



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

CRISLAINE MENDES

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À INUNDAÇÃO  
NA ÁREA URBANA DE IRATI – PR**

CRISLAINE MENDES

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À INUNDAÇÃO  
NA ÁREA URBANA DE IRATI – PR**

Dissertação apresentada ao Departamento de Geociências Curso de Mestrado em Geografia Dinâmica Espaço-Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mirian Vizintim Fernandes Barros

Londrina  
2013

**Catalogação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

M538v Mendes, Crislaine.  
Vulnerabilidade socioambiental à inundação na área urbana de Irati - PR /  
Crislaine Mendes. – Londrina, 2013.  
136 f. : il.

Orientador: Mirian Vizintim Fernandes Barros.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) □ Universidade Estadual de Londrina,  
Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.  
Inclui bibliografia.

1. Antas, Rio das, Bacia (PR) – Inundações – Teses. 2. Riscos ambientais –  
Teses. 3. Vulnerabilidade socioambiental – Teses. 4. Geografia – Teses. I. Barros,  
Mirian Vizintim Fernandes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de  
Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911

CRISLAINE MENDES

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL À INUNDAÇÃO NA ÁREA  
URBANA DE IRATI – PR**

Dissertação apresentada ao Departamento de Geociências Curso de Mestrado em Geografia Dinâmica Espaço-Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mirian Vizintim Fernandes Barros  
UEL – Londrina – PR

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> André Celligoi  
UEL – Londrina – PR

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Francisco de Assis Mendonça  
UFPR – Curitiba – PR

Londrina, 26 de agosto de 2013.

*Nós mudamos e o mundo muda;  
nós mudamos o mundo e o mundo nos muda.*  
Georges Bertrand

## AGRADECIMENTOS

Os momentos de mudança nos fazem pensar o que devemos valorizar, onde queremos chegar, o que aprendemos. O mestrado foi um desses momentos, por isso agradeço a Deus por mais uma oportunidade no caminho da evolução.

Nesse tempo entendi que, é mais fácil nos mantermos na zona de conforto, mas que sair dela é muito mais divertido e enriquecedor.

Por isso agradeço aos meus pais, que me ensinaram a não ter medo de encarar novos desafios e aceitar as mudanças.

Compreendi que os caminhos difíceis não podem ser percorridos sozinhos.

Por isso agradeço a você Rafael, por todo o amor, respeito, apoio e por entender que foi preciso dividir minha atenção, no tempo em que me dediquei a esse trabalho.

Aos meus irmãos, prima, cunhada, tias e sobrinhos, por todas aquelas vezes em que eu disse que não poderia encontrá-los. Cris e Danilo, obrigada por sua contribuição nas pesquisas de campo e ‘reconhecimento’ da bacia do Rio das Antas.

Às amigas de todas as horas Mellissa e Kakau, pela paciência em ouvir sobre meu trabalho.

Percebi também que, a convivência com pessoas positivas dispostas a ajudar é necessária.

Por isso agradeço ao meu amigo Richard que me apresentou à UEL e me convenceu de que eu era capaz. À minha amiga Andréa que com suas palavras me ajudou a colocar as ideias no papel.

À Profª Orientadora Mirian Vizintim Fernandes Barros, por toda a paciência, dedicação, ensinamentos (não apenas acadêmicos), e principalmente pelo carinho com que conduziu nossa pesquisa.

Aos amigos do mestrado, Leide, que abriu as portas de sua casa para me receber, Paulo e Samuel, pelo auxílio em desvendar as ferramentas de SIG, Lílian e Cláudia pela companhia de todos os dias.

Aos Professores e Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina, por sua competência e profissionalismo.

Aos Professores André Celligoi e Fábio Cesar Alves Cunha por suas contribuições ao nosso trabalho quando do Exame de Qualificação, elas permitiram o aprimoramento desse trabalho.

À equipe da Secretaria de Pós Graduação do Centro de Ciências Exatas, Anderson e Regina, sempre cordiais.

À Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, especialmente ao gerente Bráulio Lozano Leonel e aos colegas do Geoprocessamento (USHI), pela disponibilização das bases cartográficas.

Por fim entendi que, todas essas pessoas, e outras que possivelmente eu tenha esquecido, de uma forma ou de outra contribuíram para a conclusão desse trabalho, participam da minha transformação e me estimulam a esperar pela próxima mudança e pelos novos desafios.

MENDES, Crislaine. **Vulnerabilidade socioambiental à inundaçāo na área urbana de Irati – PR.** Dissertação. (Mestrado em Geografia Dinâmica Espaço-Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

## RESUMO

Esta pesquisa objetiva analisar a vulnerabilidade socioambiental ao risco às inundações da área urbana da bacia hidrográfica do rio das Antas, localizada no município de Irati – PR, para compreensão das inter-relações das vulnerabilidades sociais e exposição aos riscos naturais. São discutidos os conceitos e abordagens teóricas e metodológicas de risco, no campo de análise da geografia socioambiental, considerando a bacia hidrográfica como unidade de estudo. A metodologia está pautada na determinação da Fragilidade Ambiental com apoio nas classes de declividade (ROSS, 1994) e no uso de indicadores e índices para a determinação da vulnerabilidade socioambiental. São caracterizados os aspectos físico-naturais e sociais da bacia hidrográfica do Rio das Antas, que contribuem para a ocorrência do perigo de inundações na dita área, bem como a proposição de um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para a área urbana da bacia. Os resultados obtidos com a aplicação do IVSA mostram que os setores de maior vulnerabilidade socioambiental são aqueles com maior densidade demográfica e que apresentam as piores condições sociais e de infraestrutura. Os bairros Stroparo, Fósforo, Jardim Aeroporto, Jardim Virgínia, Lagoa, Rio Bonito, Canesianas e Vila Raquel, com os maiores índices de vulnerabilidade, têm sua capacidade de capacidade de resposta diminuída em casos de desastres, pois suas condições sociais e de infraestrutura são mais baixas. A utilização da proposta do IVSA, somada à análise do Modelo de Fragilidade Potencial Natural, permitiu estabelecer as áreas de maior risco o que poderá direcionar pesquisas e planejamentos futuros para a gestão da área urbana da bacia, bem como aplicar o índice a outras bacias hidrográficas que possuam características semelhantes.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental. Vulnerabilidade socioambiental. Irati. Bacia Hidrográfica. Rio das Antas.

MENDES, Crislaine. **Social-environmental vulnerability to floods in urban areas of Irati city, in the state of Paraná- Brazil.** Dissertation. (Master Degree in Dynamic Geography Space-environmental) - State University of Londrina, Londrina. 2013.

## ABSTRACT

This research is to analyze the social-environmental vulnerability to floods in the urban area, more specifically in the drainage basin of a river called Rio das Antas, in the city of Irati - PR, in order to understand the relationships between social vulnerabilities and the exposition to natural risks. Risk concepts as well as methodological approaches are discussed in what concerns social-environmental geography, considering the drainage basin as a unit of study. The methodology is based on determining Environmental Fragility as supported by declivity classes (ROSS,1994), and, also, in the use of indicators and indexes to determine social-environmental vulnerability. Physical-natural and social aspects of Rio das Antas drainage basin, which contribute to the risks of flood in the area, are presented, as well as a proposition of a Social-environmental Vulnerability Index for the urban area of the basin. The results obtained with the use of a Social Environmental Vulnerability Index - SEVI show that the areas where demographic density is higher, and where the worst social conditions are present are the ones most socially and environmentally vulnerable. The villages of Stroparo, Fósforo, Jardim Aeroporto, Jardim Virgínia, Lagoa, Rio Bonito, Canesianas and Vila Raquel, which presented the higher vulnerability indexes, have their capacity of response diminished in case of disasters, since their social and structural conditions are lower than the other places in the city. The use of IVSA proposal added to the analysis of the Natural Fragility Potential Model helped establish the major risk areas which may direct future researches and management plans for the urban area of this drainage basin. The indexes found may be applied to other drainage basins with similar characteristics.

**Keywords:** Environmental fragility. Social-environmental. Vulnerability. Irati. Drainage Basin. Rio das Antas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 –</b>	Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como evento de entrada e saída .....	27
<b>Figura 02 –</b>	Características das alterações em inundações de uma área rural para urbana.....	38
<b>Figura 03 –</b>	Mapeamento realizado pela Defesa Civil sobre as áreas de risco a enchentes no Estado do Paraná .....	41
<b>Figura 04 –</b>	Modelo “perigos do lugar” da vulnerabilidade .....	46
<b>Figura 05 –</b>	Metodologia de desenvolvimento dos mapas temáticos .....	56
<b>Figura 06 –</b>	Estrutura de obtenção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental .....	63
<b>Figura 07 –</b>	Localização da bacia hidrográfica do Rio das Antas .....	69
<b>Figura 08 –</b>	Irati/PR: Área urbana na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas .....	70
<b>Figura 09 –</b>	Bacia hidrográfica do Rio das Antas .....	71
<b>Figura 10 –</b>	Carta hipsométrica da Bacia do Rio das Antas .....	73
<b>Figura 11 –</b>	Classes de declividade na Bacia do Rio das Antas .....	74
<b>Figura 12 –</b>	Formações geológicas na Bacia do Rio das Antas .....	76
<b>Figura 13 –</b>	Classes de solo na Bacia do Rio das Antas .....	79
<b>Figura 14 –</b>	Classes de uso do solo na Bacia do Rio das Antas – 2012 .....	80
<b>Figura 15 –</b>	Irati/PR: Imagens da inundação ocorrida em 26 de abril de 2010 .....	83
<b>Figura 16 –</b>	Bacia do Alto Tibagi: Número de eventos de inundação por município (1980 a 2012) .....	84
<b>Figura 17 –</b>	Irati/PR: Carta de Declividade da área urbana na bacia do Rio das Antas .....	90
<b>Figura 18 –</b>	Irati/PR: Fragilidade à Declividade da área urbana na Bacia do Rio das Antas.....	91
<b>Figura 19 –</b>	Irati/PR: Carta de Solos da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	92
<b>Figura 20 –</b>	Irati/PR: Fragilidade de Solos da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	93
<b>Figura 21 –</b>	Irati/PR: Fragilidade à Densidade de Drenagem da área urbana na Bacia do Rio das Antas. ....	94
<b>Figura 22 –</b>	Irati/PR: Fragilidade Ambiental Potencial da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	96

<b>Figura 23 –</b>	Irati/PR: Carta de Uso e Ocupação do Solo da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	98
<b>Figura 24 –</b>	Irati/PR: Fragilidade segundo o Uso e Ocupação do Solo da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	99
<b>Figura 25 –</b>	Irati/PR: Fragilidade Ambiental Emergente da área urbana na Bacia do Rio das Antas .....	102
<b>Figura 26 –</b>	Irati/PR: Rio das Antas em seu percurso na área urbana do município: aspectos e impactos ambientais .....	103
<b>Figura 27 –</b>	Irati/PR: Vulnerabilidade Infraestrutural - IVINFRA da área urbana na bacia do Rio das Antas .....	106
<b>Figura 28 –</b>	Irati/PR: Vulnerabilidade Social – IVSOC da área urbana na bacia do Rio das Antas .....	109
<b>Figura 29 –</b>	Irati/PR: Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA da área urbana na bacia do Rio das Antas .....	113
<b>Figura 30 –</b>	Irati/PR: Setores com IVSA Alto e Muito Alto, áreas susceptíveis à inundação .....	114

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1</b> – Percentual de afetados por tipo de desastre .....	36
<b>Gráfico 2</b> – Percentual de mortos por tipo de desastre .....	36
<b>Gráfico 3</b> – Bacia do Alto Tibagi: Número de ocorrências por município (1980 a 2012).....	84
<b>Gráfico 4</b> – Percentual de Vulnerabilidade Socioambiental na área urbana da bacia do Rio das Antas .....	111

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Classificação das inundações .....	35
<b>Quadro 02</b> – Indicadores propostos por Alves (2006) para análise de vulnerabilidades .....	50
<b>Quadro 03</b> – Variáveis escolhidas por Gamba (2011) para a composição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental .....	50
<b>Quadro 04</b> – Índices e variáveis utilizadas por Furlan, Lacruz e Sausen (2011) .....	51
<b>Quadro 05</b> – Variáveis selecionadas por Almeida (2010) de acordo com os critérios de avaliação da vulnerabilidade social .....	52
<b>Quadro 06</b> – Classes de Fragilidade das Declividades .....	58
<b>Quadro 07</b> – Classes de Fragilidade de Solos .....	59
<b>Quadro 08</b> – Classes de Fragilidade de Densidade de Drenagem .....	59
<b>Quadro 09</b> – Matriz de definição da Fragilidade Potencial considerando as variáveis: Declividade, Densidade de Drenagem e Solo .....	60
<b>Quadro 10</b> – Classes de Fragilidade de Uso e Ocupação do Solo .....	61
<b>Quadro 11</b> – Matriz de definição da Fragilidade Emergente considerando a Fragilidade Potencial e as Classes de Uso e Ocupação do Solo .....	61
<b>Quadro 12</b> – Índices e indicadores para a determinação do IVSA .....	62
<b>Quadro 13</b> – Variáveis de origem e variáveis sintéticas utilizadas na composição dos indicadores .....	63
<b>Quadro 14</b> – Exemplo de estruturação dos indicadores para a composição dos índices de esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial, condições da habitação, educação, renda e estrutura etária .....	65
<b>Quadro 15</b> – Exemplo de planilha de estruturação IVINFRA, IVSOC e IVAMB para a definição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA .....	66
<b>Quadro 16</b> – Unidades geológicas do Segundo Planalto Paranaense .....	75
<b>Quadro 17</b> – Grupos de solos na Bacia do Rio das Antas .....	77
<b>Quadro 18</b> – Número de ocorrências por tipologia e número de pessoas atingidas nos municípios integrantes da bacia do Alto Tibagi .....	85
<b>Quadro 19</b> – Datas das inundações segundo Defesa Civil, volumes de precipitação INMET e registros de inundações em jornais locais .....	86

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

APA	Área de Proteção Ambiental
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EM-DATA	Emergency Events Database
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
ITCG	Instituto de Terras Cartografia e Geociências
IVAMB	Índice de Vulnerabilidade Ambiental
IVINFRA	Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural
IVFI	Índice de Vulnerabilidade Físico-Espacial às Inundações
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
IVSA	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
IVSOC	Índice de Vulnerabilidade Social
PIB	Produto Interno Bruto
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISDC	Sistema de Defesa Civil do Estado

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1      GEOGRAFIA SOCIOAMBIENTAL E O ESTUDO DE RISCOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRAFICAS .....</b>	<b>20</b>
1.1    GEOGRAFIA SOCIOAMBIENTAL E O ESTUDO DE RISCO .....	21
1.2    BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE ESTUDO .....	26
1.3    URBANIZAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES NA DINÂMICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	29
<b>2      FRAGILIDADE AMBIENTAL E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL .....</b>	<b>32</b>
2.1    FRAGILIDADE AMBIENTAL – CONCEITOS E DISCUSSÕES .....	33
2.2    A PROBLEMÁTICA DA INUNDAÇÃO EM ÁREAS URBANAS .....	35
2.3    VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: A VULNERABILIDADE DO LUGAR .....	42
2.4    DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL: INDICADORES E ÍNDICES .....	47
<b>3      MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA .....</b>	<b>54</b>
3.1    ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	55
3.1.1    Fragilidade Ambiental Potencial .....	58
3.1.2    Fragilidade Ambiental Emergente .....	60
3.2    ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL .....	62
<b>4      A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS .....</b>	<b>68</b>
4.1    Caracterização dos Aspectos Geoambientais .....	69
4.2    Aspectos Socioambientais da Área Urbana .....	81
4.3    Inundações na Área Urbana da Bacia do Rio das Antas .....	82
<b>5      APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL – IVSA PARA A ÁREA URBANA .....</b>	<b>88</b>
5.1    ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL .....	89
5.2    ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EMERGENTE .....	97

5.3	ÍNDICES DE VULNERABILIDADE INFRAESTRUTURAL E SOCIAL .....	104
5.4	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL - IVSA .....	110
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>		<b>115</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>119</b>
<b>APÊNDICES .....</b>		<b>126</b>
<b>ANEXO .....</b>		<b>132</b>

## INTRODUÇÃO

O registro de eventos hidrometeorológicos críticos e dos prejuízos advindos desses episódios suscitam discussões concernentes às estratégias adequadas para a prevenção e a defesa contra os danos causados pelas inundações e deslizamentos. No Brasil, chuvas intensas na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, no início de 2010, provocaram o deslizamento de encostas e promoveram inundações. Esta foi a maior catástrofe climática no país, ocasionando a morte de 916 pessoas e 345 desaparecidas. No Paraná, em março de 2011, deslizamentos, enxurradas e inundações, ocorridas devido às fortes chuvas, deixaram mais de oito mil pessoas desalojadas e cerca de três mil residências danificadas, além de rodovias interditadas e pontes destruídas.

Cenários como esses trazem prejuízos maiores às áreas urbanas, especialmente onde há ocupação irregular de encostas e áreas de várzea. A ocupação urbana de áreas de risco associada à ocorrência de chuvas com maior intensidade, em curto período de tempo, ou precipitações de maior frequência, favorecem os eventos de enchentes e deslizamentos. Outro fator complicador é a inexistência de rede de galerias pluviais ou, caso existam, mal projetadas e utilizadas de forma inadequada, ou ainda sem a devida manutenção e limpeza.

A diversidade de fatores geradores de risco promove a análise das causas e possibilidades de resposta aos danos. Os estudos sobre risco ambiental consolidaram-se na avaliação dos aspectos físicos de determinada área e, foi no campo da Geologia que as primeiras abordagens associando o risco às implicações das atividades antrópicas se conformaram (REBELO, 2010).

Sob a perspectiva da Geografia Socioambiental, o diagnóstico do meio físico e as relações/ações humanas sobre o meio direcionam a análise de riscos. Dessa forma, no capítulo 1, são discutidos os conceitos e abordagens teóricas e metodológicas de risco, no campo da análise geográfica, considerando a bacia hidrográfica como unidade de estudo.

A preocupação com a relação sociedade-natureza promoveu estudos da vulnerabilidade social em áreas sujeitas a riscos, no campo da Geografia Socioambiental, compreendendo o “risco” como a probabilidade de determinados indivíduos serem ameaçados por perigos específicos.

Dadas as suas condições ambientais e sociais, grupos de indivíduos ficam mais ou menos vulneráveis a perigos específicos. Sendo assim, a vulnerabilidade socioambiental diz respeito às condições ambientais e sociais que, levam determinada população, a sofrer com

eventos extremos. Na busca por estabelecer graus de vulnerabilidade, a definição de índices é considerada uma metodologia apropriada e adequada. Com a escolha de indicadores que tenham significação espaço-temporal, é possível traçar índices que retratem a realidade atual e que possibilitem a projeção de cenários futuros em determinadas condições.

Buscando compreender a relação entre os aspectos ambientais e sociais na definição do risco, no Capítulo 2, a abordagem é direcionada à Fragilidade Ambiental e à Vulnerabilidade Socioambiental, tomando o conceito de “Vulnerabilidade do Lugar” proposto por Cutter (1996). É também apresentado nesse capítulo, o risco de inundações, com os processos antrópicos agravantes e o panorama das ocorrências no Brasil e no mundo.

A correlação entre risco ambiental e condições sociais, foi realizada com o estabelecimento de índices, baseados em indicadores sociais e ambientais. Para tanto, a pesquisa utilizou como recorte a área urbana do município de Irati – PR, na bacia hidrográfica do Rio das Antas.

Para identificar e analisar as áreas sujeitas a riscos de inundações da referida área, foi utilizado como método inicial de pesquisa o *Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de Declividade* proposto por ROSS (1994), que determina a Fragilidade Ambiental. Com a aplicação do método apresentado no Capítulo 3, foram geradas as cartas de Fragilidade Ambiental Potencial e de Fragilidade Ambiental Emergente.

