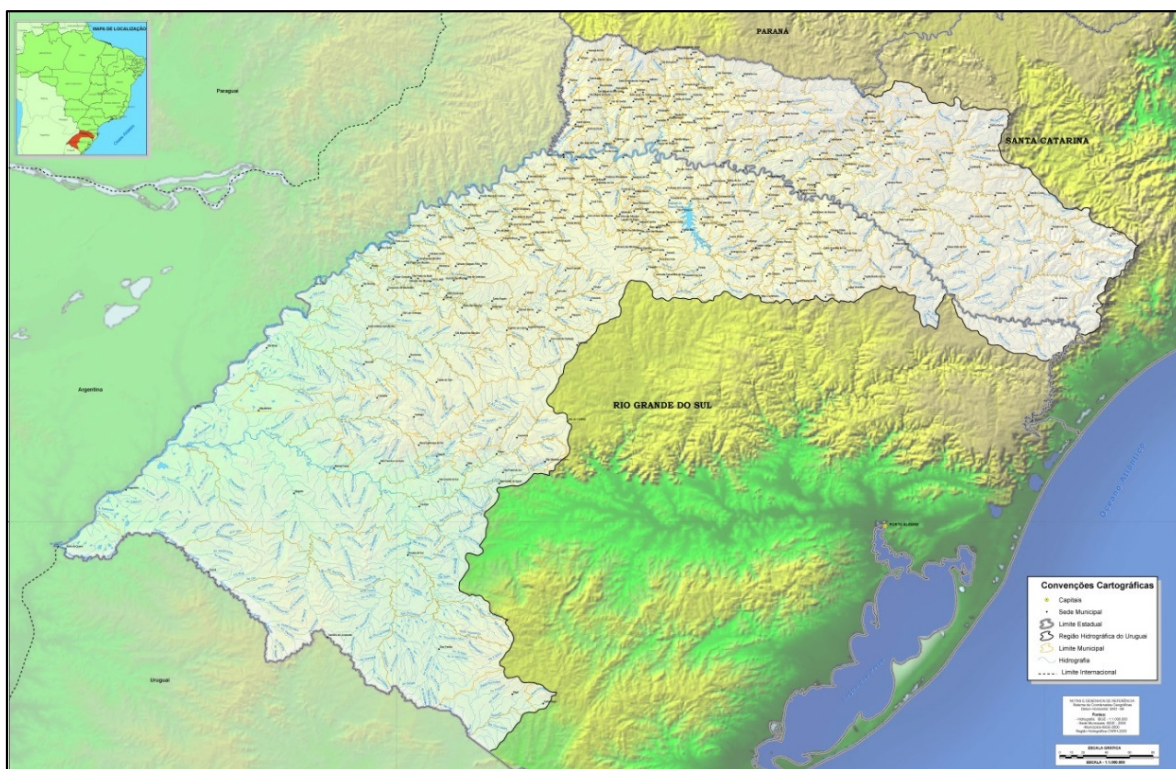


Figura 7.7: Região Hidrográfica do Uruguai.  
Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.

O Ministério de Minas e Energia, pela Empresa de Pesquisa Energética (2006) disponibilizou o relatório que contém a Caracterização para a realização da Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia hidrográfica do rio Uruguai. A Avaliação Ambiental Integrada (AAI) tem como objetivo avaliar a situação

ambiental da bacia com os empreendimentos hidrelétricos implantados e os potenciais barramentos, considerando seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e as populações humanas, e os usos atuais e potenciais dos recursos hídricos no horizonte atual e futuro de planejamento.

Apesar de o trabalho ter sido mediado pelo Ministério do Meio Ambiente e ter incluído várias etapas (Caracterização da Bacia, Avaliação Ambiental Distribuída, Conflitos, Avaliação Ambiental Integrada e Resultados) foi alvo de inúmeras críticas pelos resultados equivocados que foram apresentados e pela integração dos dados não ser feita na totalidade da bacia, mas em sub-bacias.

Outro órgão importante no Rio Grande do Sul para gestão de áreas de risco é a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul, integrante do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec), conforme o Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010, e atua nas fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução de cenários, nos desastres naturais ou provocados pelo homem. Em conjunto com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, ela é responsável por coordenar as ações realizadas pela Defesa Civil dos municípios (Figura 7.8).

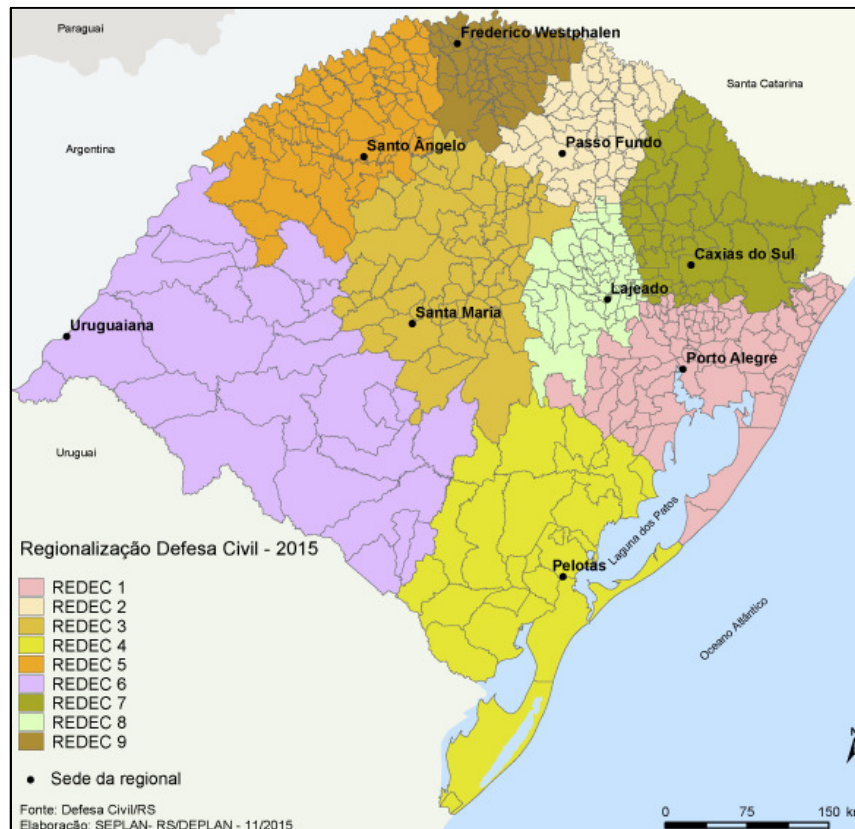


Figura 7.8: Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil.

Fonte: <http://www.defesacivil.rs.gov.br>.