Considerando o contexto social e ambiental da bacia, posteriormente ao estudo da fragilidade ambiental, buscando comprovar a hipótese de que a vulnerabilidade socioambiental é maior em áreas de risco, e de que o risco é muito maior, para as pessoas em condições sociais inferiores, foi aplicado um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA para a área urbana do município de Irati na bacia hidrográfica do Rio das Antas.

A técnica utilizada para a elaboração desse índice também faz parte deste capítulo e inclui a análise de variáveis constantes do Censo 2010 do IBGE para os setores censitários urbanos. A partir de variáveis selecionadas foram gerados indicadores e índices que agrupados deram origem ao IVSA de cada setor.

O rio das Antas nasce na zona rural, na serra do Nhapindazal, chegando ao perímetro urbano após 1,5 km, e tem quase todo o seu percurso na área urbana do município, percorrendo diversos bairros, inclusive o centro da cidade. Após receber vários tributários deságua no Rio Imbituvão, que é manancial de abastecimento do município, e contribuinte do Rio Tibagi, o que justifica ações de planejamento na área da bacia, evitando a degradação desse recurso hídrico.

Conforme apresentado no Capítulo 4, as inundações na área de estudo são frequentes. Segundo dados levantados junto à da Defesa Civil do Estado, o município de Irati tem o maior número de ocorrências (somadas às ocorrências de alagamentos, enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas e escorregamentos ou deslizamentos) entre os municípios localizados na Bacia Hidrográfica do Alto Tibagi. Em relação ao número de pessoas atingidas, ocupa a segunda posição (11.500 hab.), sendo que permanece em primeiro lugar no que diz respeito às enchentes ou inundações graduais.

O processo de urbanização presente na área dessa bacia provoca uma série de impactos ambientais, entre eles a redução da mata ciliar, o lançamento de efluentes domésticos, o despejo de resíduos sólidos, a erosão das margens e, consequente assoreamento. Tucci (2002, p. 46), ao exemplificar o processo de consolidação dos centros urbanos afirma que à medida que a cidade se urbaniza, além desses impactos, ocorre o aumento das vazões médias de cheia, devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies.

O planejamento inadequado da ocupação urbana na bacia hidrográfica do Rio das Antas impacta na dinâmica desse sistema, contribuindo para a ocorrência de inundações. No município de Irati, as enchentes/inundações são registradas em número superior aos demais municípios da região e, tendo em vista as características socioeconômicas das populações atingidas, a capacidade de resposta a esse tipo de desastre é restrita. São escassos os estudos sobre o processo de inundação tendo a bacia hidrográfica do Rio das Antas como unidade de análise. Sendo assim, analisar as características geoambientais que favorecem a conformação de áreas de risco ambiental, e compreender os aspectos socioambientais que estabelecem a capacidade de resposta dos indivíduos em episódios de inundaçao, é relevante para promover ações de previsão e prevenção.

### Objetivo Geral

- Identificar a vulnerabilidade socioambiental ao risco ante as inundações da área urbana do município de Irati – PR, na bacia hidrográfica do rio das Antas.

### Objetivos Específicos

- Discutir os conceitos e abordagens teóricas e metodológicas de risco no campo de análise da Geografia Socioambiental, considerando a bacia hidrográfica como unidade de estudo.
- Analisar a adequação do uso de indicadores e índices nas abordagens teóricas e metodológicas de fragilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental.
- Caracterizar os aspectos físico-naturais e sociais da bacia hidrográfica do Rio das Antas, que contribuem para a ocorrência do perigo de inundações.
- Identificar áreas de risco ambiental e propor um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para a área urbana da bacia.

## CAPÍTULO 1

### **GEOGRAFIA SOCIOAMBIENTAL E O ESTUDO DE RISCOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

*...as ideias gerais só podem ser introduzidas na espécie com o auxílio das palavras e o entendimento não as apreende senão por meio de proposições.*

*Jean-Jacques Rousseau*

## 1 GEOGRAFIA SOCIOAMBIENTAL E O ESTUDO DE RISCOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

### 1.1 Geografia socioambiental e o estudo de risco

A Geografia foi construída sob a concepção de interpretar o espaço, em seu princípio pela localização geográfica, identificação das coordenadas e, também, pelas representações cartográficas, propostas por Eratóstenes e Ptolomeu. No século XVI a Geografia se dedicou aos levantamentos astronômicos, para auxiliar na determinação das longitudes e distâncias, facilitando a determinação das rotas marítimas. Com o avanço do campo das engenharias, já no século XVIII, os geógrafos passaram a se interessar pelos aspectos naturais da superfície terrestre, por meio das descrições de relevo, hidrografia, vegetação, entre outras. Conformava-se a partir de então, ainda que de maneira pouco aprofundada, uma orientação da Geografia para a análise das paisagens (SUERTEGARAY, p. 12, 2002).

Esse enfoque naturalista assumiu o entendimento de uma Geografia Física, preocupada em sua essência com os aspectos abióticos e bióticos, que desconsiderava, em primeira análise, o homem. Disciplinas como a biologia, a geologia e a geomorfologia passaram a integrar os estudos geográficos.

A partir da década de 1970, com a intensificação das discussões acerca dos impactos negativos das atividades antrópicas no meio natural, o pensamento geográfico foi mais uma vez renovado, vislumbrando a necessária conciliação, na análise do espaço, entre as dimensões social e natural. A partir da compreensão da complexidade das relações existentes no espaço, entendido como a dinâmica dos aspectos físicos e sociais, a abordagem geográfica

[...] transcende à desgastada discussão da dicotomia geografia física versus geografia humana, pois concebe a unidade do conhecimento geográfico como resultante da interação entre os diferentes elementos e fatores que compõem seu objeto de estudo. (MENDONÇA; KOZEL, 2002, p. 123).

Recentemente terminologias como geografia ambiental, geografia do meio ambiente, geografia socioambiental, têm sido utilizadas para tentar determinar a que objetivos a disciplina geografia e suas pesquisas se propõem. Independentemente do termo utilizado, a análise geográfica pressupõe a relação entre natureza e sociedade, nesse sentido, preferimos optar pelo termo geografia socioambiental.

A Geografia tem como objeto de análise o espaço – espaço diverso, de relações, de complexidades e de especificidades – aos geógrafos cabe então, um esforço contínuo de interpretá-lo. Na perspectiva da análise de riscos, a geografia socioambiental busca abranger os aspectos incidentes, quais sejam: o diagnóstico do meio físico e as relações/ações humanas sobre o meio.

Rebelo (2010, p. 26) no relato de pesquisas realizadas pela geografia física, entre elas, os trabalhos de geógrafos físicos em Portugal, como Jean Tricart, Orlando Ribeiro, Ilídio do Amaral, Suzanne Daveau e Luciano Lourenço, afirmam que os geógrafos “estudavam processos geodinâmicos de desenvolvimento rápido no intuito de melhor os conhecerem para melhor compreenderem as formas de relevo que eles iam construindo e modelando”. Nesse contexto, pela preocupação na aplicação do conhecimento formulado, buscavam relacionar a interferência desses processos na sociedade. Foi nessa conjuntura que o conceito de risco começou a configurar-se na ciência geográfica.

[...] Se as observações ‘em cima dos acontecimentos’ foram importantes para muitos geógrafos, foi quase sempre através do estudo de situações de crise acabadas de ocorrer que puderam deduzir como elas frequentemente, resultavam da evolução de situações de perigo, que talvez pudessem ter sido evitadas. (REBELO, 2010, p.28).

A ‘linguagem do risco’ (REBELO, 2010, p. 25) com o uso frequente de palavras como perigo, sinais, probabilidade, acidente, possibilidade, pânico, catástrofe, alarme, complexidade, custo, cartas de risco, entre outras, passou a integrar as análises geográficas. “À pesquisa do que se chama de *natural hazards* ou perigos naturais, atribui-se uma das tendências de inclusão das influências humanas nos estudos ambientais e na Geografia Física.” (ALMEIDA, 2010, p.96).

Para esclarecer o significado e a relevância da análise de risco para a geografia socioambiental faz-se necessária a discussão dos conceitos e das abordagens teórico-metodológicas sobre risco, perigo e *natural-hazards*.

Já no século XIII, a palavra risco era utilizada nas navegações marítimas, com a preocupação com naufrágios e roubo de cargas (REBELO, 2010, p. 31). Mais tarde, era abordada referindo-se aos processos naturais, como por exemplo, o risco de enchentes, erupções vulcânicas e terremotos. Remetendo a situações de insegurança, incerteza e medo, o vocábulo risco é utilizado em diferentes abordagens e nos mais diversos campos, seja na economia, na área de saúde, em planejamento, pelas indústrias e seguradoras. O risco é

acompanhado por um adjetivo que o qualifica, risco tecnológico, risco ambiental, risco natural, risco social, risco biológico, risco econômico, entre outros (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005).

O conceito de risco enquanto implicação social passou a ser discutido a partir das abordagens advindas da sociologia, na década de 1980, quando se falava em Sociedade de Risco. As obras de Ulrich Beck e Anthony Giddens chamaram atenção para as transformações no modo de produção ocorridas durante a primeira modernidade e, na segunda modernidade, onde se estabeleceria uma Sociedade de Risco.

A ciência e a tecnologia, assim como as instituições da sociedade industrial engendradas na primeira modernidade, não foram pensadas para o tratamento da produção e distribuição dos "males", ou seja, dos riscos associados à produção industrial. (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005, p.13).

As transformações sociais em curso foram provocadas pelo avanço da ciência e da tecnologia, e estão pautadas no modo de produção capitalista. As incertezas, a limitação de previsões, o sentido de incapacidade, diante dessa sociedade em constante transformação, identifica a sociedade do risco. Para Demarjovic (2003, p. 39), “é precisamente no momento em que os perigos e riscos produzidos pela sociedade se tornam incalculáveis e as medidas de segurança socialmente aceitas tornam-se inócuas que se caracteriza a emergência da sociedade de risco”.

Essa compreensão do risco como decorrência social revela um importante aspecto da análise. Independentemente da sua adjetivação o risco associa-se à presença humana, e à probabilidade de impactos em maior ou menor escala ao indivíduo ou grupos. “O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana”. (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005, p. 12).

Na Geografia, a preocupação inicial foi com a exposição dos indivíduos a determinados riscos devido às condições naturais do meio. Mais tarde com o entendimento de que a presença humana e suas formas de ocupação são condicionantes do risco, a análise geográfica avançou no sentido de responder não apenas às questões *onde* e *como*, mas também *quanto* e *porque* os grupos são expostos. Desde então a geografia tem se preocupado

com os *natural hazards*, quando à abordagem principal relaciona-se a risco e vulnerabilidade<sup>1</sup>.

As situações de risco são identificadas quando há uma ameaça em potencial, ou seja, há probabilidade de ocorrência de efeitos danosos. “De fato, a palavra designa, ao mesmo tempo, tanto um perigo potencial quanto sua percepção e indica uma situação percebida como perigosa na qual se está ou cujos efeitos podem ser sentidos”. (VEYRET, 2007, p. 25).

Nas pesquisas brasileiras, embasadas teórica e metodologicamente nos trabalhos norte-americanos, aparece com frequência a tradução do inglês *natural hazards* como riscos naturais (MARANDOLA, 2004; REBELO, 2010; DAGNINO e CARPI JÚNIOR, 2007; ), contudo outros autores utilizam como sinônimo de perigo (ALMEIDA, 2010; GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2011) ou ainda como desastre.

No idioma inglês os vocábulos *danger*, *risk* e *hazard*, possuem diferentes significados; *danger* é precisamente o perigo, *risk* com frequência diz respeito a questões monetárias e financeiras, e *hazard* refere-se às ameaças. Rebelo (2010, p.33) referindo-se às diferentes compreensões e traduções, esclarece:

Se os grandes especialistas anglófonos que se dedicaram a estas matérias tivessem querido dizer *danger* por que motivo iriam dizer *hazard*? (...) Nessa perspectiva, podemos afirmar que risco, mesmo quando o fazemos equivaler ao *hazard*, tem sempre a ver com o Homem.

Os perigos se configuram como ameaça à sociedade, que podem ser potencializados pela ação humana, determinando sua exposição ao risco. “In summary, the term environmental hazard refers to all the potential threats facing human society by events that originate in, and are transmitted through, the environment.” (SMITH; PETLEY, 2009, p.9).

Marandola (2004) faz uma discussão sobre o conceito e afirma que os riscos ou *hazards* ocorrem na interface sociedade-natureza, ou seja, o que estabelece os riscos são as

---

<sup>1</sup> Smith e Petley (2009, p.4) propõem a evolução dos paradigmas dos perigos ambientais, dividindo-a em quatro períodos. Até 1950, a *Engenharia* dava respostas aos desastres naturais, principalmente os de origem hidro meteorológica, por meio de previsões climáticas e construção de grandes obras. De 1950 até 1970 o paradigma *Comportamental*, foi caracterizado a curto-prazo, pelas advertências, e a longo-prazo, pelos planejamentos territoriais, quando as pessoas deixavam os locais mais propensos a riscos ambientais. Entre 1970 e 1990 o paradigma do *Desenvolvimento*, abordou a vulnerabilidade humana aos desastres e o entendimento de que o baixo desenvolvimento econômico e a dependência política contribuem para a vulnerabilidade. A partir de 1990, com o paradigma da *Complexidade*, houve a ênfase na complicada interação entre a natureza e a sociedade, levando ao gerenciamento dos riscos ambientais a longo-prazo, de acordo com as necessidades dos locais.

formas de uso e ocupação do solo. Nesse sentido, o homem é uma condicionante para que o risco se estabeleça, de um lado, por ser a preocupação inicial da análise como o sujeito que sofre o dano e, por outro, como a variável que provoca alterações no ambiente e origina o risco.

As consequências do risco, quando não controlado, são os desastres, situações em que o perigo se materializa, ocasionando danos. Ultramari, Rezende e Firmino (2008, p.6) falam que os desastres são caracterizados como fenômenos inesperados e de consequências indesejadas, e classificados em dois tipos: os imediatos e facilmente observáveis e os ironicamente lentos, na maioria das vezes não perceptíveis e pouco convincentes de suas gravidades, como por exemplo, os processos erosivos que provocam deslizamentos. As enchentes e furacões são exemplos de desastres de fácil percepção e que ocorrem com velocidade.

Hazards and disasters are two sides of the same coin; neither can be fully understood or explained from the standpoint of either physical science or social science alone. Hazards and disasters are also inextricably linked to ongoing global environmental change, including the many factors that interact to determine the prospects for sustainable development in the future. (SMITH; PETLEY, 2009, p.8).

Esses autores definem desastre como um evento concentrado no tempo e no espaço, que causa mortes humanas e prejuízos materiais suficientes para interromper as funções essenciais da comunidade e para ameaçar sua capacidade de enfrentamento sem assistência externa (SMITH; PETLEY, 2009, p.14).

Portanto, a pretensão da análise de risco é identificar a probabilidade de o desastre acontecer e dessa maneira propor medidas de controle. Para que seja possível uma aproximação com a realidade vivenciada, a investigação do risco ambiental deve estar pautada na interação entre os aspectos físicos e sociais.

[...] os riscos devem ser tratados como resultado da intrincada relação entre ameaça e vulnerabilidade, que apresentam uma profunda dependência entre si. A noção de risco se estabelece com base na relação conflituosa entre o homem e o seu ambiente, em um processo de mútua influência. (SOUZA; ZANELLA, 2009, p. 16)

Com relação aos aspectos sociais, a proposição apresentada é que o risco ambiental somente poderá ser compreendido com o enfoque da dimensão humana, pois o potencial de

danos e a capacidade de resposta dependerão das condições socioeconômicas e culturais da população local, ou seja, da sua vulnerabilidade.

“O risco é um constructo eminentemente social, uma percepção humana” (ALMEIDA, 2010, p.99), contudo essa percepção em regra se origina no conhecimento de um perigo que o ambiente oferece, nesse sentido, os aspectos físicos são inerentes à estimativa do risco.

Aos objetivos a que se pretende, a pesquisa ora apresentada propõe que a vulnerabilidade socioambiental, considerados os riscos ambientais, seja estudada a partir de um sistema adequado ao espaço urbano, o sistema bacia hidrográfica.

## 1.2 Bacia hidrográfica como unidade de estudo

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água, drenada superficialmente por um curso d’água principal e seus afluentes.

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de um rio, até a seção considerada, ou **exutório**, é a área de drenagem que contém o conjunto de cursos d’água que convergem para esse rio, até a seção considerada, sendo, portanto, limitada em superfície a montante, pelos divisores de água, que correspondem aos pontos mais elevados do terreno e que separam bacias adjacentes. O conjunto de cursos d’água, denominada rede de drenagem está estruturado, com todos os seus canais, para conduzir a água e os detritos que lhe são fornecidos pelos terrenos da bacia de drenagem. (JORGE; UEHARA, 1998, p. 104).

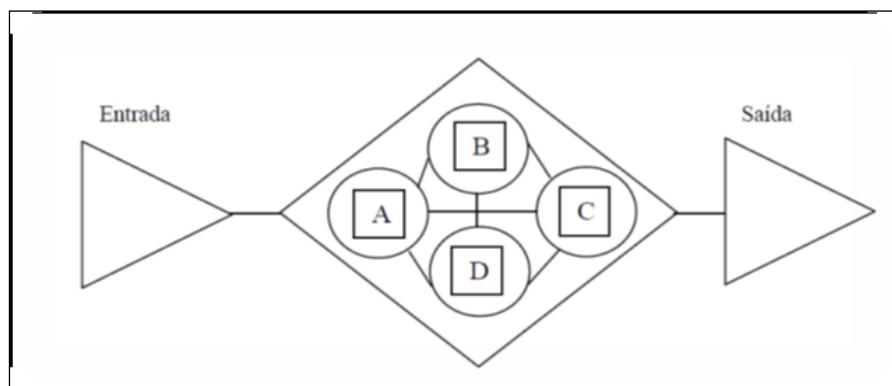
Unidade de estudo adotada pela geografia física, a bacia hidrográfica representa a interação entre os diversos elementos naturais, como o solo, o relevo, a vegetação, o clima e os recursos hídricos e, também, os elementos econômicos e sociais. Para Botelho e Silva (2004, p. 154) “[...] a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica integrada do ambiente está implícita na adoção dessa unidade fundamental”.

Diversos estudos sobre avaliação, planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos, utilizam como recorte a bacia hidrográfica (ANDREOZZI, 2005; BOSCARDIN, 2008; MAGALHÃES JÚNIOR, 2007; VASCONCELOS, 2010). Essa unidade básica de análise permite a visão sistêmica e integrada nas pesquisas geográficas.

[...] em estudos de vulnerabilidade ambiental, a bacia hidrográfica é um sistema adequado à análise ambiental, já sendo utilizada em estudos de impacto ambiental. Esses estudos são do tipo ‘processos resposta’, sendo adequada à abordagem geográfica. (FIGUEIREDO, 2010, p.12).

A complexidade do espaço geográfico impõe ao pesquisador não apenas a identificação dos elementos que formam o sistema, mas principalmente, os fluxos existentes (CHRISTOFOLETTI, 1999). Considerando as bacias de drenagem como um sistema (Figura 1), sua análise envolve como principais subsistemas a vegetação, a superfície, o solo, a zona de aeração, zona de água subterrânea e canal fluvial. A entrada é representada pela precipitação, que pode cair diretamente sobre a superfície líquida dos canais e lagos ou sobre a superfície terrosa.

**Figura 1** – Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como evento de entrada e saída.



**Fonte:** CHRISTOFOLETTI (1979)

Tomando como base o esquema sugerido, o sistema bacia hidrográfica é considerado um sistema aberto, ou seja, aquele em que ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo quanto perdendo. O chamado *output* (saída) é, dessa forma, alterado pela dinâmica do fluxo entre as diversas variáveis.

A visão sistêmica reconhece a interdependência fundamental de todos os ciclos de energias e matérias da Terra e o fato de que, enquanto indivíduos e sociedades estamos encaixados nesses processos cíclicos da natureza. Em outras palavras, mostra-se, atualmente, que o ciclo da água na Terra é um sistema aberto, afastado do equilíbrio, caracterizado por um fluxo constante de energia e matéria. (REBOUÇAS, 2006, p.6).

De acordo com Christofoletti (1979) podem ocorrer mudanças nas características dos estados do sistema em função das entradas e saídas, e das intervenções humanas. Ao serem considerados como entrada, os processos antrópicos tornam-se relevantes na medida em que alteram os resultados ou *outputs* desse sistema.

[...] sabe-se que a natureza possui mecanismos de funcionamento interdependentes frequentemente modificados pelo homem (principalmente na cidade). A esse respeito, inclui-se na égide do funcionamento da paisagem a dinâmica da bacia hidrográfica e, de modo específico, a dinâmica fluvial. (ALMEIDA, 2010, p.132).

As inundações e enchentes são fenômenos consequentes da dinâmica fluvial, ou seja, os índices de precipitação, infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial<sup>2</sup>, irão determinar a intensidade e amplitude desses acontecimentos, entendida a intensidade como o grau de alteração provocada no meio, fraco ou forte, alto ou baixo e a amplitude como a incidência das alterações, ou seja, a extensão das áreas inundadas.

O comportamento das águas de superfície na bacia hidrográfica depende fundamentalmente do escoamento e da infiltração, que estão diretamente relacionados às características do solo, do relevo, das rochas e da cobertura vegetal. As vazões específicas de cheia, vazões médias e vazões mínimas dos rios dependem dos níveis de escoamento e de infiltração.

Embora Tucci (2002, p. 133) esclareça que, “a inundação ribeirinha é um processo natural em que o rio inunda o seu leito maior de acordo com a intensidade e duração das precipitações e condições iniciais de umidade”; no sistema bacia hidrográfica, a dinâmica fluvial pode ser alterada pelas atividades antrópicas, pois as formas de uso e ocupação do solo atenuam ou intensificam o escoamento e a infiltração.

A alteração da superfície da bacia tem impactos significativos sobre o escoamento. Esse impacto normalmente é caracterizado quanto ao efeito que provoca no comportamento das enchentes, nas vazões mínimas e na vazão média, além das condições ambientais locais e a jusante. (TUCCI, 2002, p.33).

---

<sup>2</sup> O **escoamento superficial** ou deflúvio corresponde à parcela de água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade que a conduz para cotas mais baixas; a **infiltração** é a passagem de água da superfície para o interior do terreno; a **evapotranspiração** corresponde à perda de água por evaporação a partir do solo e transpiração das plantas. (JORGE;UEHARA, 1998)

Considerando então que, o volume de precipitação determina as vazões normais e as vazões de cheia, que o escoamento e a infiltração dependem das características físicas do ambiente e que as formas de uso e ocupação do solo interferem na dinâmica fluvial, a compreensão da bacia hidrográfica como unidade de estudo revela-se essencial para a análise de áreas de riscos de inundações, especialmente na zona urbana.

### **1.3 Urbanização e suas implicações na dinâmica de bacias hidrográficas**

Na interação cotidiana com os rios, as cidades se constituíram. Foi a partir da 1<sup>a</sup> Revolução Industrial, iniciada em meados séc. XVIII e perdurando até fim do séc. XIX, que a construção do espaço urbano, se tornou cada vez mais complexa. As atividades industriais promoveram a concentração populacional nas imediações das fábricas e os rios urbanos passaram então a receber não somente os efluentes domésticos, mas também os industriais. As planícies inundáveis, que na Antiguidade propiciavam a produção agrícola, foram rapidamente ocupadas pelos espaços edificados.

Com a segunda e terceira revoluções industriais acelerou-se e intensificou-se o processo de urbanização. Cada vez mais as populações migravam para os centros urbanos tentando integrar o sistema político-econômico vigente, que apregoava o consumo exacerbado como motriz para o desenvolvimento econômico e social. O indivíduo se condicionava a estar próximo dos grandes centros para que, participando da cadeia produtiva pudesse consumir. Este ciclo produção-consumo-descarte perdura até os dias atuais e os problemas advindos desse sistema político-econômico aumentam gradativamente. Castro, Peixoto e Rio (2005, p.13) afirmam que “a ciência e a tecnologia, assim como as instituições da sociedade industrial engendradas na primeira modernidade, não foram pensadas para o tratamento da produção e distribuição dos ‘males’, ou seja, dos riscos associados à produção industrial”.

As cidades, especialmente aquelas de países pobres ou emergentes, tornam-se espaços de aglomeração onde há insuficiência de trabalho, moradia, segurança, transporte, saneamento básico e equipamentos de saúde e educação. Os problemas ambientais resultantes da interação entre o sistema político-econômico e fragilidades do meio natural ficam aparentes, como a ocupação irregular de fundos de vale, o lançamento de efluentes domésticos e industriais em corpos hídricos, destinação inadequada de resíduos sólidos, emissões atmosféricas, erosão, enchentes, entre outros.

El proceso de urbanización observado en los países en desarrollo presenta gran concentración poblacional en pequeñas áreas, con deficiencias en los sistemas de transporte, de abastecimiento y saneamiento, problemas de contaminación del aire y el agua e inundaciones. Estas condiciones ambientales inadecuadas reducen las condiciones de salud y, por ende, afectan la calidad de vida de la población. Este aumento de los impactos ambientales negativos limitan su adecuado desarrollo. (BERTONI; TUCCI, 2003, p. 5).

Segundo Santos (2008, p. 78), “quando através do trabalho, o homem exerce ação sobre a natureza, isto é, sobre o meio, ele muda a si mesmo, sua natureza íntima, ao mesmo tempo em que modifica a natureza externa”. Lefebvre (2008, p. 67) trata das “novas raridades” que emergem na produção espacial: a água, o ar, a luz, o espaço “é em função dessa luta que é preciso compreender o urbanismo, o que, apesar de suas fraquezas e fracassos, justifica em certa medida as pesquisas, as inquietações, as interrogações”.

Tendo em vista o intrincado processo de urbanização, alguns fatores como a inexistência de planejamento adequado, a fiscalização ineficiente, a falta de investimentos e a escassez de políticas públicas efetivas, intensificam o processo de ocupação das margens dos rios urbanos, acelerando sua degradação e, consequentemente, aumentando as áreas de risco.

Constantemente, o homem ensaia adaptar as condições naturais do sítio urbano aos interesses de uso e ocupação do solo urbano, regido principalmente pelo imediatismo e pela ganância. A especulação imobiliária, os diferentes preços da terra urbana e as desigualdades sociais, instituem espaços fortemente segregados, onde quem não tem poder econômico adquire os espaços mais susceptíveis a fenômenos naturais, como as inundações. (ALMEIDA, 2010, p.132).

O processo de urbanização sujeita os grupos com menor poder aquisitivo a ocupar áreas impróprias. O valor da terra condiciona o uso residencial de locais susceptíveis a determinados riscos, por isso é recorrente que a população mais prejudicada com esses episódios seja a de baixa renda “[...] os danos são causados pela forma de ocupação do território e pela não consideração dos impactos e riscos que tal uso ou o próprio local podem gerar a si mesmos”. (MARANDOLA, 2004, p. 99). De acordo com BRASIL (2007, p. 26) as áreas de risco são aquelas que estão passíveis de serem atingidas por “fenômenos ou 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”.

À medida que a urbanização se processa, os impactos nas bacias hidrográficas se intensificam especialmente pela maneira desorganizada como a infraestrutura urbana é

implantada: pontes e taludes de estradas obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento de aterros; deposição e obstrução de rios, canais e condutos de lixos e sedimentos; projetos e execução inadequados de obras de drenagem (TUCCI, 2002, p.46).

A constatação de que as bacias hidrográficas urbanas são relevantes ao estudo dos riscos de enchentes e inundações, vai além do entendimento das alterações nos processos de escoamento e infiltração, condicionantes da vazão e áreas de inundaçāo. Quando há referência a riscos em cidades, a consideração das motivações socioeconômicas para a ocupação de locais susceptíveis a enchentes e inundações, torna-se inerente à análise. Nesse sentido, a vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas, deve ser estudada a partir da correlação entre seus aspectos físico-biológicos e seus aspectos socioeconômicos.

## CAPÍTULO 2

### FRAGILIDADE AMBIENTAL E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

*Já que a realização concreta da história não separa o natural e o artificial, o natural e o político devemos propor um outro modo de ver a realidade, oposto a esse trabalho secular de purificação, fundado em dois polos distintos. No mundo de hoje, é frequentemente impossível ao homem comum distinguir claramente as obras da natureza e as obras dos homens e indicar onde termina o puramente técnico e onde começa o puramente social.*

*Milton Santos*

## 2 FRAGILIDADE AMBIENTAL E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

### 2.1 Fragilidade Ambiental – conceitos e discussões

Nas discussões anteriormente realizadas, afirmou-se que as bacias hidrográficas são sistemas e, portanto, podem e devem ser analisados de maneira integrada. Essa integração pressupõe a análise dos componentes naturais do ambiente (solo, clima, vegetação, relevo, geologia e água) buscando compreender a fragilidade ambiental de maneira a revelar a susceptibilidade e a estabilidade desse sistema às alterações provocadas pelas atividades antrópicas.

Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. (SPÖRL; ROSS, 2004, p.40).

As intervenções humanas no meio estão cada vez mais acentuadas, alterando o equilíbrio dinâmico. Desmatamento, urbanização, lançamento de resíduos e efluentes industriais e domésticos, mineração, captação de água superficial e subterrânea para abastecimento, agropecuária, impermeabilização do solo, podem ser citadas como ações transformadoras e impactantes.

Essas alterações são inerentes ao desenvolvimento da sociedade, contudo podem ser mais bem gerenciadas quando há o conhecimento das potencialidades e restrições do ambiente natural às ações. A fragilidade ambiental diz respeito exatamente ao potencial de alteração dos elementos naturais no sistema estudado, dadas as suas características morfogenéticas, e o seu nível de degradação diante das intervenções humanas. Assim sendo, a mensuração da fragilidade ambiental torna-se relevante na medida em que possibilita o direcionamento adequado dessas intervenções, especialmente no campo do planejamento territorial. “O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições”. (KAWAKUBO et al, 2005, p. 2203).

Ross (1994) propõe um modelo metodológico para a análise da fragilidade ambiental com base no conceito de Unidades Ecodinâmicas, preconizadas por Tricart (1977). Nessa concepção, há o equilíbrio dinâmico nas trocas de energia e matéria que pode ser alterado

pelas intervenções humanas, caracterizando o ambiente como estável ou instável. O autor sugere a classificação das unidades ecodinâmicas em Unidades Ecodinâmicas Instáveis “aqueles cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais” e Unidades Ecodinâmicas Estáveis “as que estão em equilíbrio dinâmico e que foram poupadadas da ação humana encontrando-se, portanto, em seu estado natural”.

Para que pudessem ser aplicados ao planejamento ambiental, Ross (1994, p. 66) ampliou os conceitos, esclarecendo que as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente apresentam vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. Já Unidades Ecodinâmicas Estáveis, mesmo em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial o que pode ser presumido frente às suas características naturais. Assim, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis apresentam-se como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial em diferentes graus, ou seja, de muito forte a muito fraca.

De acordo com essa proposta metodológica, a Fragilidade Ambiental é definida a partir da análise, em um primeiro momento, dos elementos físicos e, posteriormente, das tipologias de uso e ocupação do solo, representados cartograficamente sobrepostos. Em uma bacia hidrográfica podem então ser identificadas áreas de Fragilidade Ambiental Potencial e áreas de Fragilidade Ambiental Emergente, em diferentes graus.

Donha, Souza e Sugamosto (2005) aplicaram a metodologia para a determinação da fragilidade ambiental, em uma área inserida na Área de Proteção Ambiental - APA do Iraí, no município de Pinhais – PR, utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. Os autores determinaram a Fragilidade Potencial a partir da análise integrada das informações de solos, declividade e distância dos recursos hídricos, e o mapa de Fragilidade Emergente, por meio do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial com as informações de uso da terra e vegetação.

Gonçalves et al (2009) realizaram a caracterização empírica da fragilidade ambiental tendo como estudo de caso a bacia do Rio Dourados – MS. Belfort e Barbosa (2011), também utilizaram o modelo sugerido por Ross na avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó em Pernambuco, utilizando Geoprocessamento.

Conforme abordagem anterior, o risco refere-se à probabilidade de dano; quem sofre com os danos são as pessoas, dessa maneira o risco em um primeiro momento está vinculado às formas de *uso do solo*. O *clima* interfere na estimativa do risco, principalmente quando há o aumento no volume de *precipitação*, a *declividade* favorece o escoamento, a *pedologia* interfere na *infiltração* e a *cobertura vegetal* induz o escoamento, a *evapotranspiração* e a

infiltração, portanto esses são fatores determinantes do risco a inundações. Os indicadores destacados estão inseridos no estudo da fragilidade o que afirma sua relevância na análise do risco ambiental a inundações.

Tendo em vista que a identificação de áreas de Fragilidade Ambiental permite inferir as alterações potenciais e emergentes no equilíbrio dinâmico do sistema da bacia hidrográfica, a análise da fragilidade é pertinente ao estudo do risco a inundações em áreas urbanas.

## 2.2 A problemática da inundação em áreas urbanas

As inundações são fenômenos provocados pelo incremento no volume de precipitação e consequente transbordamento do corpo hídrico. Segundo sua magnitude, as inundações são classificadas como excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares, e de pequena magnitude (Quadro 1). De acordo com sua evolução classificam-se em enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar (BRASIL, 2003, p.40).

**Quadro 1 – Classificação das inundações**

Classificação das inundações	
Magnitude	Evolução
Excepcionais	Enchentes ou inundações graduais
De grande magnitude	Enxurradas ou inundações bruscas
Normais ou regulares	Alagamentos
Pequena magnitude	Inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar

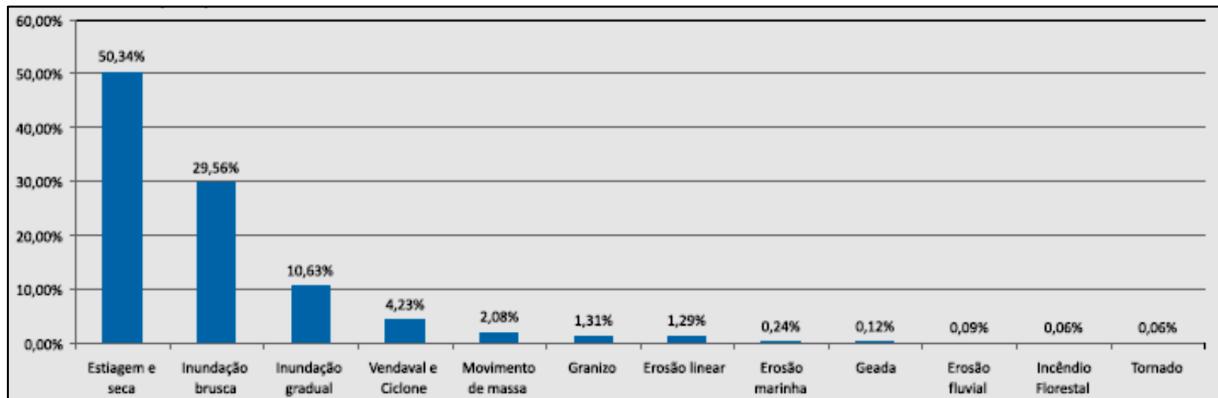
**Fonte:** BRASIL (2003), organizado por Crislaine Mendes.

No ano de 2010, 563 municípios brasileiros (cerca de 10% do total) decretaram situação de emergência ou estado de calamidade pública devido à ocorrência de cheias (BRASIL, 2011, p.57). As chuvas concentradas na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, no início de 2010, provocou o deslizamento de encostas e promoveu inundações; esta foi a maior catástrofe climática no país (morreram 916 pessoas e 345 desapareceram). No Paraná, em março de 2011, deslizamentos, enxurradas e inundações, ocorridos devido às fortes chuvas, deixaram mais de oito mil pessoas desalojadas e cerca de três mil residências danificadas, além de rodovias interditadas e pontes destruídas.

Segundo publicação da Universidade Federal de Santa Catariana (2012, p. 28), no Gráfico 1, do total de afetados por desastres no Brasil (96.220.879) a estiagem e seca é o desastre que mais afeta a população, por ser mais recorrente (50,34%), mas as inundações

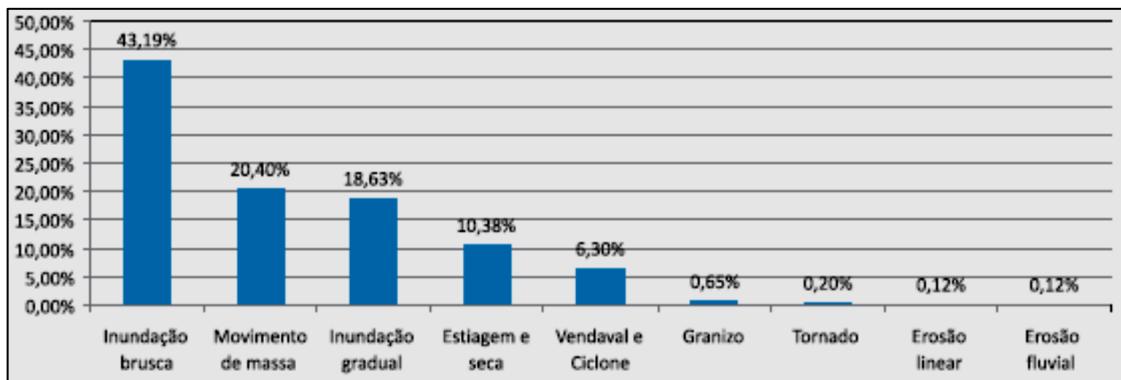
bruscas, com 29,56% dos afetados brasileiros, causam maior número de mortes (43,19%), conforme Gráfico 2.

**Gráfico 1 – Percentual de afetados por tipo de desastre.**



Fonte: Extraído de UFSC (2012, p.29).

**Gráfico 2 – Percentual de mortos por tipo de desastre.**



Fonte: Extraído de UFSC (2012, p.29).

Ultramari, Rezende e Firmino (2008) estudando os acidentes naturais e antrópicos e suas correlações sociodemográficas no Estado do Paraná, ocorridos de 2000 a 2007, identificaram um maior contingente de pessoas atingidas em municípios com taxas de crescimento próximas à média do Estado (1,1% a.a.) e uma média de 4,0 ocorrências adversas por município ao ano. Em termos de número de pessoas afetadas há uma grande concentração em quatro tipologias de ocorrências adversas: estiagens, afetando 876 mil pessoas; vendavais, afetando 619 mil; enxurradas, afetando 177 mil e erosão, afetando 161 mil, de um total de 2 milhões de pessoas afetadas, entre 2000 e 2007.

A despeito de evidente maior ocorrência e do maior número de pessoas afetadas por acidentes com origem natural, é importante notar que esses mesmos acidentes são agravados e potencializados por conta de densidades ocupacionais e do nível de vulnerabilidade das populações submetidas a eles. (ULTRAMARI; REZENDE; FIRMINO, 2008, p. 9).

Para Marcelino (2007, p.12) “as inundações bruscas em áreas urbanizadas se tornarão um dos principais problemas ambientais que as regiões Sul e Sudeste do Brasil terão que enfrentar para as próximas décadas”, daí a necessidade do estabelecimento de medidas preventivas que diminuam o número de pessoas afetadas.