Embora a Defesa Civil tenha como premissa agir de forma preventiva e reativa, isto é, antes e depois dos eventos adversos, sua atuação maior é para evacuar, recuperar e reconstruir os locais atingidos.

Os programas educativos e capacitações são feitos pela Defesa Civil – RS, tanto em esfera comunitária, municipal e Estadual, mas faltam funcionários, agentes e voluntários para que os programas sejam realmente eficazes.

Vinculado a outros centros, o Centro de Operações da Defesa Civil (Codec) trabalha em regime de 24 horas por dia para monitorar e acompanhar a situação climática do RS. Através dele são emitidos boletins com as previsões do tempo. Mas não existe um sistema de alerta antecipado de inundações.

Oliveira (2014) cita vários instrumentos para o ordenamento e a gestão do território nas cidades, como o Estatuto da Cidade, a criação do Ministério das Cidades, o Programa Drenagem Urbana Sustentável, os Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR), o Planejamento Nacional para Gestão do Risco, o Plano Plurianual (PPA) 2012-2015 e o Programa 2040 – Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, que conta com um orçamento global de R\$ 11.460.033.

Embora exista uma distribuição de competências entre os entes federativos atribuídos pela Lei 12.608/2012<sup>1</sup>, a prevenção não faz parte da cultura dos gestores e apenas nos últimos anos tornou-se uma preocupação da esfera administrativa federal.

A importância que assume a esfera municipal, na gestão e no gerenciamento de áreas de risco deve-se ao fato, dessa ser a primeira instância a efetuar uma resposta frente ao evento adverso. Infelizmente, o que se observa é que a maioria dos municípios não possui capacidade técnica, financeira e operacional para lidar com essas circunstâncias. Quando existe uma tomada de consciência dos órgãos públicos gestores responsáveis por essas situações, esses atuam, mais especificamente, no durante e no pós-desastre, e não em estratégias de prevenção e de redução de riscos.

---

<sup>1</sup> Instituiu a obrigatoriedade de elaboração do plano diretor nas cidades incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese tratou de apresentar uma metodologia aplicada em um estudo de caso, para consolidar a necessidade de uma análise multicritério para a construção de “Mapas de Risco”. Somente a combinação entre os graus de perigo a inundações e a vulnerabilidade, permite a análise do risco, onde tais aspectos são considerados de extrema importância para planos de gestão e gerenciamento contra inundações.

A modelagem aplicada mostrou-se adequada aos objetivos do estudo e seus resultados confirmaram o potencial da área onde o município está situado para a ocorrência de inundações.

Dessa maneira, comprova-se, como descreve Collischonn (2001), que o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH) produz excelentes resultados quando aplicado em grandes bacias. Assim, os resultados do modelo têm grande utilidade, já que a informação de variação dos níveis da água é importante para a maioria dos usos dos recursos hídricos na bacia.

A aplicação da metodologia em relação ao perigo apresentou algumas dificuldades relacionadas à organização das informações necessárias, tendo em vista suas diferentes origens e grande quantidade de dados. Os dados digitais foram gerados em pacotes computacionais diferentes, muitas vezes em escalas e sistemas de referência também distintos, tornando a montagem do banco de dados um processo lento. Foi necessário também compatibilizar as informações do modelo hidráulico e do programa de geoprocessamento utilizado.

A integração dos softwares HEC-RAS e ArcGIS é vantajosa e eficiente. Desse modo, é possível fazer o estudo hidrológico e, em seguida, as simulações hidráulicas para posteriormente traçar a área de inundação do rio modelado.

Grandes cursos fluviais como o rio Uruguai controlam o escoamento em seus afluentes. Assim, quando os níveis d’água nos grandes rios se elevam parte do volume d’água esco para as respectivas planícies de inundação. Ao mesmo tempo, os pequenos afluentes são represados, diminuindo e muitas vezes invertendo o sentido do fluxo de vazões. Dessa forma ocorre à retenção nas planícies de inundação dos afluentes e, conseqüentemente, o armazenamento total é amplificado.

Isto posto, o dique em que a BR 290 está assentada não auxilia totalmente na contenção das águas do rio Uruguai na parte norte da área urbana do município de

Uruguaiana, quando essas se elevam pelo aumento das precipitações na BHRU. Tal fato ocorre porque foram abertos três bueiros ao longo do dique para escoamento da água pluvial urbana. Uma solução para tentar diminuir os impactos causados pelas inundações no setor norte da área urbana, seria a construção de comportas de concreto com as bordas emborrachadas que se encaixem perfeitamente aos bueiros. Para fazer a retirada da água da chuva dos pequenos canais do outro lado do dique deveriam ser instaladas Casas de Bombas.

Na parte sul da área urbana, às margens do arroio Cacaréu, devido às ocupações irregulares no local, o riacho tornou-se um depósito de todo tipo de resíduo. O problema não reside apenas nas áreas de ocupação irregular, mas também nas áreas planejadas, pois nelas não há coleta nem tratamento do esgoto, muito menos a disposição correta dos resíduos sólidos. O despejo de lixo às margens do arroio diminui consideravelmente a sua capacidade de escoamento, aspecto que contribui para aumentar as consequências negativas das inundações.

Nesse sentido, as áreas com perigo a inundações são significativas. A faixa de alto perigo possui 50 edificações. As áreas caracterizadas de médio perigo (maior de 11 anos de TR e menor de 20 anos) possuem um total de 652 edificações, com usos predominantes residenciais. Caso venham a ser atingidas por algum evento, os danos nessas estruturas deverão ser grandes, em virtude dos seus constituintes serem frágeis.

A faixa de baixo perigo possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, somente é atingida em anos excepcionais, mas a sua definição é útil para informar à população sobre a grandeza do risco à que está sujeita, pois nela há um número expressivo de edificações com boas estruturas (alvenaria), um total de 962.

Mesmo com todas as dificuldades dos órgãos públicos o planejamento adequado das áreas de perigo de inundação, regulando a construção de empreendimentos, removendo gradualmente a ocupação e recuperando as áreas desocupadas, são as medidas que mais contribuem para a melhor convivência da sociedade com eventos extremos, uma vez que estes não podem ser controlados.

Em relação à vulnerabilidade, observou-se que o comportamento resiliente raramente prevalece nesse estudo. Esse aspecto é identificado na incapacidade da população de suportar a maioria dos traumas e perdas, superar as adversidades e prevalecer, na maior parte das vezes, com recursos, competência e união.

Isso acontece predominantemente nas áreas de alta vulnerabilidade, concentradas próximas aos arroios Cacaréu e Salso de Cima, envolvendo muitas residências de baixo



padrão urbano, deficiência na infraestrutura urbana, um grande número de pessoas atingidas, aproximadamente 4300, e com uma baixa capacidade resiliente (baixa renda nominal). Nesses locais (de alta vulnerabilidade) a população se vê mais abalada, desestabilizada psicologicamente, tanto em pré-evento quanto em pós-evento.

A avaliação dos impactos socioeconômicos causados por inundações constitui-se em fonte fundamental de informações sobre os prejuízos causados, sobre a qualidade e a eficiência das instituições públicas e das organizações privadas em face de situações de crise e de pós-crise decorrentes dos eventos catastróficos de inundação.

Nesse sentido, pode-se aferir que a população residencial urbana de Uruguaiana enfrenta problemas em relação às suas moradias, principalmente no que se refere a técnicas inadequadas de construção civil, o que torna os efeitos das inundações ainda mais nefastos nessas áreas perigosas. Infelizmente o poder público municipal auxilia as vítimas das inundações que perderam suas casas (por possuir baixo padrão em suas estruturas) somente com as casas chamadas *volante*, que também são extremamente frágeis e são novamente colocadas nas áreas de alto risco de inundações e não em uma área segura. A remoção das famílias com casas de baixo padrão estrutural das áreas de alto risco deveria ser prioridade das políticas públicas do município.

Também cabe salientar o baixo nível de organização das áreas com alta vulnerabilidade que dificulta a capacidade dos moradores de prevenir, mitigar ou responder a situações de catástrofe, além da ausência de programas de educação e elementos que instruem adequadamente esses indivíduos sobre o ambiente.

Em vista disso, o zoneamento do risco apresentado nesse trabalho possui grande importância para a adoção de medidas que reduzam ou coíbam a ocupação das áreas inseridas em faixas com maior perigo às inundações. Importante sublinhar que, somente na faixa de Alto Risco, encontra-se um total de 832 edificações majoritariamente residências de baixo padrão estrutural e com um sistema de esgoto, água e drenagem pluvial inexistente e viário deficitários. Se todos esses domicílios fossem atingidos em um único evento, teriam que ser removidas em torno de 2900 pessoas.

Ao longo do trabalho percebe-se a importância que assume a esfera municipal, na gestão e no gerenciamento das áreas de risco de Uruguaiana. Isto decorre, obviamente, ao fato dessa ser a primeira instância a efetuar uma resposta frente ao evento adverso. Infelizmente, o que se observa é que a maioria dos municípios não possui capacidade técnica, financeira e operacional para lidar com essas circunstâncias tão adversas. Quando existe uma tomada de consciência dos órgãos públicos gestores responsáveis por essas

situações, esses atuam, mais especificamente, no durante e no pós-desastre, e não em estratégias de prevenção e de redução de riscos.

O aprimoramento de instrumentos de gestão urbana, tendo em conta os riscos de inundação, como o plano diretor urbano, o zoneamento urbano e a lei de uso do solo que incorporem o risco de inundação são de extrema importância para o município de Uruguaiana, especialmente sua área urbana.

O planejamento e uso do solo com restrição nas planícies de inundação em todos os municípios ribeirinhos do rio Uruguai é um importante projeto de gestão. São vários deles que margeiam esse grande rio e que sofrem processos de inundações. Assim, sugere-se que os órgãos públicos levem em consideração toda a bacia hidrográfica do rio Uruguai, incluindo o estado de Santa Catarina e o país vizinho Argentina para elaborarem a gestão e o gerenciamento dos municípios.

Tendo em vista os resultados obtidos no zoneamento de risco, sugerem-se ações contando com a articulação de diversos agentes como órgãos de Defesa Civil, Prefeituras, instituições de pesquisa e ensino, as comunidades afetadas, etc., pois agora se sabe com maior precisão quais são os maiores prejudicados nos episódios de inundações em Uruguaiana. Com esse tipo de análise, pretende-se contribuir como uma fonte teórico-metodológica, bem como trabalho técnico para o município, pois fornece subsídios e serve de base para estudos de maior detalhamento que venham a desenvolver um cadastramento do risco.

Como perspectiva para trabalhos futuros vislumbra-se a conveniência da aplicação da metodologia proposta a outros estudos de caso. Longe de esgotar o assunto, são necessárias contribuições de outras investigações no sentido de possibilitar a incorporação de informações detalhadas dos aspectos abordados, de modo a refinar a formulação dos indicadores de vulnerabilidade melhorando a sensibilidade destes aos impactos sofridos, principalmente no que diz respeito aos aspectos sociais e de saúde pública. Nessa perspectiva a inclusão da participação da população na análise é pertinente.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOT, M. B.; BATHURST, J. C.; CUNGE, J. A.; O'CONNEL, P. E.; RASMUSSEN, J. An introduction to the European Hydrological System -- Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. **Journal of Hydrology**, 87, 45-59 pp. 1986 a.

ABBOT, M. B.; BATHURST, J. C.; CUNGE, J. A.; O'CONNEL, P. E.; RASMUSSEN, J. An introduction to the European Hydrological System -- Systeme Hydrologique Europeen, "SHE", Structure of a physically based, distributed modeling system. **Journal of Hydrology**, 87, 61-77 pp. 1986 b.

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

ALLASIA, D. G.; SILVA, B.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Large basin simulation experience in South America. **IAHS Publication** 303, 360-370. 2006.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, Bacias Hidrográficas do Brasil. Responsável: ANEEL, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/111.htm>>. Acesso: 04/08/2007.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de Risco de Escorregamentos Quantificada em Ambiente de SIG como Subsídio para Planos de Seguro em Áreas Urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp, Rio Claro, Tese de Doutorado, 195p. 2001.

AZAR, B. A new stress paradigm for women. **American Psychological Association – APA**. Vol. 31. 2000.

BAPTISTA, M.; BARRAUD, S.; ALFAKIH, E. Analyse de données pour l'élaboration d'indicateurs technico-économique de systèmes alternatifs en assainissement pluvial. **Anais da NOVATECH**, Paris, França. 2001.

BARROS, A. M. A. de; BARROS, A. B. de. Um olhar sobre os desastres provocados pela água no Brasil. In: V Seminário Internacional de Defesa Civil – DEFENCIL. **Anais...** São Paulo. 2009.

BAPTISTA, L. R. *et al.* **Levantamento, identificação, classificação e mapeamento da Mata Atlântica na área de sua maior incidência no estado do Rio Grande do Sul**. UFRGS, 17p, 1992.

BAPTISTA, C. M. F. S. A participação da sociedade civil na gestão pública no tocante à moradia. **Geografia** (Londrina) v. 19 n. 3, 2010.

BASSO, L. A. Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul: implicações ambientais. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (org). **Rio Grande do Sul: Paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: ed da UFRGS, 2004.