As inundações são fenômenos naturais, mas que podem causar prejuízos como os acima citados. Chuvas intensas e concentradas são agravantes em situações de risco, para as populações que habitam áreas consideradas como o leito maior dos rios. O processo de urbanização provoca alterações na dinâmica hídrica, devido principalmente à impermeabilização do solo e ao aumento no volume e velocidade do escoamento superficial. Pinheiro (2007, p.96) diz que os rios:

[...] têm sua área natural de inundaçāo e esse fenômeno não é, necessariamente, sinônimo de catástrofe. Quando o homem ultrapassa os limites das condições naturais do meio em que vive então as inundações passam a ser um problema social, econômico e/ou ambiental.

Nas áreas urbanas a impermeabilização é recorrente e impede a infiltração gradual, acarretando o escoamento rápido e de grande carga. Segundo Bertoni e Tucci (2003, p.27) há o aumento das vazões máximas em até sete vezes e da sua frequência, devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies. O aumento no volume de precipitação associado ao escoamento pluvial pode causar inundações; de acordo com Tucci (2005, p. 17) os impactos ocorrem devido a dois processos isolados ou combinados que podem incidir sobre as áreas urbanas, são eles:

*Inundações de áreas ribeirinhas:* são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica; *Inundações devido à urbanização:* são as inundações que ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

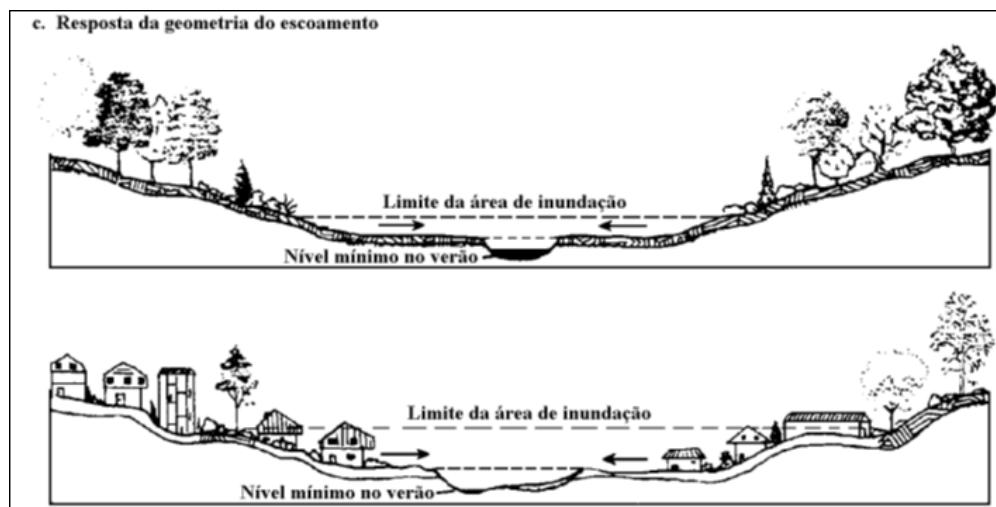
Pode-se afirmar então que o risco de inundações, entre outros, está associado à ocupação de planícies inundáveis. Quando as populações utilizam esses espaços, para moradia

temporária ou permanente, estão ocupando áreas que naturalmente estão sujeitas a enchentes. “Os rios nos períodos chuvosos saem do seu leito menor e ocupam o leito maior, dentro de um processo natural. Como isto ocorre de forma irregular ao longo do tempo, a população tende a ocupar o leito maior, ficando sujeita ao impacto das inundações.” (BERTONI; TUCCI, 2003, p. 22). A figura 2 ilustra as modificações nos limites da área de inundação, provocadas pelo processo de urbanização.

Essas áreas em geral, pertencem ao poder público e são ocupadas por populações de baixa renda, sem alternativas diante do mercado imobiliário. Muitas vezes os Planos Diretores Municipais não restringem o uso dos locais com risco de inundação, em outros casos quando o zoneamento proposto é restritivo, há o desrespeito e as várzeas acabam sendo loteadas.

Este crecimiento urbano ha sido caracterizado por la expansión irregular de la periferia, con poca obediencia de la reglamentación urbana relacionada con el Plano Director y normas específicas de loteos, además de la ocupación irregular de las áreas públicas por población de baja renta. (BERTONI; TUCCI, 2003, p. 13).

**Figura 2** – Características das alterações em inundações de uma área rural para urbana.



**Fonte:** SCHUELER (1987, extraído de TUCCI, 2002, p.48).

Os impactos provocados pelas inundações são inúmeros:

- Prejuízos materiais às famílias residentes, como danos à moradia e móveis;
- Perda de vidas humanas, que se acentua pela proporção do fenômeno;
- Contaminação provocada por rompimento de redes coletoras de esgoto, resíduos sólidos, e extravasamento de tanques de efluentes domésticos e industriais;

- Propagação de doenças de veiculação hídrica;
- Desabastecimento de água potável e cortes de energia elétrica;
- Paralisação de atividades econômicas; entre outros.

As inundações representam 50% dos desastres naturais relacionados com a água, dos quais 20% ocorrem nas Américas (TUCCI, 2005, p.30). Esses dados reforçam a emergência das ações de controle, monitoramento e alarme de cheias. Segundo Kobiyama et al. (apud GOERL; KOBYIAMA; PELLERIN, 2011, p. 206), para controlar as inundações e mitigar os impactos, podem ser adotadas medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais, mais complexas e de custo elevado, abrangem obras de engenharia, tais como: barragens, diques, alargamento de rios, reflorestamento, etc. Em geral essas medidas modificam o sistema fluvial e, quando realizadas na bacia são ditas extensivas e quando as alterações acontecem no rio são chamadas intensivas (TUCCI, 2005, p.38). As medidas não estruturais geralmente envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e mapeamento do risco, são vantajosas pelo custo reduzido e efetividade. Tucci (2005) admite que o controle de inundações nos países em desenvolvimento

[...] geralmente não leva a uma solução sustentável. Existem, apenas, poucas ações isoladas de alguns poucos profissionais. Em geral, o atendimento à enchente somente é realizado depois de sua ocorrência. A tendência é que o problema fique no esquecimento após cada enchente, retornando na seguinte. (TUCCI, 2005, p.33).

Segundo BRASIL (2007, p.15), o problema das áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações nas cidades brasileiras pode ser sintetizado pela crise econômica e social com solução a longo prazo; política habitacional para baixa renda historicamente ineficiente; ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo; inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis aos riscos mencionados; inexistência de apoio técnico para as populações e cultura popular de “morar no plano”.

A responsabilidade na prevenção de inundações é da União; conforme a Constituição Federal artigo 21 inciso XVIII compete a União “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”. A Lei Federal nº 12.608 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC compartilha essa responsabilidade com os Estados e municípios “Art. 2º É dever da

União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre”.

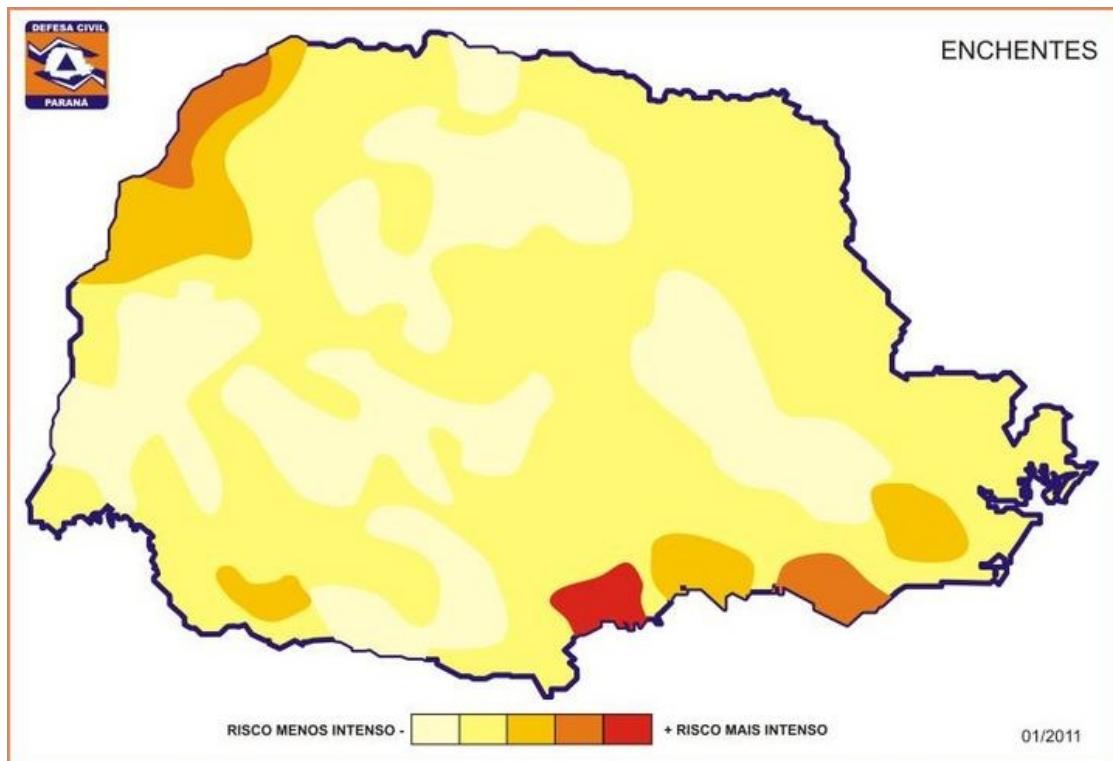
A PNPDEC abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil, tendo entre suas diretrizes:

III - a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres; IV - adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d’água; V - planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres no território nacional. (BRASIL, 2012).

Pode-se depreender nessas diretrizes que o estudo do risco deverá ser prioridade, articulando sua análise na bacia hidrográfica de maneira a consolidar ações preventivas. A realidade da gestão do risco no Brasil diverge de certa forma, do que é estabelecido na legislação.

Estudos sobre áreas de risco são bastante recentes, a exemplo do mapeamento realizado pela Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná que disponibilizou em janeiro de 2012, mapas temáticos de áreas vulneráveis e dos desastres mais recorrentes, a partir da organização dos dados referentes aos desastres ocorridos nos últimos 31 anos, ou seja, desde 1980 (Figura 3). Portanto, o planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco, ainda não está consolidado.

**Figura 3** – Mapeamento realizado pela Defesa Civil sobre as áreas de risco a enchentes no Estado do Paraná.



Fonte: Extraído de PARANÁ (2012).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água também foi relegada. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, as bacias hidrográficas devem ser geridas com base em planos que contenham diretrizes de uso e ocupação da bacia, elaborados por comitês, contudo no Paraná, das 16 bacias hidrográficas dez possuem comitês implantados: Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira; Tibagi; Jordão; Paranapanema; Piraponema; Cinza, Itararé, Paranapanema I e II; Paraná 3; Baixo Iguaçu; Baixo Ivaí e Bacia Litorânea (PARANÁ, 2013). Essa condição dificulta a análise de risco e planejamento por bacia hidrográfica. É relevante considerar ainda que em âmbito municipal nos planos diretores, o zoneamento urbano proposto dificilmente considera a bacia hidrográfica.

No que diz respeito à priorização de ações preventivas relacionadas à minimização de desastres, prevalecem nos investimentos governamentais as iniciativas de resposta aos danos provocados, como o socorro e assistência às populações atingidas por desastre e recuperação de áreas afetadas. Uma medida comum na prevenção das enchentes é o

desassoreamento de rios e canais, com a remoção de sedimentos e resíduos acumulados ao longo do tempo no leito.

Como a maioria das soluções sustentáveis passam por medidas não estruturais, que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará este tipo de solução, porque geralmente a população espera por uma obra. Enquanto que, para implementar as medidas não estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, que politicamente é complexo a nível local. (TUCCI, 2005, p.18).

A probabilidade de inundação em áreas urbanas tende a aumentar ou diminuir em função das características naturais do ambiente e das formas de uso e ocupação do solo. “O mapeamento da vulnerabilidade torna-se essencial para o gerenciamento de desastre, pois é através dele que se podem identificar áreas que potencialmente serão mais prejudicadas”. (GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2011, p. 217). A gestão do risco deve, portanto, contemplar, conforme sugerido em legislação específica, a execução de medidas preventivas, como o estudo e mapeamento de áreas de vulnerabilidade, buscando mitigar os possíveis danos.

### **2.3 Vulnerabilidade Socioambiental: a vulnerabilidade do lugar**

Áreas com características naturais que favorecem as enchentes e as inundações, onde em geral residem populações de menor poder aquisitivo e, desprovidas de infraestrutura urbana, têm uma probabilidade maior de sofrer com fenômenos hidrometeorológicos extremos. É a partir dessa premissa que a vulnerabilidade socioambiental é abordada nessa pesquisa.

Existem diversas definições de vulnerabilidade, assim como há para termos que suscitam discussões mais aprofundadas como globalização e sustentabilidade. A conceituação adotada dependerá de sua adequação ao objetivo do estudo ou àquilo que revela as intenções do discurso, ou seja, qual é o seu contexto teórico-metodológico. “A noção de vulnerável, do latim *Vulnerabilis*, corresponde ao ponto mais fraco ou que passa a ser mais *vulnerável*, mais acessível aos ataques.” (SÉGUIER, 1935 apud NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009, p. 396).

Ao tratar de vulnerabilidade é preciso considerar em primeira instância que não há uma vulnerabilidade absoluta. Um determinado indivíduo ou um grupo não está permanentemente vulnerável, essa condição relaciona-se ao *risco* a que se está referindo,

portanto, os indivíduos estarão vulneráveis, em maior ou menor escala, dependendo da sua condição no tempo e no espaço (CUTTER; BORUFF; SHIRLEI, 2003, p. 242). O conceito de risco e sua abordagem na Geografia foram anteriormente discutidos.

Embora os geógrafos sempre tenham enfocado a dimensão humana simultaneamente à física (os perigos só existiam a partir do momento que houvesse populações atingidas), estas novas preocupações davam uma atenção mais direta a processos socioeconômicos e a problemas eminentemente sociais. A vulnerabilidade aparece agora nestes três contextos (social, tecnológico e ambiental), e sua importância vai crescendo gradativamente. (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004, p. 6)

A análise do perigo, risco e vulnerabilidade avança no sentido de não somente avaliar a probabilidade de um grupo de indivíduos sofrer determinado dano, como também inferir quais são as condições que contribuem para a susceptibilidade e que definem sua capacidade de resposta ao dano causado. Dessa forma, a exposição ao risco, a potencialidade de consequências importantes e a capacidade de enfrentamento, são os elementos principais encontrados nos conceitos de vulnerabilidade.

Para tornar mais claro como os conceitos de perigo, risco e vulnerabilidade são convergentes, esclarecemos que de maneira reducionista são considerados perigos, as situações que causam dano às populações, como risco, a possibilidade de materialização do dano e como vulnerabilidade, a capacidade de resposta.

Uma maior exposição a riscos ambientais revela maior vulnerabilidade. Quando há redução de riscos de inundações a vulnerabilidade também diminui, ou seja, quanto maior o risco maior é a vulnerabilidade. A bibliografia traz diferentes abordagens sobre vulnerabilidade, fala-se em vulnerabilidade social, natural, ambiental e, mais recentemente, a vulnerabilidade socioambiental.

De acordo com Katzman (2000, apud CUNHA et al, 2007, p.147) a *vulnerabilidade social* “diz respeito à capacidade de uma pessoa ou família para aproveitar-se das oportunidades disponíveis em distintos âmbitos socioeconômicos, para melhorar a sua situação de bem-estar ou impedir sua deterioração”.

A condição de vulnerabilidade é, pois, socialmente construída. Ela será sempre definida a partir de um ponto de vista. Sabemos que os grupos sociais convivem com horizontes e expectativas de vida distintas: quanto mais estreito for o arco das expectativas, maior a propensão a aceitar condições, em outras circunstâncias, momentos e lugares, inaceitáveis. (ACSELRAD, 2006, p.3).

A *vulnerabilidade natural* está relacionada à resiliência dos elementos bióticos e abióticos em determinado meio, está mais relacionada ao conceito biológico. Segundo Scolforo et al (2003, p. 241) “a vulnerabilidade natural diz respeito à incapacidade de uma unidade espacial resistir e/ou recuperar-se após sofrer impactos decorrentes de atividades antrópicas consideradas normais”. Para o zoneamento e elaboração da carta de vulnerabilidade, os autores utilizaram como fatores condicionantes: a integridade da flora e da fauna, a susceptibilidade de solos à contaminação e à erosão, a susceptibilidade das rochas à contaminação de águas subterrâneas, a disponibilidade natural de água e as condições climáticas.

O conceito de vulnerabilidade natural está próximo ao de vulnerabilidade ambiental, o primeiro trata sobre a capacidade de resiliência e o segundo sobre as adversidades que interferem na estabilidade ecológica.

Vulnerabilidade ambiental consiste em qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que estão ocorrendo ou que venham a ocorrer, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre (ANDERSEN; GOSKEN, 1989, apud COSTA et al., 2006, p. 5).

Os estudos sobre vulnerabilidade ambiental têm crescido nos últimos anos, podendo-se citar a avaliação de bacias hidrográficas às pressões das atividades agroindustriais (FIGUEIREDO, 2010); instrumento de gestão costeira (NASCIMENTO; DOMINGUES, 2009); análise integrada para suporte à decisão (SILVA; NUNES, 2009).

Villa e McLeod (2002 apud FIGUEIREDO, 2010) apontam três passos necessários à construção de um método de avaliação da vulnerabilidade ambiental: definição do conceito de vulnerabilidade, escolha do sistema a ser avaliado e escolha e organização dos indicadores ambientais. A necessidade de adoção de um conceito deve-se às várias proposições e abordagens para o tema em questão. A avaliação da vulnerabilidade requer também a delimitação de um sistema e de seus elementos constituintes para que a partir de então sejam estabelecidos indicadores adequados ao que se pretende avaliar.

“In adding a physical component, vulnerability can be examined not just as a social or biophysical phenomenon, but as a complex interaction of two.” (CUTTER; BORUFF; SHIRLEI, 2003, p. 258). Essa concepção revela o significado da análise da vulnerabilidade, que deixa de ser somente ambiental ou social, para tornar-se socioambiental, em interação

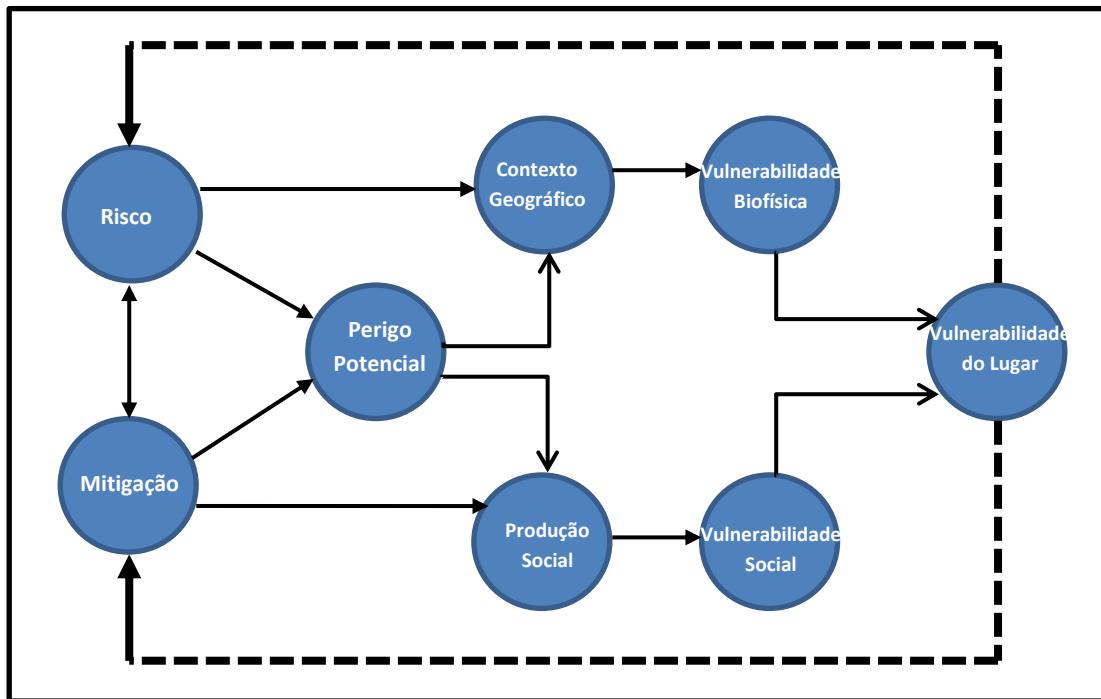
constante entre os fenômenos sociais e biofísicos, ou seja, um tema essencialmente geográfico.