BASSO, L. A.; RIGHI, E. Casos de hepatite A e leptospirose no município de Porto Alegre – RS, entre os anos de 2007 a 2011. **HYGEIA - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. 11 (20): 66 - 84, Jun/2015. 2015.

BATES F. L.; PEACOCK W. G. Measuring disaster impact on household living conditions: the domestic assets approach. In: **J Mass Emerg Disasters**. 10 (1):133–160. 1992.

BATES, P.D.; DE ROO, A. P. J. A simple raster based model for flood inundation simulation. **Journal of Hydrology**, 236, 54-77 pp. 2000.

BAZZAN, T. **Mapeamento das áreas com risco de inundações do rio dos Sinos no município de São Leopoldo – RS**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BRAGA, B.; GOBETTI, L. Análise Multiobjetivo. In: Porto, R. L. L. **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 420p. 1997.

BRAGA, W. S. M. *et al.*. Prevalence of hepatitis A virus infection: the paradoxical example of isolated communities in the western Brazilian Amazon region. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 42, n. 3, p. 277-281, mai./jun. 2009.

BRAGA, R. C. C. *et al.*. Estimativa de áreas de risco para hepatite A. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 8, p. 1743-1752, ago. 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Plano Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2000, 57p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de Treinamento. 2004, 73p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

BRAVO, J. M.; PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W.; UVO, C. B.; PEDROLLO, O. C.; CHOU, S. C. Incorporating forecasts of rainfall in two hydrologic models used for medium-range streamflow forecast. **Journal of Hydrologic Engineering** 14(5), 435-445. 2009.

BREMICKER, M. **Aufbau eines Wasserhaushaltsmodells für das Weser und das Ostsee Einzugsgebiet als Baustein eines Atmosphären-Hydrologie-Modells**. Dissertation Doktorgrad, Geowissenschaftlicher Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg. Juli. 1998.

- BRIVIO, P. A.; COLUMBO, R.; MAGGI, M.; TOMASONI, R. Integration of Remote Sensing Data and GIS for Accurate Mapping of Floods Areas. **International Journal of Remote Sensing**. London, UK, Taylor and Francis, v. 23, n. 3, Feb. 2002. pg 429-441.
- BRITO, D. S. **Metodologia para Seleção de Alternativas de Sistemas de Drenagem**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, 2006.
- BRUMES, K. R. Cidades: (re) definindo seus papéis ao longo da história. **Caminhos de Geografia**, v.2, n.3, p. 47-56, 2001.
- BURN, D. H. Perceptions of flood risk: a case study of the Red River flood of 1997. **Water Resources Research**, v. 35, n. 11 (Nov), pp. 3451-3457. 1999.
- CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2ª ed. São José dos Campos, INPE. 2001.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- CARDOSO, A. S. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2008.
- CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, M. B. Multicriteria evaluation of interventions in water courses in urban areas. In: 11<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage. **Anais...** Edinburgo, Escócia. 2008.
- CARREÑO M. L., CARDONA O. D., BARBAT A. H. A disaster risk management performance index. **Nat Hazards**. 41:1–20. 2007.
- CASTRO, L. M. A. **Proposição de Indicadores para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte. 2002.
- CASTRO, L. M. A **Proposição de Metodologia para a Avaliação da Sustentabilidade do Desenvolvimento Urbano quanto às Alterações Provocadas nos Corpos de Água**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil. 2007.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.
- CASTRO, C. M.; OLIVEIRA PEIXOTO, M. N.; PIRES DO RIO, G. A. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. ISSN 0101-9759, Vol. 28-2 / 2005 p. 11-30, 2005.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. organizadores. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**. Secretaria Nacional de Defesa Civil e Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres: CEPED, UFSC. Florianópolis. 2011.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGI OF DISASTERS – CRED. **The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015**. Disponível em: <http://www.cred.be/HCWDRD>. Acesso em: 22-12-2015.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. *In*: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998.

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos**, v. 01, São Paulo, 2003.

CÍA, A. H. **Trastorno por Estrés Postraumático: Diagnóstico y Tratamiento Integrado**. Buenos Aires. 2001. DATASUS – Ministério da Saúde – Departamento de Informática em Saúde. Disponível em: < <http://www.datasus.gov.br/> >. Acesso em Jan. /2013.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. cap. 3. p.

COELHO, F. C. S. de B.; BÊRNI, D. de A. (Coordenadores). **Diagnóstico socioeconômico de Uruguaiiana**. Uruguaiiana: Câmpus Uruguaiiana - PUCRS, 2004. 2 v.

COELHO, K. N. de B. **Influências urbanas nas cidades fronteira o caso de Uruguaiiana (BR) e Paso de Los Libres (AR)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional – PROPUR. Porto Alegre – RS. Maio/2008.

COLLISCHONN, W. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. 270 p. 2001.

COLLISCHONN, W.; HAAS, R.; ANDREOLLI, I.; TUCCI, C. E. M. Forecasting river Uruguay flow using rainfall forecasts from a regional weather-prediction model. **Journal of Hydrology** b 305, 87-98. 2005.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. M. The MGB-IPH model for large scale rainfall runoff modeling. **Hydrological Sciences Journal**, 52(5), 878-895. 2007.

COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. **Journal of Hydrology** 360, 207– 216. 2008.

COLLISCHONN, E. **Inundações em Venâncio Aires/RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. 2009.

CONFALONIEIRE, U. E.C; MARINHO, D. P. Mudança Climática Global e Saúde: Perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência.** Campinas, Edição no. 8, Maio, p.48-64. 2007,

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P; BARATA, M. M. L. **Vulnerabilidades em matéria de saúde pública na região metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva das mudanças climáticas.** In: Megacidades, vulnerabilidades e mudanças climáticas: região metropolitana do Rio de Janeiro. Brasília: CCST/INPE; NEPO/UNICAMP. 2011.

COORDENADORIA GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE (CGVS). **Doenças Transmissíveis.** Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgvs>. Acesso em: 23 de maio de 2013.

CRISTO, S. S. V. de. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis - SC.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2002.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T. E CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 211 – 252.

CUTTER S. L. (ed) **Environmental risks and hazards.** Prentice Hall, New Jersey. 1994.

DE ROO, A. P. J.; WESSELING, C. G.; VAN DEURSEN, W. P. A. Physically based river basin modeling within GIS: the LISFLOOD model. **Hydrological Processes**, 14, 1984-1992 pp. 2000.

DE ROO, A.; ODIJK, M.; SCHUCK, G.; KOSTER, E.; LUCIEER, A. Assessing the Effects of Land Use Changes on Floods in the Meuse and Oder Catchment. **Physics and Chemistry of the Earth** **Electrical Power and Energy Systems** 27, p. 13-20, 2001.

DE ROO, A. *et al.* Development of a European flood forecasting system. Intl. J. **River Basin Management**, 1 (1), 49-59 pp. 2003.

DEFESA CIVIL DO BRASIL. **Entenda os desastres.** Ministério da Integração Nacional – Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília-DF. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesa-civil/cenad/entenda-os-desastres>>. Acesso em: 23-10-2013.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Relação de desabrigados e desalojados no Vale do Itajaí.** Disponível em: < <http://www.defesacivil.sc.gov.br/>. Acesso em: 03-12-2013.

DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS – DRHI. **Mapeamento preliminar das inundações de novembro de 2008**. Relatório 01/2009. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS. Diretoria de Recursos Hídricos – DRHI. Santa Catarina, 2009.

DUTTA, D.; HERATH, S.; MUSIAKE, K. A mathematical model for flood loss estimation. **Journal of Hydrology**, 277, p. 24-49. 2003.

ECKHARDT, R. R.. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado / RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal do rio grande do sul – UFRGS. Centro estadual de pesquisas em sensoriamento remoto e Meteorologia – CEPSRM, Porto Alegre, 2008.

EM - DAT. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Disponível em: <<http://www.emdat.be/>>. Acessado em: 10 de dezembro de 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Bacia do Rio Uruguai**. Avaliação Ambiental Integrada (AAI). 2006. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Paginas/AAI>. Acesso em: 29-12-2015.

ERNANDEZ, P.; MOURATO, S.; MOREIRA, M. Comparação dos modelos HEC-RAS e LISFLOOD-FP na delimitação de zonas inundáveis. **Revista Recursos Hídricos**, Vol. 34, Nº 1, 63-73, maio de 2013.

ESPARZA, D. P. El Trauma Psicológico. **Psicologia Científica.com**. 2002. Disponível em: <<http://www.psycologia.com/articulos/ar-puchol02.htm#indice>>. Acesso em: Ago/2013.

FAVERO, E.; DIESEL, V. A seca enquanto um hazard e um desastre: uma revisão teórica. **Aletheia**. Junho, numero 27, p. 198-209. 2008.

FERREIRA, C. T.; SILVEIRA, T. R.. Hepatites virais: aspectos da epidemiologia e da prevenção. **Rev. Bras. Epidemiologia**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 473-487, jul. 2004.

FRANCO, M. H. P. Atendimento psicológico para emergências em aviação: a teoria revista na prática. **Estudos de Psicologia**. v. 10 nº.2, Natal, 2005.

GALLOPIN et al. Syndromes of sustainability of development for assessing the vulnerability of coupled human–environmental systems. The case of hydrometeorological disasters in Central America and the Caribbean. **Global Environmental Change**. v.17, may 2007, 207-217. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 03 de novembro de 2009.

GIRARDI, G. W. **Análise sócio espacial das áreas de risco de inundação dos bairros Imperatriz e São Francisco – Criciúma/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia. Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma. 2009.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, Brasil, 168p. 2004.



- GOTTSCHALK, L.; MOTOVILOV, Y. Macro-scale hydrological modelling: a scandinavian experience. **International Symposium on: “Can science and society save the water crisis in the 21st century – Reports from the World”** Japan Society of Hydrology and Water Resources. Tokyo. pp. 38-45. 2000.
- GOUWEELEEUW, B. T.; THIELEN, J.; FRANCHELLO, G.; DE ROO, A. P. J.; BUIZZA, R. Flood forecasting using medium-range probabilistic weather prediction. **Hydrology and Earth System Sciences**, 9(4), 365-380 pp. 2005.
- GRUNTHAL, G. *et al.* Comparative Risk Assessments for the City of Cologne – Storms, Floods, Earthquakes. **Natural Hazards**. 38: 21–44. 2006.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.
- GUIMARAENS, M. A.; CODEÇO, C. T.. Experiments with mathematical models to simulate hepatitis A population dynamics under different levels of endemicity. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 5, p. 1531-1539, set./out., 2005.
- GUIMARÃES, N. A.; PENHA, J. W. Mapeamento das áreas de risco de inundação no município de Muriaé - MG, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas. **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, INPE, p. 3875-3882, 25-30 abril de 2009.
- HANSSON, R. O.; NOULLES, D.; BELLOVICH, S, Knowledge, warning, and stress: A study of comparative roles in an urban floodplain. **Environment and Behavior**. 14(2), 171–185. 1982.
- HARADA, A. L. **Metodologias para a Seleção de Soluções de Coleta, Tratamento e Disposição de Esgotos em Condomínios do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, 1999.
- HOGAN, D. J.; MARANDOLA, J. R. Vulnerabilidade a perigos naturais nos estudos de população e ambiente. In: HOGAN, D. J. (Org.). **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas: Núcleo de estudos de população - Nepo/Unicamp, 2007.
- HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 21 (2): 57-75, ago. 2009.
- HUBERT, G.; LEDOUX, B. (ed). **Le coût du risque... l'évaluation des impacts socio-économiques des inondation**. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 232 p. 1999.
- IBAMA/MMA. **Avaliação ambiental integrada (AAI) dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia hidrográfica do rio Uruguai**. Brasília. 2006.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Metodologia do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

JENSON, S.; DOMINGUE, J. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. **Photogrammetric Engineering, and Remote Sensing**, v.54, n.11, p.1593-1600. 1988.

JONES, D. Environmental hazards in the 1990s: problems, paradigms and prospects. **Geography**, v.78, n.2, p.161-165, 1993.

KEENEY, R.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**. New York: Wiley, 1976.

KESSLER, R. C. Posttraumatic Stress Disorder: The Burden to the Individual and to the Society. **Journal of Clinic Psychiatry**. p. 4 –14. 2000.

KOBIYAMA, M.; MEDONÇA, M.; MORENO, D.A; *et al.* **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

KOUWEN, N.; SOULIS, E. D.; PIETRONIRO, A.; DONALD, J.; HARRINGTON, R. A. Grouping response units for distributed hydrologic modelling. **Journal of Water Resources Management and Planning**, 119(3), 289-305. 1993.

KRAMER, K. **Drainage Management Plan for Deadmans Gully -Phase 2 Report**. Cairns City Council, Kinhill Kramer (Aust) Pty Limited, Australia. 1998.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

LAVELL, A. (Org). **Vivendo en Riesgo: Comunidades vulnerables y prevención de desastres en America Latina**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1997.

LEHFELD, N. A. de S. **Uma abordagem populacional para um problema estrutural**. Petrópolis: Vozes, 1998.

LEKUTHAI, A.; VONGVISESSOMJAI, S. Intangible Flood Damage Quantification, **Water Resources Management**, v. 15, n. 5, pp. 343-362. 2001.