Para fins metodológicos e analíticos, a vulnerabilidade socioambiental está sendo definida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais muito pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) e áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). Neste sentido, é justamente a combinação destas duas dimensões que está sendo considerada uma situação de vulnerabilidade socioambiental. (ALVES, 2006, p.43).

Concordamos com o conceito de vulnerabilidade socioambiental exposto por Alves (2006), uma vez que o risco, enquanto probabilidade de dano define-se pela fragilidade ambiental da área analisada, bem como pelo seu aspecto socioeconômico. Ao sobrepor as áreas de fragilidade ambiental, ou seja, mais susceptíveis a riscos, com as áreas ocupadas por população menos favorecidas econômica e socialmente, teremos então a identificação dos espaços de vulnerabilidade socioambiental.

A análise da vulnerabilidade é realizada sobre um espaço definido, considerando suas características sob os aspectos naturais, sociais, culturais, históricos e econômicos, logo, a vulnerabilidade socioambiental possui um recorte geográfico. Cutter (1996, p.533) afirma que “vulnerability is conceived as both a biophysical risk as well as a social response, but within a specific area or geographic domain”, o que define como “vulnerabilidade do lugar” (Figura 4).

**Figura 4** - Modelo “perigos do lugar” da vulnerabilidade.



**Fonte:** adaptado de CUTTER (2003).

A vulnerabilidade do lugar está relacionada ao risco e às ações tomadas para a mitigação do risco. A noção de risco remete a um perigo potencial que é gerado pelo contexto geográfico e pela produção social. O contexto geográfico estabelece a vulnerabilidade biofísica e a produção social leva a vulnerabilidade social, consideradas em conjunto, definirão a vulnerabilidade do lugar.

Alguns lugares estão menos sujeitos a desastres, outros se caracterizam por elevada sujeição. A questão posta é: de que forma e em que medida a população residente em áreas de risco está preparada para responder aos danos causados por fenômenos hidrometeorológicos extremos? “Vulnerability is a possible future states that implies high risk combined with an inability to cope.” (SMITH; PETLEY, 2009, p.15). É nesse ponto que se estabelece a vulnerabilidade de lugar, quando o risco existe e os grupos populacionais residentes o desconhecem, ou sequer possuem condições de enfrentamento.

Há uma estreita relação entre a localização espacial dos grupos que apresentam desvantagens sociais e aquelas áreas onde há risco de ocorrer algum evento adverso, ou seja, populações socialmente vulneráveis se localizam em áreas ambientalmente vulneráveis. (DESCHAMPS, 2004 apud SOUZA; ZANELLA, 2009, p.27).

Dessa forma, a vulnerabilidade diz respeito não somente à presença do risco, mas também à capacidade dos indivíduos em mitigar os danos. Essa capacidade dependerá das condições culturais e socioeconômicas, da infraestrutura urbana disponível e do acesso às políticas públicas. Os indivíduos socialmente vulneráveis terão possibilidades menores de responder aos danos.

As medidas de mapeamento, planejamento, zoneamento e controle do uso e ocupação do solo são essenciais para a redução do perigo, contudo, se faz necessário também o preparo dos locais e da comunidade para o enfrentamento de situações adversas. Os chamados “ajustamentos” (SOUZA; ZANELLA, 2009, p.51), possibilitam a mitigação dos danos, se configurando como ações de proteção definidas em função do tipo, frequência e intensidade de risco. Podem ser consideradas como ajustamento as medidas urbanísticas, como melhorias das vias, barragens, contenções, adequações de drenagem, manutenção da vegetação e meios de comunicação.

É neste quadro que se coloca a ampla gama de propostas de intervenção, políticas públicas e propostas de planejamento e gestão, que têm como objetivo diminuir as perdas (materiais e humanas) e aumentar a segurança. É igualmente importante aqui as ações coletivas e individuais no âmbito das comunidades, da família e outros círculos não governamentais, mas que também agem para aumentar o ajuste ao perigo, diminuindo assim o risco e sua própria vulnerabilidade. (MARANDOLA JR. & HOGAN, 2004, p. 5).

Os métodos para mitigação dos impactos das inundações são inúmeros, portanto a determinação das medidas estruturais ou não estruturais mais adequadas para cada área está vinculada à análise da vulnerabilidade do lugar. O diagnóstico dos lugares de vulnerabilidade socioambiental tem sido realizado com base em indicadores e índices, que trazem uma avaliação do risco e tentam estimar numericamente as condições de vulnerabilidade.

## 2.4 Diagnósticos de vulnerabilidade socioambiental: indicadores e índices

A construção de um método de avaliação da vulnerabilidade passa pelo entendimento da complexidade do fenômeno. A vulnerabilidade socioambiental é um processo e, por isso, quando para sua mensuração se faz uso de indicadores e índices, se está captando uma realidade processual e não uma realidade estática. “Since nature and society are interconnected at all scales of distance, and at all times, any change in one has the potential to affect the other.” (SMITH; PETLEY, 2009, p.15). A interação entre a natureza e sociedade é

constante e as transformações ocorrem em diferentes tempos e escalas, esse fato dificulta a compreensão da vulnerabilidade do lugar.

A utilização de indicadores permite a comparação entre situações atuais e futuras, e entre diferentes ambientes, ou seja, tem significação espaço-temporal. A projeção de cenários é facilitada, quando os indicadores embasam as pesquisas. “Os indicadores não são apenas um conjunto de dados, mas sim, **modelos** que simplificam um tema complexo a uns quantos números (índices) que possam ser facilmente tomados e entendidos por quem elabora políticas e pelo público em geral”. (DIAS, p. 40, 1997).

Os termos índice e indicador muitas vezes são colocados como sinônimos, para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004, p.10) “[...] indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem”. Garcias (2001, p.3) esclarece que,

Entende-se por *indicador* aquela informação que explicita o atributo que permite a qualificação das condições dos serviços, e por *índice* o parâmetro que mede o indicador, atribuindo-lhe valores numéricos. Ou seja, índice tem referência, sendo, portanto, a medida em relação a um certo referencial qualquer daquele indicador, obtido ou desejado em um determinado caso.

Modernamente, a avaliação ambiental para o planejamento territorial, tem cada vez mais recorrido ao uso de indicadores, procura-se demonstrar e comprovar numericamente, por meio de parâmetros e variáveis, as condições ambientais diagnosticadas. Em linhas gerais, na proposição da análise ambiental integrada, os indicadores são ferramentas que permitem a composição de bancos de dados flexíveis e que atendam aos objetivos que se buscam alcançar.

A prática tem mostrado que a ação de medir, como um instrumento indispensável para operacionalizar a implementação de políticas norteadoras do desenvolvimento humano, auxilia tanto os decisores quanto os cidadãos comuns a conceitualizar objetivos, estudar alternativas, fazer escolhas e ajustar dinamicamente as políticas e objetivos baseados na avaliação de seu estado atual. (BOLLMAN, 2001, p.1)

Pesquisas demonstram a viabilidade do uso de indicadores e índices na análise geográfica. Alves (2006) analisou a vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana, por meio da construção de indicadores que representavam as dimensões dessa vulnerabilidade: risco ambiental; degradação ambiental; e pobreza/vulnerabilidade social.

Zahran et al (2008) estudaram, com base em indicadores, a vulnerabilidade social e ambiental das vítimas das enchentes no Texas. Leal e Peixe (2010) estudaram os indicadores de sustentabilidade ambiental no Paraná com recorte para os recursos hídricos utilizando o geoprocessamento; Furlan, Lacruz e Sausen (2011) analisaram a vulnerabilidade socioeconômica à ocorrência de eventos extremos no Estado do Paraná; Gamba (2011) avaliou a vulnerabilidade socioambiental dos distritos do município de São Paulo ao processo de escorregamento; Almeida (2010) analisou as vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos, na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho no Ceará. Esses e outros autores demonstraram com suas pesquisas a viabilidade do uso de indicadores.

Segundo Leal e Peixe (2010, p. 677) a adoção de indicadores busca sintetizar a informação de caráter técnico e científico, preservando o essencial dos dados originais e utilizando apenas as variáveis que servem aos objetivos.

Se, por um lado, os índices sintéticos possuem a clara vantagem de uma comunicação ágil, são muitas as críticas a eles dirigidas. Argumenta-se, com propriedade, que indicadores sintéticos reduzem a dimensão das diferenças e escondem desigualdades e heterogeneidades internas às unidades de análise. (BRAGA; OLIVEIRA; GIVISIEZ, 2006, p.3).

Alves (2006) teve como metodologia geral do trabalho a construção de um sistema de informação geográfica, através do qual foi realizada a sobreposição da cartografia digital da rede hidrográfica à malha digital dos setores censitários do município de São Paulo. O autor adotou para a definição da vulnerabilidade social, a combinação de um indicador de privação social com indicadores demográficos, especialmente estrutura etária. Na categoria vulnerabilidade ambiental, analisaram-se os indicadores ambientais: proximidade de cursos d'água e cobertura de esgoto (Quadro 2). O objetivo da pesquisa foi identificar e caracterizar as situações (áreas) de sobreposição ou coexistência espacial entre vulnerabilidade social e risco/degradação ambiental, denominadas de situações de vulnerabilidade socioambiental. (ALVES, 2006, p.53)

**Quadro 2** – Indicadores propostos por Alves (2006) para análise de vulnerabilidades.

Categoria de vulnerabilidade	Indicadores
<b>Social</b>	- indicador de privação social - indicadores demográficos
<b>Ambiental</b>	- proximidade de cursos d'água - cobertura de esgoto
<b>Socioambiental</b>	- sobreposição ou coexistência espacial entre vulnerabilidade social e risco/degradação ambiental

**Fonte:** ALVES (2006) organizado por Crislaine Mendes.

Na avaliação da vulnerabilidade socioambiental dos distritos do município de São Paulo ao processo de escorregamento, Gamba (2011) escolheu variáveis infraestruturais, sociais e ambientais. Para a agregação das variáveis foram calculados Índices de Vulnerabilidade Infraestrutural, Índices de Vulnerabilidade Social e Índices de Vulnerabilidade Ambiental; a partir da média desses três índices foi gerado o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental ao processo de escorregamento (Quadro 3).

**Quadro 3** – Variáveis escolhidas por Gamba (2011) para a composição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

<b>Variáveis Infraestruturais</b>	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água da rede geral
	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – coletado
	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – rede geral de esgoto ou pluvial
<b>Variáveis Sociais</b>	Rendimento nominal mensal – pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
	Anos de estudo – pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
	Estimativas de população em favelas
<b>Variáveis Ambientais</b>	Temperatura aparente da superfície
	Cobertura vegetal por habitante
	Porcentagem de áreas com declividades superiores a 25°

**Fonte:** Gamba (2011, p. 145).

Furlan, Lacruz e Sausen (2011), ao analisarem a vulnerabilidade socioeconômica aos eventos extremos, utilizaram diversas variáveis em acordo com o tipo de evento, inserindo-as como componentes na elaboração índices de fragilidade física, fragilidade socioeconômica e falta de resiliência (Quadro 4).

**Quadro 4** – Índices e variáveis utilizadas por Furlan, Lacruz e Sausen (2011).

Índices Eventos	Fragilidade Física	Fragilidade Socioeconômica	Falta de Resiliência
<b>Inundações bruscas e graduais</b>	Declividade; Drenagem; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Percentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; Educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
<b>Estiagens</b>	Drenagem; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Percentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
<b>Granizo</b>	Hipsometria; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Percentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
<b>Vendavais</b>	Unidade de relevo; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Percentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.

**Fonte:** FURLAN; LACRUZ; SAUSEN (2011, p. 4545).

Em sua tese de doutoramento, Almeida (2010) analisou as vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos, na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho na região metropolitana de Fortaleza. Para essa análise, a pesquisadora utilizou-se da elaboração do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, definindo espaços onde ocorre a superposição de riscos e vulnerabilidades. A elaboração do índice se deu pela elaboração e sobreposição de dois outros índices e suas respectivas representações espaciais: o Índice de Vulnerabilidade Social – IVS e o Índice de Vulnerabilidade Físico-Espacial às Inundações – IVFI.

Para a definição do IVS foram selecionadas variáveis específicas da pesquisa do Censo 2000 do IBGE, totalizando 21 variáveis (Quadro 5). O IVFI foi elaborado com substrato na delimitação das áreas de inundação do rio Maranguapinho, de acordo com os referidos tempos de retorno. A delimitação das áreas de inundação e a definição dos tempos de retorno foram obtidas com base nos resultados de estudos hidrológicos e hidráulicos da bacia hidrográfica.

**Quadro 5** – Variáveis selecionadas por Almeida (2010) de acordo com os critérios de avaliação da vulnerabilidade social.

Critério de avaliação da Vulnerabilidade social	Variáveis
<b>Educação</b>	V1 - Média do número de anos de estudo das pessoas responsáveis por Domicílios particulares permanentes
	V2 - Domicílios particulares precários
	V3 - Domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral
<b>Condições de habitação e infraestrutura</b>	V4 - Domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário sem esgotamento sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica
	V5 - Domicílios particulares permanentes sem banheiro
	V6 - Domicílios particulares permanentes com lixo não coletado
	V7 - Domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores
<b>Estrutura etária</b>	V8 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de idade
	V9 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes de mais de 64 anos de idade
<b>Educação e estrutura etária</b>	V10 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados
	V11 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com 10 a 19 anos de idade
	V12 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade
<b>Renda</b>	V13 - Responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos
<b>Gênero e estrutura etária</b>	V15 - Mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de idade
<b>Gênero e educação</b>	V17 - Mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes
<b>Estrutura etária</b>	V18 - Pessoas com 0 a 14 anos de idade
	V19 - Pessoas de mais de 64 anos de idade
<b>Educação e estrutura etária</b>	V20 - Pessoas não alfabetizadas com 5 a 14 anos de idade
	V21 - Pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade

**Fonte:** Adaptado de ALMEIDA (2010, p. 208)

A semelhança metodológica para a análise da vulnerabilidade social, nas pesquisas anteriormente citadas, está no uso de variáveis divulgadas no Censo do IBGE, além de dados a nível municipal, quando pertinentes e disponíveis. Em geral, as informações são analisadas por setores censitários. Após a compilação das variáveis em indicadores, por meio de técnicas estatísticas, os pesquisadores reúnem os setores censitários com características comuns, utilizando *softwares* de geoprocessamento ou de cartografia automática. “Se esta agregação, por um lado, reduz a diversidade e a riqueza de situações de vulnerabilidade social, por outro, facilita muito a comparação entre os grupos, além de simplificar o cruzamento posterior com

as categorias de vulnerabilidade ambiental". (ALVES, 2006, p. 48). Em seguida, há a definição de classes de vulnerabilidade, de acordo com a variância dos indicadores.

Os indicadores físicos, para a análise da vulnerabilidade ambiental são escolhidos em acordo como a tipologia do risco analisado, escorregamento, inundações, entre outros. O procedimento para a definição de classes de vulnerabilidade também envolvem a formação de conjuntos com características semelhantes em *softwares* de geoprocessamento.

Com base nos indicadores ambientais e sociais são então elaborados os índices de vulnerabilidade socioambiental, utilizando-se expressões matemáticas. Em geral, essas expressões consideram o valor do indicador referente a cada recorte geográfico, comparando com o valor máximo e o valor mínimo encontrados na totalidade da área analisada.

The use of a reductionist technique such as factor analysis allows for a robust and consistent set of variables that can be monitored over time to assess any changes in overall vulnerability. The technique also facilitates replication of the variables at other spatial scales, thus making data compilation more efficient. (CUTTER; BORUFF; SHIRLEI, 2003, p. 251)

Tendo em vista a complexidade da vulnerabilidade socioambiental, pelo seu caráter processual, bem como pela diversidade de elementos a serem avaliados, o uso de indicadores e índices demonstra-se adequado à análise. Essa técnica é uma "representação parcial da realidade" (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007, p.301), mas que pode subsidiar o processo decisório, a partir da definição de indicadores adequados aos objetivos a que se propõe. Os índices que retratem, ainda que parcialmente, a interação dos aspectos sociais e ambientais na composição da vulnerabilidade e sua espacialização, podem ser replicados, desde que sejam utilizadas escalas adequadas e em situações semelhantes.

Dessa forma, para a análise da vulnerabilidade socioambiental a inundações da área urbana do município de Irati na bacia hidrográfica do Rio das Antas, a metodologia envolveu a definição de índices gerados a partir de indicadores ambientais e sociais. Os aspectos ambientais foram caracterizados pelas classes de declividade e de solo, comprimento dos canais de drenagem e uso do solo; os indicadores sociais foram aqueles disponibilizados pelo Censo IBGE 2010 referentes a cada setor censitário urbano localizado na bacia.

## CAPÍTULO 3

### MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

*O presente não é perceptível senão na superfície. Ele é trabalhado em profundidade por galerias subterrâneas, por correntes invisíveis, sob um solo aparentemente firme e sólido.*

*Edgar Morin*

### 3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

#### 3.1 Análise da Fragilidade Ambiental

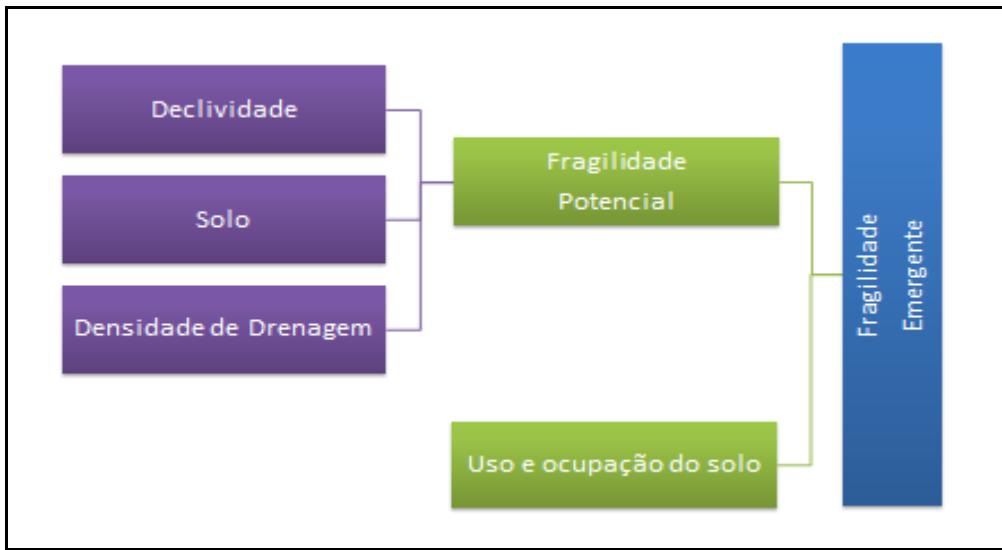
Para a identificação e análise das áreas sujeitas a riscos de inundações da área urbana do município de Irati-PR, na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, foi utilizado como método inicial o *Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de Declividade* proposto por ROSS (1994).

Conforme explicitado no capítulo 2, a Fragilidade Ambiental é definida a partir da análise, em um primeiro momento, dos elementos físicos e, posteriormente, das tipologias de uso e ocupação do solo, representados cartograficamente sobrepostos. Dessa forma, áreas de Fragilidade Ambiental Potencial e áreas de Fragilidade Ambiental Emergente são identificadas em diferentes graus. “É denominado de fragilidade potencial a vulnerabilidade natural do ambiente e de fragilidade ambiental a vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem”. (KAWAKUBO et al, 2005, p. 2204).