LEZCANO, L. M. **Análise do Efeito do Risco de Cheia no Valor de Imóveis pelo Método dos Preços Hedônicos**. Dissertação de M.Sc., Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. 2004.

LIANG, X.; LETTENMAIER, D. P.; WOOD, E. F.; BURGESS, S. J. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 99, No. D7, pp. 14415-14428. 1994.

LIMA, J. C. **Avaliação dos Riscos e Danos de Inundação e do Impacto da Adoção de Medidas Não-Estruturais em Itajubá/MG**. Dissertação de M.Sc., Escola de Engenharia/UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2003.

LIU, Z.; TODINI, E. Towards a comprehensive physically-based rainfall-runoff model. **Hydrology and Earth System Sciences**, 6(5), 859-881 pp. 2002.

MA, X.; FUKUSHIMA, Y. Numerical model of river flow formation from small to large scale river basin, in **Mathematical Models of Large Watershed Hydrology**, Ed. por Singh, V. e Frevert, D., Water Resources Publications, Colorado, EUA, pp. 433-470. 2002.

MACHADO, M. L., CRUZ, M. D., NASCIMENTO, N. O., BAPTISTA, M. B.; SILVA, A. P. “Curvas de Danos de Inundação Versus Profundidade de Submersão: Desenvolvimento de Metodologia”. **Anais do I Seminário Latino-Americano de Políticas Públicas**, meio ótico em CD. Brasília, Brasil. 2004.

MACHADO, M. L.; NASCIMENTO, N; BAPTISTA, M. B., *et al.* Curvas de Danos de Inundação versus Profundidade de Submersão: Desenvolvimento de Metodologia, **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 2, n. 1, p. 35-52. 2005.

MACHADO, M. L. **Curvas de Danos de Inundação Versus Profundidade de Submersão: Desenvolvimento de Metodologia – Estudo de Caso Bacia do Rio Sapucaí, Itajubá - MG**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil. 2005.

MALTA, V. de F. **A Busca de uma Solução de Compromisso em Problemas de Conflitos em Recursos Hídricos Utilizando um Modelo de Análise de Conflito – MACPROL**. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.

MARANDOLA Jr., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Santa Maria: INPE-15208-PUD/193, Fevereiro de 2008.

MARCHIORI, J. N. C. Vegetação e Areias no Sudeste Rio-Grandense. *In: Ciência e Ambiente*. Editora da UFSM, Coordenação do Curso de Engenharia Florestal e Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, v.11, julho/dez. 1995.

MARTINS, C. R.; AMARAL, U.; BRIXNER, G. F.; FARIAS, R. M.; GARCIA, T. Vitivinicultura no Bioma Pampa. *IN: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado*, 10., 2007, Fraiburgo, SC. **Anais...**, Caçador: Epagri, vol 1 (Palestras) 2007.

MASINI, E. F. S. O enfoque fenomenológico de pesquisa em educação. *In: FAZENDA, I. Metodologia da pesquisa educacional*. São Paulo: Cortez, 1989.

- MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, integração e aplicação.** ABRH Porto Alegre 536p. 2001
- MILES, S. B.; HO, C. L. Applications and issues of GIS as tool for civil engineering modeling. **Journal of Computing in Civil Engineering** 13(3), 144-152. 1999.
- MILOGRANA CÔRTEZ, J. **Sistemática de Auxílio à Decisão para a Seleção de Alternativas de Controle de Inundações Urbanas.** Tese de Doutorado - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Universidade de Brasília. 2009.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plano de Contingência de Vigilância em Saúde Frente a Inundações.** Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS), 2005.
- MIRANDA NETO, M. J. de. **Pesquisa para o planejamento: métodos e técnicas.** Rio de Janeiro: FGV, 2005. 84 p.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25). São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.
- MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. Digital Terrain Modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, 5 (1), 1991. p. 3-30.
- MOORE, R. J.; BELL, V. A.; JONES, D. A. Forecasting for flood warning. **Computes Rendus Geoscience - External Geophysics, Climate and Environment**, v. 337, p. 203-217. 2005.
- NEVES, R. A. T. **O combate às enchentes no município de Santo André/SP: caracterização socioambiental do problema e subsídios dos afetados ao planejamento das ações de Defesa Civil.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Ambiental de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP. 2008.
- NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989, 422p.
- NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2002
- OLIVEIRA, L de; DEL RIO, V. (Org.). **Percepção ambiental: a experiência brasileira.** São Paulo: Studio Nobel; São Carlos: Ed. da UFSCAR, 1996.
- OLIVEIRA, C. dos S. **Metodologia científica, planejamento e técnicas de pesquisa: uma visão holística do conhecimento humano.** São Paulo: LTR, 2000.
- OLIVEIRA, E. L. de A. **Áreas de risco geomorfológico na bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

OLIVEIRA, S. L. de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 320 p.

OLIVEIRA, G. G. **Modelos para previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do rio Caí, RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, E. L. DE A. **Análise do gerenciamento de riscos geomorfológicos em cidades do Rio Grande do Sul**: situação atual e contribuição para elaboração de estratégias de prevenção. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia. 2014.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Mudança climática e saúde**: um perfil do Brasil. Série Saúde Ambiental 3. Brasília, 2009

PAIVA, C. D. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: bacia do Rio Solimões**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2009.

PARDALOS, P. M.; SISKOS, Y.; ZOUPONIDIS, C. **Advances in Multicriteria Analysis**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1995.

PARKES, C. M. **Luto**: estudos sobre a perda na vida adulta. Editora Summus. 1998.

PARKINSON, J.; MARK, O. **Urban Stormwater Management in Developing Countries**: IWA Publishing. Londres, Inglaterra. 218 p. 2005.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W.; SILVEIRA, A. L. L. Improvements in large scale drainage networks derived from digital elevation models. **Water Resources Research**. v.42 n. 8. 2006.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. River reach length and slope estimates for large - scale hydrological models based on a relatively high – resolution digital elevation model. **Journal of Hydrology** 343, 127-139. 2007a.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. Rede de drenagem para modelagem hidrológica distribuída. In: ... **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, ABRH, São Paulo (SP). 2007b.

PAZ, A. R. da. **Simulação Hidrológica de Rios com Grandes Planícies de Inundação**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS). 258 p. 2010.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998, 271p.

PENNING-ROSWELL, E. C.; CHATTERTON, J. B. **The Benefits of Flood Alleviation: A Manual of Assessment Techniques**, Farnborough, England, Saxon House, 1977.

PEREIRA, F. E. L.; GONÇALVES, C. S.. Hepatite A. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 36, n. 3, p. 387-400, mai./jun. 2003.