Para a determinação do risco a inundações na bacia hidrográfica do Rio das Antas foram elaboradas duas bases de dados (Figura 5). A primeira, com informações sobre tipos de solo, declividade e densidade de drenagem, que resultou por meio da análise integrada dos dados, no mapa de Fragilidade Potencial.

Na segunda base, a partir do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial com a carta de uso e ocupação do solo, foi gerado o mapa de Fragilidade Emergente. O entendimento é de que a Fragilidade Emergente está associada ao risco a inundações, uma vez que todas as variáveis analisadas (solo, declividade, densidade de drenagem e uso e ocupação do solo) são fatores convergentes a esse risco específico.

**Figura 5** – Metodologia de desenvolvimento dos mapas temáticos.



**Organização:** Crislaine Mendes.

Com algumas adaptações na metodologia de ROSS (1994), buscando compreender os fatores convergentes ao processo de inundação, cada uma das variáveis elencadas foi classificada em cinco graus diferenciados de fragilidade, conforme apresentado a seguir:

- Classes de Declividade – classe de fragilidade de muito baixa (1) a muito alta (5);
- Solos – classe de fragilidade muito baixa (1) a muito alta (5);
- Densidade de drenagem – classe de fragilidade de muito baixa (1) a muito alta (5);

Na elaboração das bases de dados e dos mapas multitemáticos foram utilizadas ferramentas de Geoprocessamento, por meio do *software* ArcGIS 9.3. Para Medeiros e Câmara (2001, p.1), os estudos de Mapeamento Temático visam caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros. Os mapas são ferramentas para a análise espacial, que subsidiam processos de zoneamento multifinalitários. Apesar de sua versatilidade e legitimidade enquanto método de planificação, o mapeamento deve utilizar uma escala adequada àquilo que se pretende analisar.

Para a caracterização da área e posterior elaboração dos mapas de fragilidade ambiental foram inicialmente gerados, para a totalidade da bacia do Rio das Antas, os mapas temáticos de hipsometria, declividade, solo, hidrografia, geologia e de uso e ocupação do solo.

Na confecção dos mapas temáticos iniciais foram utilizadas, como base cartográfica primária, cartas do perímetro da Bacia do Rio das Antas e da malha urbana de Irati, disponibilizadas pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR e cartas dos setores censitários do município de Irati, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, todas em arquivos eletrônicos no formato *shapefile*, escala 1:250.000, Sistema de Projeção UTM - Fuso 22 Sul. Apesar da escala não ser apropriada para trabalhar com a área urbana, especialmente no que se refere ao solo e declividade, não havia cartas disponíveis com maiores detalhes.

Os mapas de hidrografia, geologia e solo (Figuras 9, 12 e 13) foram obtidos junto ao Instituto de Terras Cartografia e Geociências – ITCG, também na escala 1:250.000 e Sistema de Projeção UTM. O mapa de solos disponibilizado pelo ITCG utiliza a classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. As cartas foram importadas para o *software* ArcGIS 9.3 e por meio da ferramenta *Clip* foram gerados os mapas relativos à da Bacia do Rio das Antas.

Para a elaboração dos mapas de hipsometria e declividade (Figuras 10 e 11), foram utilizadas imagens SRTM disponibilizadas pela EMBRAPA (cartas SG-22-X-A e SG-22-X-C), no formato GEOTIFF (16 bits), resolução espacial de 90 metros, Sistema de Projeção UTM, articulação compatível com a escala 1:250.000, com equidistâncias das curvas de nível de 30 metros. Em ambiente ArcGIS, foi gerado o mosaico e extraído o perímetro da bacia, e realizada a composição colorida da imagem e posterior classificação em *symbology/classified* método “definição de intervalo” para a elaboração da carta de altimetria. Para a confecção do mapa de declividade, utilizou-se a extensão *3D Analyst*, para que a imagem fosse transformada em *slope*.

O mapa de uso e ocupação do solo foi gerado a partir de imagens SPOT 5, de 2005, órbita 22 Sul, bandas RGB123, disponibilizadas pela SANEPAR. Após o mosaico das imagens e extração do perímetro da bacia, adotou-se para o mapeamento uma abordagem classificatória supervisionada. Foram definidas cinco classes de uso: área urbanizada, solo exposto, atividade agropastoril, mata e corpos d’água. A imagem foi classificada por processo de interpretação e vetorização sobre tela. São traçados polígonos de acordo com amostras selecionadas pelo usuário, associados às classes temáticas correspondentes. Em seguida, todos os pixels agrupados numa dada região, de características similares, são mapeados para uma mesma classe temática.

Após a elaboração da base de dados geoambientais para a Bacia do Rio das Antas, foram gerados os mapas temáticos da área urbana, mais especificamente, para os 57 setores censitários urbanos do município de Irati. Os mapas de solo, densidade de drenagem e declividade definiram a fragilidade ambiental potencial da área urbana, pela atribuição de valores às classes de fragilidade, conforme metodologia apresentada a seguir.

### 3.1.1 Fragilidade Ambiental Potencial

A partir das cartas temáticas de declividade e solo, referentes à área urbana, foram definidas classes de fragilidade ambiental potencial, com valores de 1 a 5, variando de muito baixa a muito alta.

Para estabelecer os intervalos das classes fragilidade à declividade, foram utilizados os intervalos abaixo relacionados (Quadro 6), onde as classes de declividade foram hierarquizadas em cinco categorias de acordo com sua fragilidade às inundações:

**Quadro 6** – Classes de Fragilidade das Declividades.

Fragilidade	Categorias hierárquicas	Código
Muito Alta	Até 6%	5
Alta	De 6 a 12%	4
Média	De 12 a 20%	3
Baixa	De 20 a 30%	2
Muito Baixa	Acima de 30%	1

**Organização:** Crislaine Mendes.

Com relação aos tipos de solo foram considerados como mais frágeis aqueles com menor permeabilidade. O entendimento é que solos de menor permeabilidade têm maior influência nos processos de inundações.

Os solos definem as quantidades de chuvas que infiltram ou que excedem para escoar na superfície do terreno. Considerando que a viagem da água sobre a superfície é mais rápida, tornando-se cada vez mais lenta em profundidade, pode-se dizer que os solos determinam o volume do escoamento da chuva, a sua distribuição temporal e as descargas máximas, tanto em superfície como em subsuperfície. (NETTO, 2009, p. 114)

Dessa forma a fragilidade do solo foi estabelecida com a descrição contida no Quadro 7:

**Quadro 7 – Classes de Fragilidade do Solo.**

Fragilidade	Categorias hierárquicas	Código
Muito Baixa	LV	1
Alta	PVA	4
Média	CX1	3
Média	CX2	3
Baixa	NX	2

PVA = Argissolos vermelho-amarelos distróficos; CX1 = Cambissolos háplicos alumínicos; CX1 = Cambissolos háplicos tb distróficos; LV = Latossolos vermelhos distróficos; NX=Nitossolos háplicos alumínicos.

Fonte: BHERING (2007); Adaptado de KAWAKUBO et al (2005)

Na base de dados, utilizando a extensão *Spatial Analyst - Zonal Statistics* em ambiente ArcGIS, foram calculados os valores principais do arquivo *raster* para cada campo “setor censitário”. A ferramenta *Zonal Statistics* faz o cálculo estatístico dos valores do arquivo *raster* dentro das zonas de outro conjunto de dados.

Os valores de fragilidade do *raster* declividade e solo foram integrados ao conjunto de dados do *feature* setores censitários. Dessa forma, as classes de fragilidade foram associadas a cada um dos 57 setores censitários.

As classes de fragilidade de densidade de drenagem (Quadro 8) foram estabelecidas de acordo com o comprimento de canais em cada setor censitário calculados com a utilização da ferramenta ‘Statistics’ na tabela de atributos. O entendimento foi que quanto maior o comprimento dos canais de drenagem no setor censitário, maior a sua fragilidade, pois as ações antrópicas naqueles setores interferem no fluxo da drenagem, aumentando a possibilidade de inundações no respectivo setor.

**Quadro 8 – Classes de Fragilidade de Densidade de Drenagem.**

Fragilidade	Categorias hierárquicas	Código
Muito Baixa	Até 50m	1
Baixa	De 50 a 1000m	2
Média	De 1000 a 3000m	3
Alta	De 3000 a 5000m	4
Muito Alta	Acima de 5000m	5

**Organização:** Crislaine Mendes.

A classificação das variáveis: declividade, solo e densidade de drenagem resultou em uma combinação numérica de três dígitos. O primeiro relacionado à declividade, o segundo à densidade de drenagem e o terceiro ao solo (ex: 111, 121, 234, 342, 555), o conjunto

numérico 111 representa todas as variáveis favoráveis (fragilidade muito baixa), e o conjunto numérico 555 apresenta todas as variáveis desfavoráveis (fragilidade muito forte). A combinação entre as variáveis fixou graus de fragilidade ambiental potencial, distintos para a área, conforme Quadro 9.

**Quadro 9** – Matriz de definição da Fragilidade Potencial considerando as variáveis:  
Declividade, Densidade de Drenagem e Solo.

Fragilidade Ambiental Potencial	Declividade, Densidade de Drenagem e Solo				
	1	2	3	4	5
1 - Muito Baixa	111, 112, 113, 114, 115	121, 122, 123, 124, 125	131, 132, 133, 134, 135	141, 142, 143, 144, 145	151, 152, 153, 154, 155
2 - Baixa	211, 212, 213, 214, 215	221, 222, 223, 224, 225	231, 232, 233, 234, 235	241, 242, 243, 244, 245	251, 252, 253, 254, 255
3 - Média	311, 312, 313, 314, 315	321, 322, 323, 324, 325	331, 332, 333, 334, 335	341, 342, 343, 344, 345	351, 352, 353, 354, 355
4 - Alta	411, 412, 413, 414, 415	421, 422, 423, 424, 425	431, 432, 433, 434, 435	441, 442, 443, 444, 445	451, 452, 453, 454, 455
5 - Muito Alta	511, 512, 513, 514, 515	521, 522, 523, 524, 525	531, 532, 533, 534, 535	541, 542, 543, 544, 545	551, 552, 553, 554, 555

**Organização:** Crislaine Mendes.

Os valores das classes de fragilidade à declividade, densidade de drenagem e solo foram adicionados à tabela de atributos, gerando uma combinação numérica para cada setor censitário. Por meio da combinação estabelecida na matriz foi possível inserir um campo para cada setor com o grau de Fragilidade Ambiental Potencial.

### 3.1.2 Fragilidade Ambiental Emergente

O mapa de fragilidade emergente foi obtido através da associação do mapa de fragilidade potencial com o mapa de uso e ocupação do solo, revelando dessa forma, a interferência da ação humana sobre o risco de inundações.

Para a elaboração do mapa temático de uso e ocupação do solo, foram também definidas cinco classes de fragilidade (Quadro 10). Posteriormente, utilizando a extensão *Spatial Analyst - Zonal Statistics* em ambiente ArcGIS, foram calculados os valores do arquivo

raster para cada campo “setor censitário” e, as classes de fragilidade foram então associadas a cada um dos setores censitários.

**Quadro 10 – Classes de Fragilidade de Uso e Ocupação do Solo.**

Fragilidade	Categorias hierárquicas	Código
Muito Baixa	Corpos d’água	1
Baixa	Mata	2
Média	Atividade agropastoril	3
Alta	Solo exposto	4
Muito Alta	Urbano	5

**Organização:** Crislaine Mendes.

O cruzamento entre as classes de uso e ocupação do solo e classes de fragilidade ambiental potencial de cada um dos setores censitários foi realizado a partir de uma matriz de definição da Fragilidade Emergente (Quadro 11). A combinação numérica entre as variáveis fixou graus distintos de fragilidade ambiental emergente para a área.

**Quadro 11 – Matriz de definição da Fragilidade Emergente considerando a Fragilidade Potencial e as Classes de Uso e Ocupação do Solo.**

Fragilidade Ambiental Emergente		Classes de uso e ocupação do solo				
		1	2	3	4	5
Muito Baixa	1	11	12	13	14	15
	2	21	22	23	24	25
	3	31	32	33	34	35
	4	41	42	43	44	45
	5	51	52	53	54	55

**Organização:** Crislaine Mendes.

Posteriormente ao estudo da fragilidade ambiental da Bacia do Rio das Antas, buscando comprovar a hipótese de que a vulnerabilidade socioambiental é maior em áreas de risco, e de que o risco é maior para pessoas com menor poder aquisitivo, foi aplicado o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA, para a área urbana do município de Irati na bacia hidrográfica do Rio das Antas. O estudo da vulnerabilidade socioambiental também utilizou ferramentas do geoprocessamento.

### 3.2 Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

Como a vulnerabilidade socioambiental está relacionada com a capacidade de resposta dos grupos populacionais aos eventos danosos, nesta etapa foi elaborada uma base de dados com os indicadores socioeconômicos e também com indicadores infraestruturais.

Considerando os trabalhos desenvolvidos nessa temática (ALVES, 2006; LEAL; PEIXE, 2010; ALMEIDA, 2010; FURLAN; LACRUZ; SAUSEN, 2011; GAMBA, 2011), analisando as características da bacia hidrográfica e remetendo aos objetivos da pesquisa foram selecionados os índices e indicadores mais adequados à composição do IVSA, de acordo com o exposto no Quadro 12. As variáveis utilizadas na composição de cada indicador são aquelas constantes do Censo 2010 do IBGE e foram analisadas por setor censitário.

**Quadro 12 – Índices e indicadores para a determinação do IVSA.**

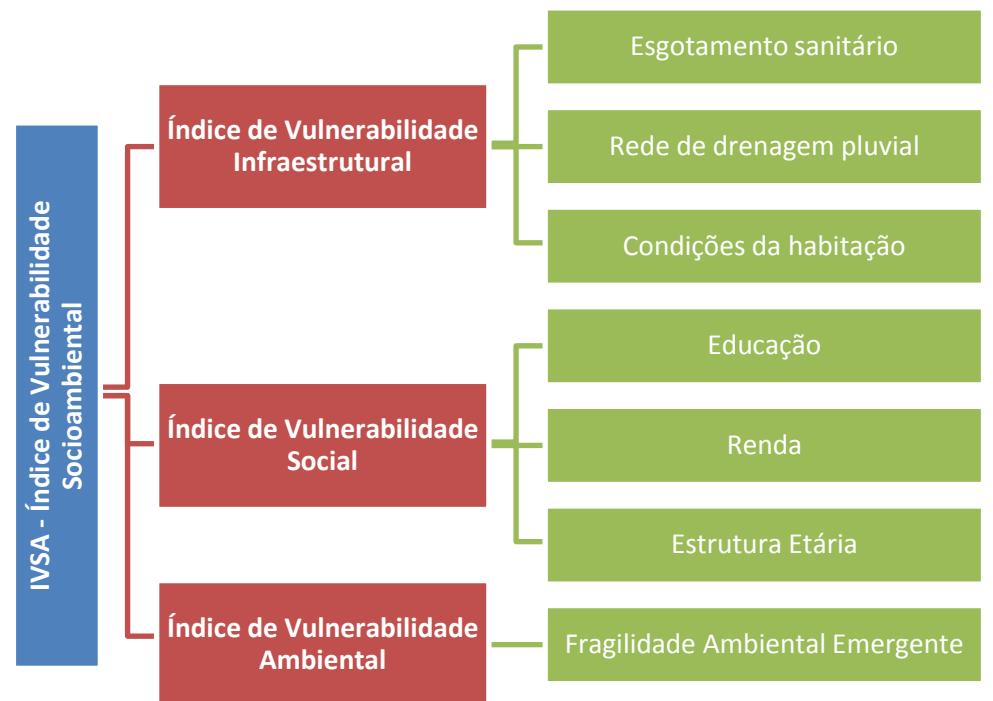
Índices	Indicadores
Infraestrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esgotamento sanitário</li> <li>- Rede de drenagem pluvial</li> <li>- Condições da habitação</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Educação</li> <li>- Renda</li> <li>- Estrutura Etária</li> </ul>
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragilidade Ambiental Emergente</li> </ul>

**Organização:** Crislaine Mendes.

Para a determinação de cada indicador foram levantadas as variáveis pertinentes e, a partir do cálculo de grupos de indicadores, foi gerado o Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural, o Índice de Vulnerabilidade Social e o Índice de Vulnerabilidade Ambiental. A obtenção do IVSA foi dada pela ponderação dos três índices propostos.

A figura 6 aponta a metodologia utilizada para a definição dos Índices de Vulnerabilidade Infraestrutural e Social, ressalta-se que o Índice de Vulnerabilidade Ambiental foi definido a partir da Fragilidade Ambiental Emergente.

**Figura 6** – Estrutura de obtenção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.



Utilizando os dados do Censo 2010, foram selecionadas 32 variáveis de origem que, após reclassificação, resultaram em 13 variáveis sintéticas, distribuídas entre seis indicadores: esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial, condições da habitação, educação, renda e estrutura etária (Quadro 13).

O valor dos indicadores resultou da média entre as variáveis sintéticas. Dessa forma, para cada setor censitário, foram gerados seis indicadores específicos. Ainda para cada setor foram calculados índices baseados nos indicadores, o que resultou em seis índices ( $I_{ESG}$ ,  $I_{DRE}$ ,  $I_{HAB}$ ,  $I_{EDU}$ ,  $I_{REN}$ ,  $I_{ETA}$ ) para cada uma das unidades censitárias (Quadro 14 e Anexo).

**Quadro 13** – Variáveis de origem e variáveis sintéticas utilizadas na composição dos indicadores.

	VARIÁVEIS SINTÉTICAS	VARIÁVEIS ORIGEM
Esgotamento sanitário	<b>Va - Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e sem esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial e fossa séptica.</b> Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01.xls)	<b>V019</b> Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar <b>V020</b> Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala <b>V021</b> Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar

		<b>V022</b> Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro
	<b>Vb - Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário.</b> Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01.xls)	<b>V023</b> Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário
<b>Drenagem</b>	<b>Vc - Domicílios particulares permanentes próprios, alugados e cedidos – Não existe pavimentação.</b> Arquivo Entorno 01 (planilha Entorno 01.xls)	<b>V015</b> Domicílios particulares permanentes próprios – Não existe pavimentação <b>V017</b> Domicílios particulares permanentes alugados – Não existe pavimentação <b>V019</b> Domicílios particulares permanentes cedidos – Não existe pavimentação
	<b>Vd - Domicílios particulares permanentes, próprios, alugados e cedidos – Não existe bueiro/boca-de-lobo.</b> Arquivo Entorno 01 (planilha Entorno 01.xls)	<b>V033</b> Domicílios particulares permanentes próprios – Não existe bueiro/boca-de-lobo <b>V035</b> Domicílios particulares permanentes alugados – Não existe bueiro/boca-de-lobo <b>V037</b> Domicílios particulares permanentes cedidos – Não existe bueiro/boca-de-lobo
<b>Condições da habitação</b>	<b>Ve - Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos).</b> Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01.xls)	<b>V011</b> Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos)
	<b>Vf - Domicílios particulares permanentes sem lixo coletado.</b> Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01.xls)	<b>V038</b> Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade <b>V039</b> Domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade <b>V040</b> Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro <b>V041</b> Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar <b>V042</b> Domicílios particulares permanentes com outro destino do lixo
		<b>V055</b> Domicílios particulares permanentes com 6 moradores
		<b>V056</b> Domicílios particulares permanentes com 7 moradores
		<b>V057</b> Domicílios particulares permanentes com 8 moradores
		<b>V058</b> Domicílios particulares permanentes com 9 moradores
		<b>V059</b> Domicílios particulares permanentes com 10 ou mais moradores
	<b>Vg - Domicílios particulares permanentes com seis ou mais moradores.</b> Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01.xls)	
	<b>Vh - Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada.</b> Arquivo Entorno 02 (planilha Entorno 02.xls)	<b>V206</b> Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada – Existe identificação do logradouro <b>V207</b> Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada – Não existe identificação do logradouro
<b>Educação</b>	<b>Vi - Responsáveis alfabetizados(as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares.</b> Arquivo Alfabetização, total (planilha Pessoa01.xls)	<b>V078</b> Responsáveis alfabetizados(as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares

<b>Renda</b>	<b>Vj - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos.</b> Arquivo Renda da Pessoa Responsável (planilha ResponsavelRenda.xls)	<b>V001</b> Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1/2 salário mínimo
		<b>V002</b> Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo
		<b>V003</b> Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos
		<b>V004</b> Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos
<b>Estrutura etária</b>	<b>Vk - Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal.</b> Arquivo Renda da Pessoa Responsável (planilha ResponsavelRenda.xls)	<b>V010</b> Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal
	<b>VI - Pessoas Responsáveis com 10 a 19 anos de idade.</b> Arquivo Responsável pelo domicílio, total e homens (planilha Responsável02.xls)	<b>V002</b> Pessoas Responsáveis com 10 anos de idade a <b>V011</b> Pessoas Responsáveis com 19 anos de idade
	<b>Vm - Pessoas responsáveis com mais de 64 anos de idade.</b> Arquivo Responsável pelo domicílio, total e homens (planilha Responsável02.xls)	<b>V056</b> Pessoas Responsáveis com 64 anos de idade a <b>V092</b> Pessoas Responsáveis com 100 ou mais anos de idade

**Organização:** Crislaine Mendes.

**Quadro 14 –** Exemplo de estruturação dos indicadores para a composição dos índices de esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial, condições da habitação, educação, renda e estrutura etária.

Indicadores_INFRA			Indicadores_SOC			Índices_INFRA			Índices_SOC		
Iesg	Idre	Ihab	Iedu	Iren	Ieta	I_ESG	I_DRE	I_HAB	I_EDU	I_REN	I_ETA
0,5	58	1,75	181	65	12,5	0,008333	0,198971	0,104478	0,472585	0,306024	0,315789
0	31,5	2,75	194	59,5	26	0	0,108062	0,164179	0,506527	0,279518	0,671053
0,5	22,5	2	239	56,5	36,5	0,008333	0,077187	0,119403	0,624021	0,26506	0,947368

**Organização:** Crislaine Mendes.

O valor de cada índice foi calculado de acordo com a proposição de Morato (2008), que utilizou em sua pesquisa a mesma metodologia do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, para o cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso em longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. Criado por Mahbub ul Haq com a colaboração do economista indiano Amartya Sen, o IDH pretende ser uma medida geral e sintética que, apesar de ampliar a perspectiva sobre o desenvolvimento humano, não abrange nem esgota todos os aspectos de desenvolvimento (PNUD, 2013).

Na expressão “ $I_n$ ” o valor de cada indicador é igual ao quociente: a diferença entre o valor observado e o mínimo possível e a diferença entre os limites máximos e os mínimos possíveis.

$$I_n = (V_{ix} - V_{i.mín}) / (V_{i.máx} - V_{i.mín})$$

Onde:

$I_n$  – Índice de n

$V_{ix}$  – Valor do indicador i no setor censitário x

$V_{i.mín}$  – Valor mínimo do indicador i entre todos os setores censitários

$V_{i.máx}$  – Valor máximo do indicador i entre todos os setores censitários

Os índices de esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial e condições de habitação formaram, por meio do cálculo da média, o Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural – IVINFRA e os índices de renda, educação e estrutura etária resultaram no Índice de Vulnerabilidade Social - IVSOC. O Índice de Vulnerabilidade Ambiental – IVAMB resultou da mensuração da Fragilidade Emergente.

A partir da média entre o IVINFRA, IVSOC, IVAMB e, posteriormente, utilizando a expressão “ $I_n$ ”, foi definido o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA. No cálculo do índice, o valor de cada indicador é igual ao quociente: a diferença entre o valor observado e o mínimo possível e a diferença entre os limites máximos e os mínimos possíveis. O cálculo resultou em um índice para cada setor censitário, exemplificado no Quadro 15.

**Quadro 15** – Exemplo de planilha de estruturação IVINFRA, IVSOC e IVAMB para a definição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA.

Índ_INFRA	Índ_SOC	Índ_AMB	Média Índices	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
0,104	0,365	5	1,823	0,710
0,091	0,486	5	1,859	0,745
0,068	0,612	5	1,893	0,778

**Organização:** Crislaine Mendes.

O índice IVAMB permitiu identificar as áreas de vulnerabilidade biofísica, já os índices IVINFRA e IVSOC refletiram os aspectos da produção social, ou seja, as vulnerabilidades sociais. A união dos três índices resultou no IVSA que retratou a conjuntura de cada um dos 57 setores censitários na área urbana da bacia hidrográfica do Rio das Antas.

## CAPÍTULO 4

### A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS

*A problemática ambiental não é ideologicamente neutra nem é alheia aos interesses econômicos e sociais. Sua gênese dá-se num processo histórico dominado pela expansão do modo de produção capitalista, pelos padrões tecnológicos gerados por uma racionalidade econômica guiada pelo propósito de maximizar os lucros e os excedentes econômicos em curto prazo, numa ordem econômica mundial marcada pela desigualdade entre nações e classes sociais. Esse processo gerou, assim, efeitos econômicos, ecológicos e culturais desiguais sobre diferentes regiões, populações, classes e grupos sociais, bem como perspectivas diferenciadas de análise.*

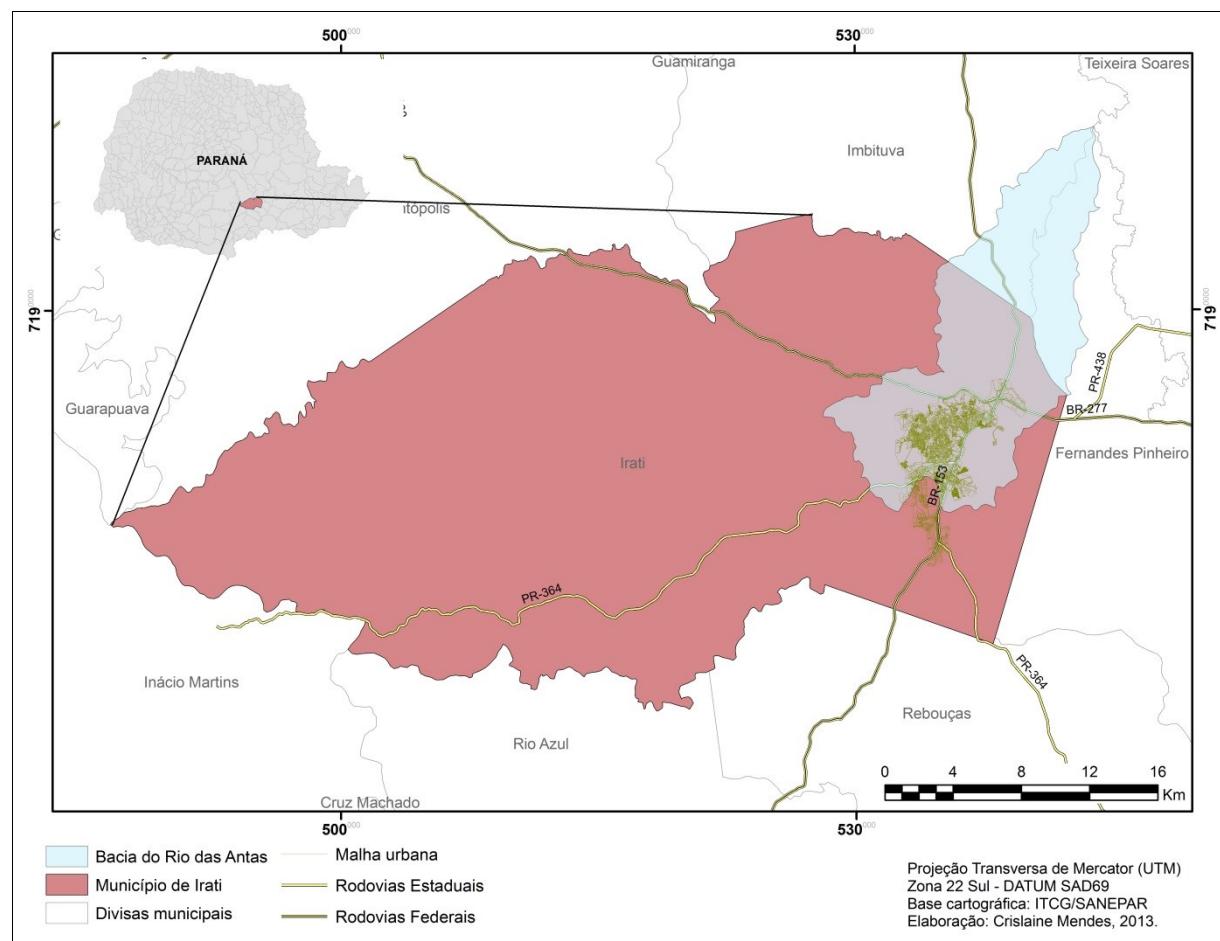
*Henrique Leff*

## 4 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS

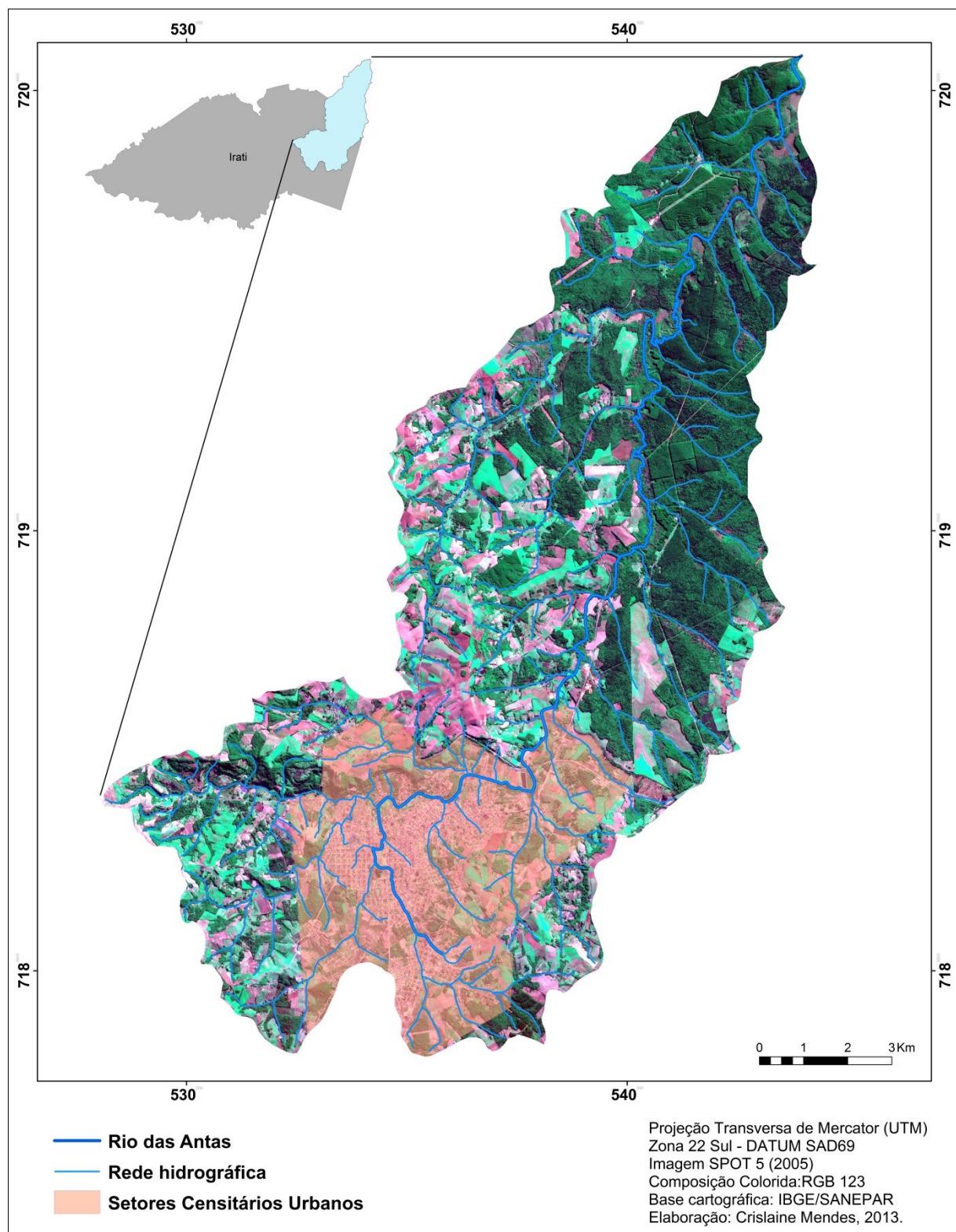
### 4.1 Caracterização dos aspectos geoambientais

A bacia hidrográfica do rio das Antas está localizada nos municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva e Irati, no Estado do Paraná (Figura 7). Possui área de 166,73km<sup>2</sup> e integra a bacia hidrográfica do Alto Tibagi. O rio das Antas nasce na zona rural, na serra do Nhapindazal e tem quase todo o seu percurso no município de Irati, chegando ao perímetro urbano após 1,5km e percorre diversos bairros inclusive o centro da cidade (Figuras 8 e 9). Após receber vários tributários deságua no Rio Imbituva, que é manancial de abastecimento do município, e contribuinte do Rio Tibagi.

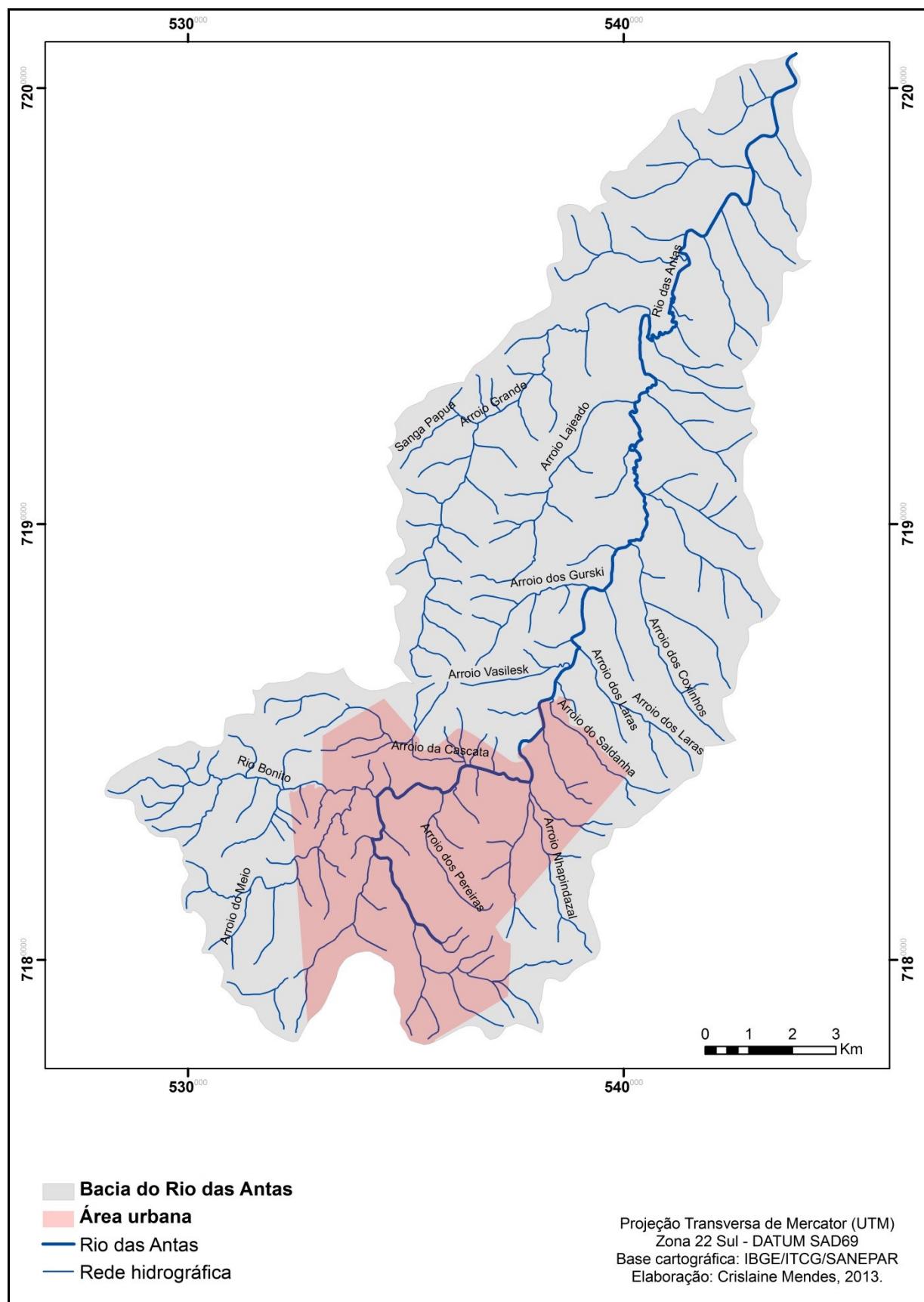
**Figura 7** – Localização da Bacia hidrográfica do Rio das Antas



**Figura 8** – Irati/PR: Área urbana na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas.



**Figura 9 – Bacia hidrográfica do Rio das Antas.**



O clima, segundo Köepen, é do tipo Cfb (temperado), onde há frequentes geadas no inverno, com temperaturas médias máximas de 24°C; médias mínimas de 11°C, médias mensais de precipitação pluviométrica de 194 mm e média mensal de umidade relativa do ar de 80%.