PILLAR, V. de P. Dinâmica da Expansão Florestal em Mosaicos de Florestas e Campos no Sul da Brasil. In: CLAUDINO-SALES, V. (org.). **Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Fortaleza, Expressão Gráfica e Editora, p.209-216, 2003.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Casas de Bombas**. Drenagem Urbana - Proteção contra cheias. Retirado em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep>. Acesso em: 26/10/2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE URUGUAIANA. **Plano municipal de saneamento básico**. 2014. Retirado em: <http://www.uruguaiana.rs.gov.br>. Acesso em: 20/01/2016.

PRIEST, S. J. **Responding to flood risk in the United Kingdom**: a strategic reappraisal. Ph.D. Thesis. Department of Geography, University of Southampton, 2003.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD Brasil. **Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil 2013**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Fundação João Pinheiro, 2013. Retirado em: [www.pnud.org.br](http://www.pnud.org.br). Acesso em: 23/05/2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Relatório de desenvolvimento humano 2007/2008**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/>. Acesso em: 22-12-2015.

PORTO, R. L. Escoamento superficial direto. In: **Drenagem Urbana**. 1 ed. Porto Alegre: Ed da UFRGS, ABRH, 1995.

PULLAR, D.; SPRINGER, D. Towards integrating GIS and catchment models. **Environmental Modelling and Software** 15, 451-459. 2000.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais (Folhas SH.22 Porto Alegre e Parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SH.22 Lagoa Mirim)**. Rio de Janeiro, SEPLAN/IBGE, v.33, 796p, 1986.

RAMALHO, D. Degradação ambiental urbana e pobreza: a percepção dos riscos. In.: **Raízes – Revista de Ciências Sociais e Econômicas**; Ano XVIII, n.19, mai/99. Campina Grande: UFPB, PP.16-30, 1999.

RECKZIEGEL, B. W.; CRISTO, S. S. V. de; ROBAINA, L. E. de S. Hierarquização das Moradias em Situação de Risco Geomorfológico Associado à Dinâmica Fluvial na Vila Urlândia, Santa Maria – Rio Grande do Sul. IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...Goiânia**, 2006.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

REICHARDT, K. **A água em Sistemas Agrícolas**. 1º Ed., São Paulo: Manole, 188 pp. 1990.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. São Paulo – SP: Brasiliense, 1994.

RÊLO, S. de C. *et al.* Mapeamento do numero de casos de leptospirose para os municípios do Estado do Espírito Santo, Brasil. 2º SIBRADEN - Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos. **Anais...** Santa Catarina. 2007.

REYNOL, F. Consumo, descarte e riqueza. **Revista ECO 21**. Edição 135. Rio de Janeiro. Fevereiro 2008.

RIAD, J. K.; NORRIS, F. H. The influence of relocation on the environmental, social, and psychological stress experienced by disaster victims. **Environment and Behavior**. 28(2), 163–182. 1996.

RIBEIRO, A.; VIEIRA DA SILVA, R.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Hydrological modelling in Amazonia - use of the MGB-IPH model and alternative data base. **Proceedings of VII IAHS Scientific Assembly**, Foz do Iguaçu (PR). 2005.

RIBEIRO, C. A. A. S. *et al.* **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Amazônia legal**. In: Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste. Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. CDROM.

RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 35-54,abr. 2010.

RIGHI, E. **Risco a inundação em médio curso do rio Uruguai**: um estudo de caso nos municípios de Porto Lucena e São Borja. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia. 2011.

RIGHI, E. Inundações ao longo do rio Uruguai: o caso dos municípios de Porto Lucena e São Borja. In: **Desastres Naturais do Rio Grande do Sul**. 1 ed. Santa Maria: editora UFSM, p. 253-280, 2013.

ROBAINA, L. E. de S. **Análise Ambiental da Região de Abrangência do Rio dos Sinos entre o Arroio Campo Bom e o Canal João Correia, com ênfase a Metais Pesados, RS**. 1999. 267 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ROCHA, V. L.; FORESTI, C. O uso do solo urbano e os problemas ambientais da cidade de Iguape-SP. **Anais...** IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil. 1998.

ROSS, M. A.; TARA, P. D. Integrated hydrologic modeling with geographic information systems. **Journal of Water Resources Planning and Management** 119(2), 129-140. 1993.

SALGADO, J.C.M. **Avaliação Econômica de Projetos de Drenagem e de Controle de Inundações em Bacias Urbanas**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1995.

SANTOS, R. F. (org). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192pg.

SANTOS, A. M. *et al.*. Usando redes neurais artificiais e regressão logística na predição da Hepatite A. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 117-126, jun. 2005.

SARTORI, M. G. B. **Clima e percepção**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 2 v.

SCHÄFFER, W. B.; *et al.* **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**. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2011.

SCHULT, S. I. M.; PINHEIRO, A. Ocupação e controle das áreas urbanas inundáveis. In: **Enchentes na bacia do Itajaí: 20 anos de experiências**. 1 ed., Blumenau: FURB, v.1, p. 173-190. 2003.

SHUTTLEWORTH, W.J. Evaporation. In: **Maidment, D. R. Handbook of hydrology** McGraw-Hill, Nova York (EUA). 1993.

SILVA, B. C.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; CORBO, M. D. Previsão hidroclimática de vazão de curto prazo na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 12(3), 31-41. 2007.

SILVA A. A. **Gerenciamento dos Resíduos Sólidos – RSU no Município de Uruguaiana RS**. Volume I e Volume II. Porto Alegre, maio 2006.

SILVA, L. P. **Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na bacia do rio Cuiá**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – Paraíba. 2007.

SILVA, L. M. *et al.*. Ocorrência de um surto de hepatite A em três bairros do município de Vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo humano. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2163-2167, dez. 2009.

SIMONOVIC, S. P.; AHMAD, S. Computer-based Model for Flood Evacuation Emergency Planning. **Natural Hazards**. 34: 25–51. 2005.



SINGH, V.P.; FREVERT, D.K. **Mathematical Models of Large Watershed Hydrology**. Water Resources Publication, LLC. 891 pp. 2002.

SIPPEL, S.; HAMILTON, S. K.; MELACK, J. M.; METTS, E. M. Passive Microwave Observations of Inundations Area and Area/Stage Relation in the Amazon River Floodplain. **International Journal of Remote Sensing**. London, UK: Taylor and Francis, v. 19, n. 16, nov. 1998. p. 3055-3074.

SIVAPALAN, M.; VINEY, N. R.; ZAMMIT, C. **LASCAM: Large Scale Catchment Model**. In: SINGH, V. P.; FREVERT, D. K. 2002. **Mathematical Modeling of Watershed Hydrology**. Water Resources Publication, LLC. 579-648 pp. 2002.

SMITH, D. I.; GREENAWAY, M.A. **ANUFLOOD: A Field Guide**. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University. 1992.

SOUZA, C. F.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. **Simulação hidrodinâmica via aquisição remota de dados**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo. 2007.

SOUZA, C. M. N. **Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde Pública – Contribuição ao Estabelecimento de Modelo Causal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília. 2001.

SOUZA, F. A. Cordeiro Herval Premium: Organizando a oferta. In: III Sincorte. **Anais...** EMEPA, João Pessoa. 2003.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Barcelona: Omega, 1974.

STRECK, E. V.; *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

SUGUIO, P.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. 2 ed. Florianópolis: Ed da UFSC, 1990.

SUI, D. Z.; MAGGIO, R. C. Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. **Computers, Environment and Urban Systems** 23, 33-51. 1999.

TOBIN, G. A.; OLLENBURGER, J. C. Predicting levels of post disaster stress in adults following the 1993 floods in the upper Midwest. **Environment and Behavior**. 28(3), 340–357. 1996.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. **Natural hazards: explanation and integration**. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TODINI, E.; CIARAPICA, L. **The TOPKAPI Model**. In Singh, V.P.; FREVERT, D.K. 2002. **Mathematical Modeling of Watershed Hydrology**. Water Resources Publication, LLC. 471-506 pp. 2002.

TODINI, E. Hydrological catchment modeling: past, present and future. **Hydrology and Earth System Sciences**, 11(1), 468-482 pp. 2007.

TORLAI, V. C. **A vivência do luto em situações de desastres naturais**. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Psicologia Clínica. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP. São Paulo. 2010.

TORTEROTOT, J. P. **Le Coût des Dommages Dus Aux Inondations**: Estimation et Analyse des Incertitudes. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, França. 1993.

TREBY, E. J.; CLARK, M. J.; PRIEST, S. J. **Confronting flood risk**: Implications for insurance and risk transfer. *Journal of Environmental Management*, v. 81, p. 351-359, 2006.

TRENTIN, C. B. *et al.* **Análise da ocorrência de enchentes na área de abrangência do Rio Jacuí/RS com a utilização de imagens MODIS e dados SRTM**. 2008. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes>>. Acesso em: 23/17/2015.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1999.

TUAN, Y-F. **Topofilia**. Tradução prefácio e notas: Livia de Oliveira. São Paulo: DIFEL, 1980.

TUCCI, C. E.; LOPES, M. O. S. Zoneamento de áreas de inundação: Rio Uruguai. **Revista Brasileira de Engenharia, ABRH**. Vol 3, N1. p. 19 – 44, 1985.

TUCCI, C. E. Controle de enchentes. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1995, 428 p.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepções. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-72, julho/dezembro, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Editora da UFRGS, 2ª edição, Porto Alegre (RS), 678 p. 1998.

TUCCI, C. E. M. **Os rios na cidade**: as enchentes na evolução urbana da região metropolitana de Porto Alegre. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.

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

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; COLLISCHONN, W.; DIAS, P. L. S.; SAMPAIO, G. Long term flow forecast based on climate and hydrological modeling: Uruguay river basin. **Water Resources Research** 39(7), 1181. 2003.

TUCCI, C. E. M. *et al.* **Previsão de vazões na bacia do Rio São Francisco com base na previsão climática.** Relatório Técnico Final, Projeto OMM/98/00, ANEEL, Porto Alegre (RS), 368 p. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.

UNESCO. **Internatinal Flood Initiative.** World Meteorological Organization, Geneva, 20p. 2005.

USACE (U. S. Army Corps of Engineers). **National Economic Development Procedures Manual: Urban Flood Damage,** IWR Publications. 2006.

USACE. HEC-GeoRAS: **GIS Tools for Suport of HEC-RAS using ArcGIS.** Version 4.3.93. Davis, Calif.: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2011.

U. S. ARMY. CORPS OF ENGINNERS. **Guidelines for flood damage reduction.** Sacramento. 1976.

URUGUAIANA, Prefeitura Municipal de Uruguaiana. **Cidade.** Disponível em: <<http://www.uruguaiana.rs.gov.br>>. Acesso em: 03 de setembro de 2013.

VAZ, V. B. **Avaliação do custo do risco de inundações urbanas: Estudo de Caso dos Danos de Inundação em Porto Alegre – RS.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2015.

VEYRET, Y (Org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007.

VESTENA, L. R.; THOMAZ, E. L. Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanentes associadas aos cursos fluviais e o uso da terra na bacia do Rio das Pedras. **Ambiência.** v. 2, n. 1, p. 73-85, 2006.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de Modelagens Hidrológica e Hidráulica Associadas a um Sistema de Informações Geográficas para Mapeamento de Áreas Inundáveis. Estudo de Caso: Município de Itajubá - MG.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 2000.

VIANNA, A. P. P., PINTO, E. J. A.; OLIVEIRA, L. M.; PALMIER, L. R. Mapeamento da Planície de Inundação do Município de Itajubá - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14. **Anais eletrônicos...** Aracaju, 2001.

VILLAÇA, F. **Social effects of urban built up space: the case of Brazil.** Em <http://www.flaviovillaca.arq.br/artigos02.html>. 1998

VILLELA, Urbano Lago. **Uruguaiana, Ataláia da Pátria. O meio, o homem e a história.** Canoas: Editora La Salle, 1971.

VINEY, N. R.; SIVAPALAN, M.; DEELEY, D. A conceptual model of nutrient mobilisation and transport applicable at large catchment scales. **Journal of Hydrology**, 240(1-2), 23-44 pp. 2000.

WASLEY, A.; FIORE, A.; BELL, B. P.. Hepatitis A in the era of vaccination. **Epidemiologic Reviews**, Baltimore, v. 28, n. 1, p. 101-111, jun. 2006.

WIGMOSTA, M. S.; VAIL, L. W.; LETTENMAIER, D. P. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. **Water Resources Research** 30(6), 1665-1679. 1994.

WIND, H. G. *et al.* Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse floods. **Water Resources Research**, v. 35, n. 11 (Nov), pp. 3459-3465. 1999.

WORLD BANK. **Identification of global natural disaster risk hotspots**. Center for Hazard and Risk Research at University of Columbia, Washington. 2004.

WRC (Water Resources Council). **Regulation of Flood Hazard Areas to Reduce Flood Losses**. Washington, D.C. 1971.

YANG, J.; TOWNSEND, R. D.; DANESHFAR, B. Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation. **Canadian Journal of Civil Engineering** 33, 19-28. 2006.

YAPO, P. O.; GUPTA, H. V.; SOROOSHIAN, S. Multi-objective global optimization for hydrologic models. **Journal of Hydrology** 204, 83-97. 1998.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru**. Tese de Doutorado. Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2006.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.