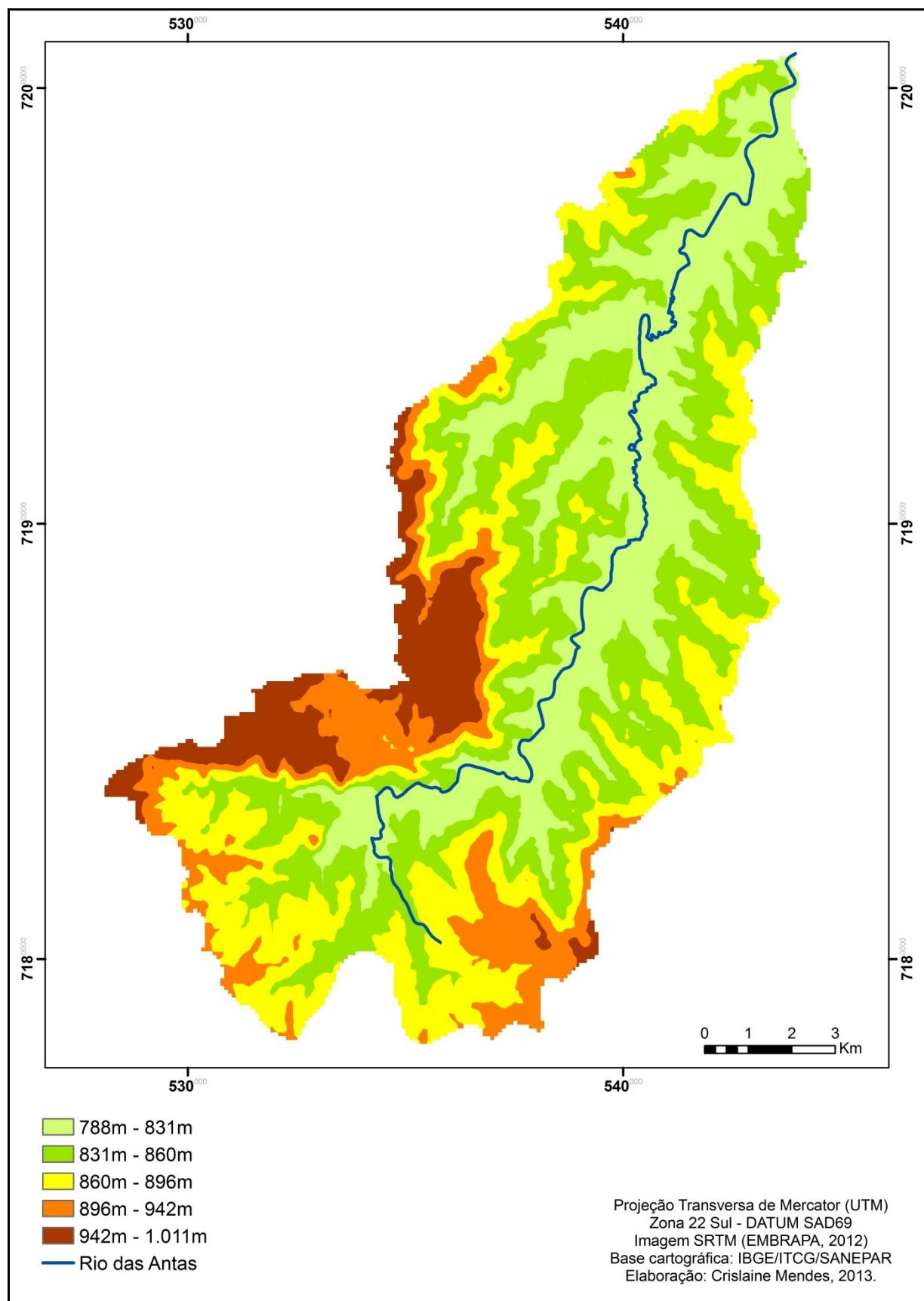
Quanto à geologia, a bacia do Rio das Antas, está localizada à Sudoeste do Segundo Planalto Paranaense, Planalto de Ponta Grossa ou Planalto dos Campos Gerais que, possui seus limites a leste com a Escarpa Devoniana e, a oeste, com a Escarpa da Esperança<sup>4</sup> (Serra Geral). O Segundo Planalto está sobre a Bacia Sedimentar do Paraná que “corresponde a uma extensa depressão deposicional situada na parte centro-leste do continente sul-americano” (PINESE, 2002, p.21). A unidade morfoescultural do Segundo Planalto Paranaense engloba as seguintes subunidades (MINEROPAR, 2006): Planaltos de São Luiz do Purunã, do Alto do Ivaí, de Ortigueira, de Santo Antônio da Platina, de Jaguariaíva, de Tibagi, de Ponta Grossa, do Guatá, de São Mateus do Sul, de Irati, de Prudentópolis e os Residuais da Formação Teresina. Há predominância do Planalto de Ponta Grossa caracterizado por grau de dissecação médio, topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas, apresentando vales em “U”, com altitude variando de 480 a 1.080 m (Figura 10).

Os aspectos geológicos contribuem para a formação de um solo raso com declividades entre 8% a 25%, com o aparecimento de áreas com declividades superiores a 45% (ANTONELI; BEDNARZ, 2010). As áreas de maior declividade estão situadas na porção oeste da bacia, apresentando declividade acima de 30%. Declividades de 6% a 12% são predominantes na área analisada, sendo que próximas aos canais de drenagem são menores que 6% (Figura 11).

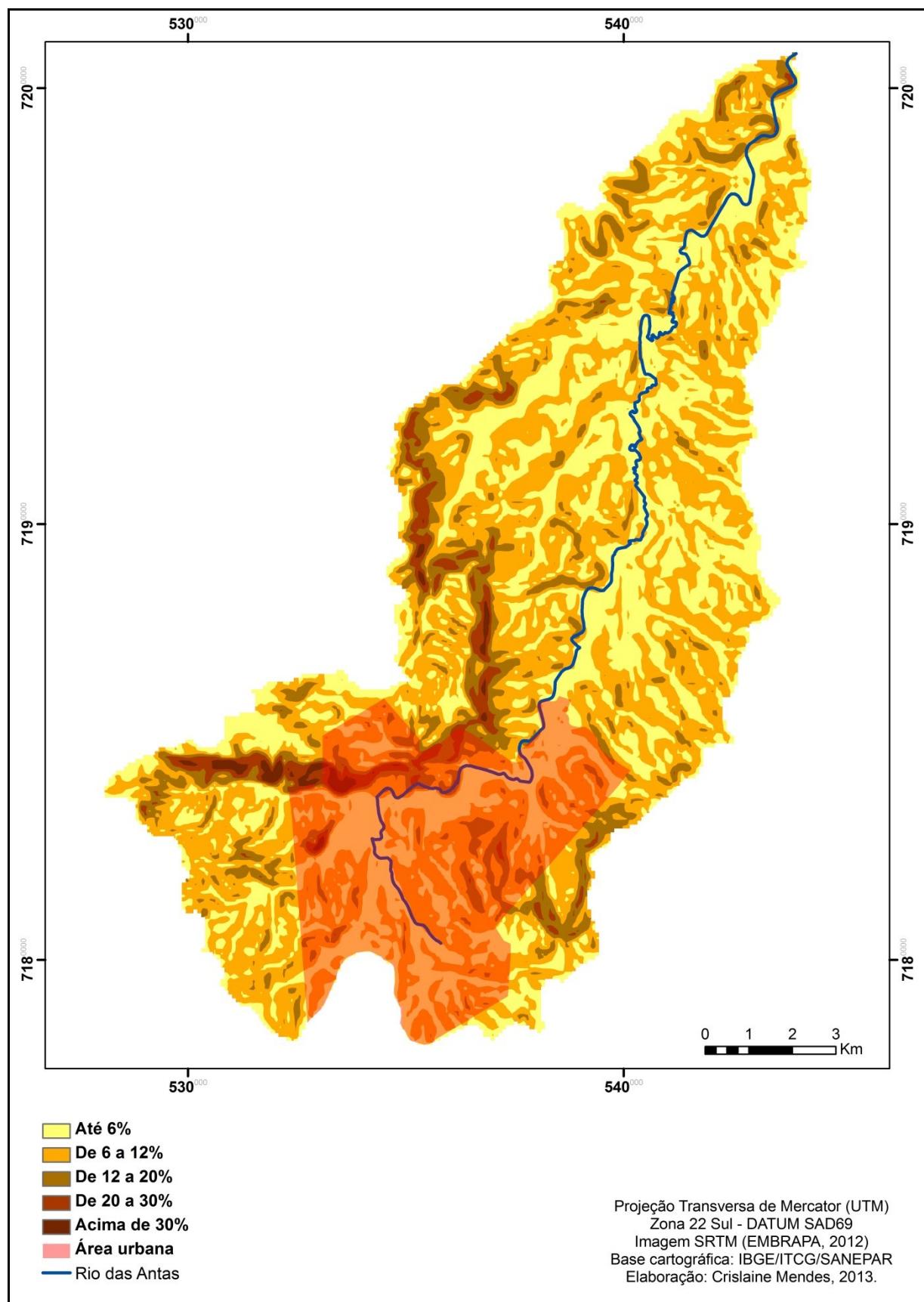
---

<sup>4</sup> Com o Decreto Estadual nº 9905 de 27 de janeiro de 1992, a Serra da Esperança tornou-se uma Área de Preservação Ambiental (APA).

**Figura 10** – Carta Hipsométrica da Bacia do Rio das Antas.



**Figura 11 – Classes de Declividade na Bacia do Rio das Antas.**



A bacia do Rio das Antas situa-se na zona fisiográfica de Irati, sobre a Formação Teresina que é caracterizada pela presença de siltitos acinzentados com intercalações de calcários micrítico e estromatolítico, laminação paralela, ondulada, “flaser” e gretas de contração (Quadro 16 e Figura 12). Associada à Formação Teresina, encontra-se a Formação Rio do Rasto, constituída de argilitos e siltitos avermelhados. De modo geral, a base está constituída por siltitos e arenitos esverdeados e arroxeados e, no topo, encontram-se os argilitos e siltitos avermelhados, com várias intercalações de lentes de arenitos.

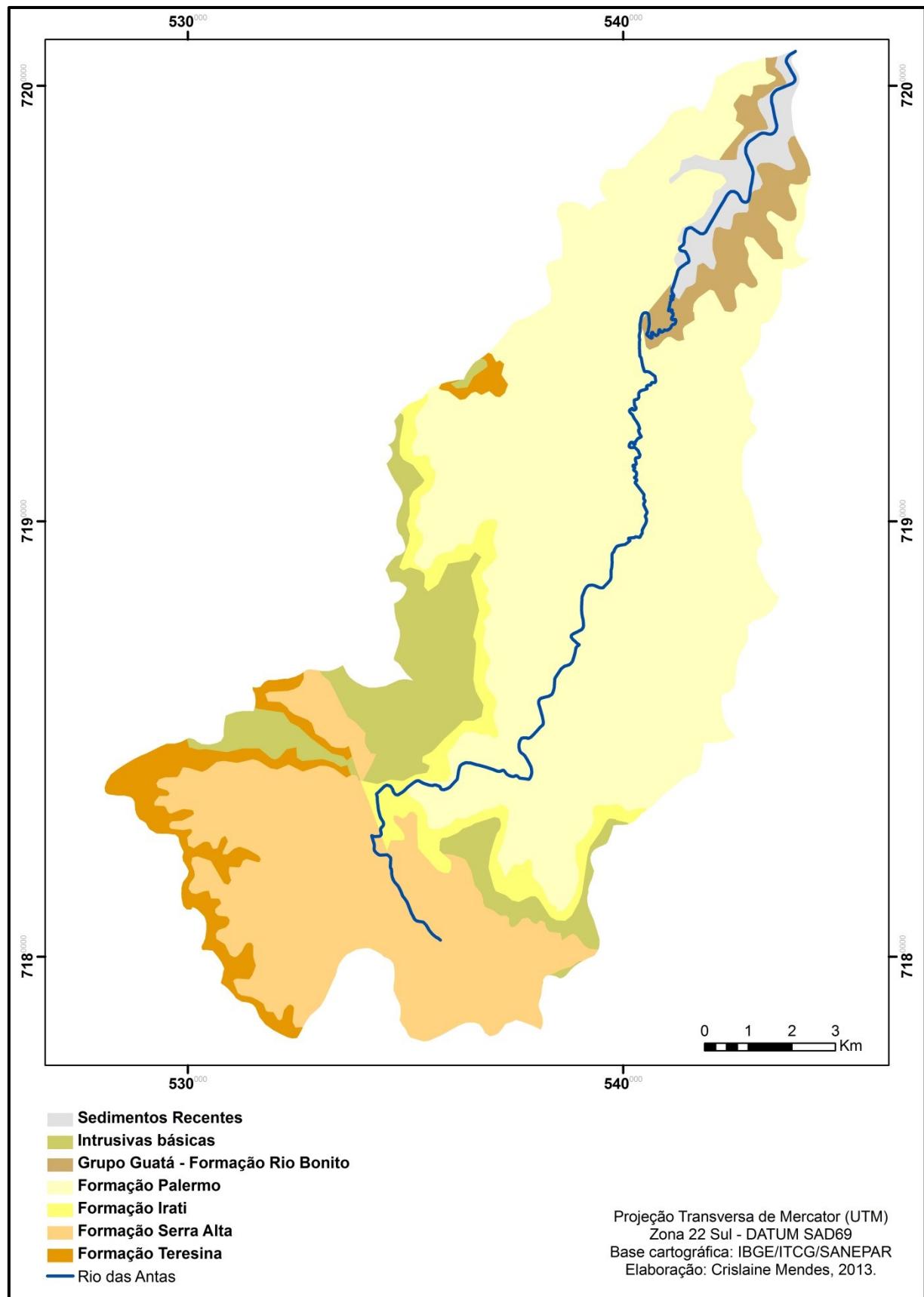
As características geomorfológicas de uma determinada área são diretamente influenciadas pelo substrato geológico na configuração do relevo em unidades morfoestruturais, bem como pelas relações entre a litologia e a ação intempérica sobre elas, o que resulta nas unidades morfoesculturais (PARANÁ, 2009, p.30).

**Quadro 16** – Unidades Geológicas do Segundo Planalto Paranaense.

<b>Idade</b>	<b>Grupo</b>	<b>Formação</b>	<b>Litologia</b>
Paleozóico, Permiano-Devoniano	Paraná	Furnas Ponta Grossa	Folhelhos e siltitos cinzentos escuros, localmente betuminosos (Ponta Grossa). Arenitos médios a grosseiros (Furnas)
Paleozóico, Permiano-Devoniano	Itararé	Campo do Tenente Mafra Rio do Sul	Arenitos, folhelhos, siltitos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão.
Paleozóico, Permiano-Devoniano	Guatá	Rio Bonito Palermo	Arenitos e siltitos, cinzentos, esverdeados e amarronzados com intercalações de calcário, folhelhos carbonosos e camadas de carvão. (Rio Bonito). Siltitos cinzentos com laminação paralela, “flaser” e bioturbação (Palermo)
Paleozóico, Permiano-Devoniano	Passa Dois	Irati Serra Alta Rio do Rasto	Argilitos, folhelhos cinzentos e folhelhos pretos betuminosos, com intercalações de calcários (Irati). Lamitos e folhelhos cinzentos escuros, maciços e microlaminados. (Serra Alta). Siltitos acinzentados com intercalações de calcários micrítico e estromatolítico, laminação paralela, ondulada, “flaser” e gretas de contração (Teresina). Argilitos e siltitos avermelhados (Rio do Rasto)

Fonte: PARANÁ (2009), organizado por Crislaine Mendes.

**Figura 12 – Formações Geológicas na Bacia do Rio das Antas.**



Devido à sua extensão e às diversas compartimentações geológicas, a bacia caracteriza-se pela presença de diversas classes de solos. Segundo a classificação e nomenclatura da EMBRAPA, na bacia podem ser encontrados: argissolos, cambissolos, nitossolos e latossolos, apresentando variações conforme Quadro 17.

**Quadro 17** – Grupos de solos na Bacia do Rio das Antas.

Grupos de solo	
Argissolos	Argissolos vermelho-amarelos distróficos
Cambissolos	Cambissolos háplicos alumínicos
	Cambissolos háplicos tb distróficos
Latossolos	Latossolos vermelhos distróficos
Nitossolos	Nitossolos háplicos alumínicos

Fonte: Adaptado de PARANÁ (2009)

Os argissolos formam uma classe caracterizada pelo aumento substancial no teor de argila em profundidade. São bem estruturados, apresentam profundidade variável e cores predominantemente avermelhadas ou amareladas, textura variando de arenosa a argilosa nos horizontes superficiais e de média a muito argilosa nos subsuperficiais. Habitualmente, ocupam terrenos de relevos mais dissecados quando comparados aos latossolos. Já os nitossolos são solos de textura argilosa ou mais fina que apresentam pouco ou nenhum incremento de argila em profundidade. São normalmente profundos, bem drenados, estruturados e de coloração variando de vermelho à brunada (COELHO et al, 2002).

O grupo dos latossolos são solos resultantes de transformações no material originário ou oriundos de sedimentos pré-intemperizados onde predominam, na fração argila, minerais nos últimos estádios de intemperismo (caulinitas e óxidos de ferro e alumínio), sendo a fração areia dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo. São de textura variável, de média a muito argilosa, geralmente muito profundos, porosos, macios e permeáveis. (COELHO et al, 2002).

As características dos cambissolos devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e condições climáticas em que são formados, variam muito de um local para outro. Apresentam, em geral, fragmentos de rochas permeando a massa do solo e/ou minerais primários facilmente alteráveis (reserva de nutrientes), além de pequeno ou nulo incremento de argila entre os horizontes superficiais e subsuperficiais (COELHO et al, 2002).

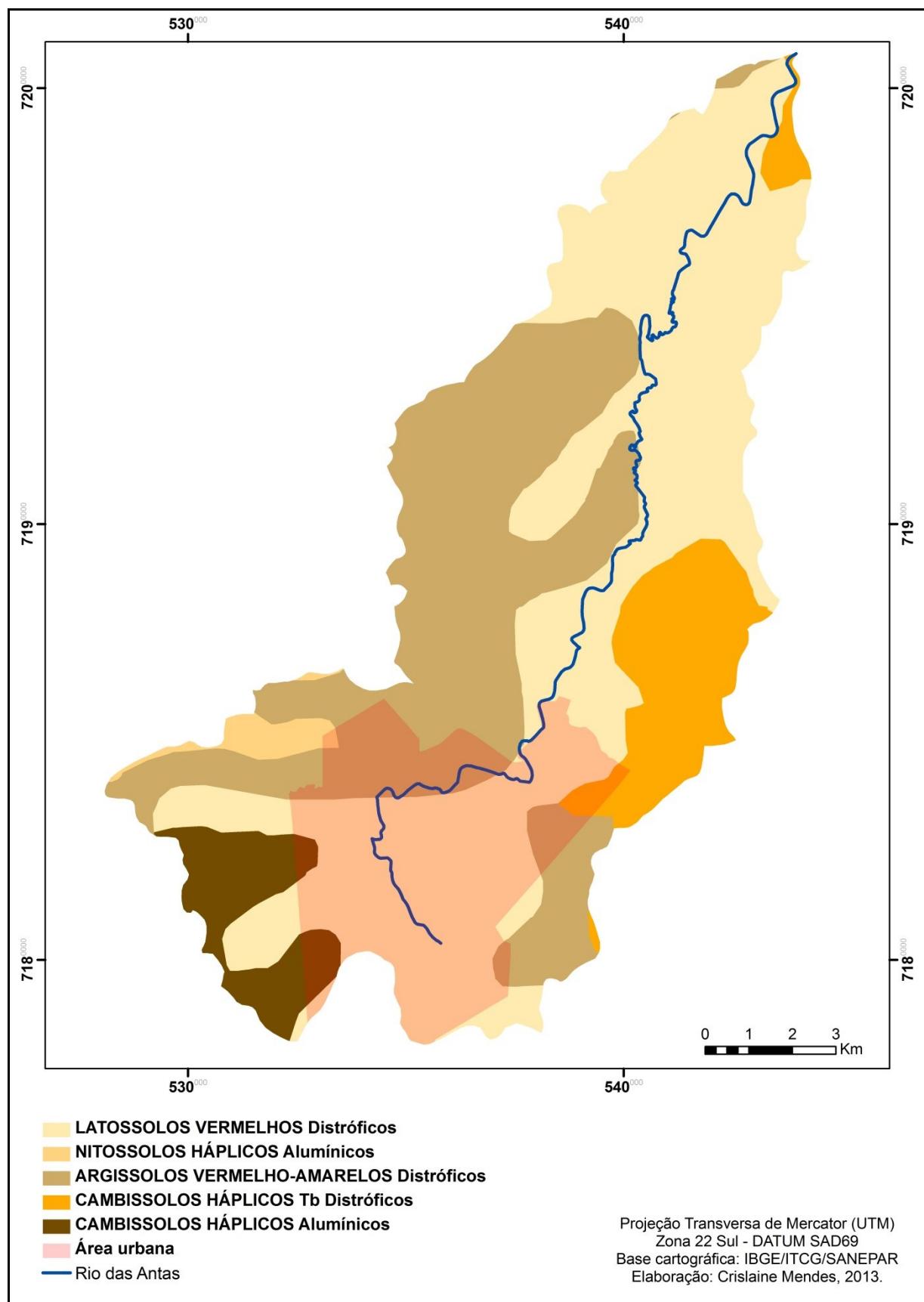
Segundo a classificação de solos do Paraná (Figura 13) elaborada pelo Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, na área em estudo há um predomínio de Latossolo

Vermelho Escuro Álico, associado com Terra Bruna Estruturada Similar Álica, ambos apresentando um horizonte A proeminente, com textura argilosa (OSAKI, 1994 apud BARTEKO; ANDRADE; ANTONELI, 2010).

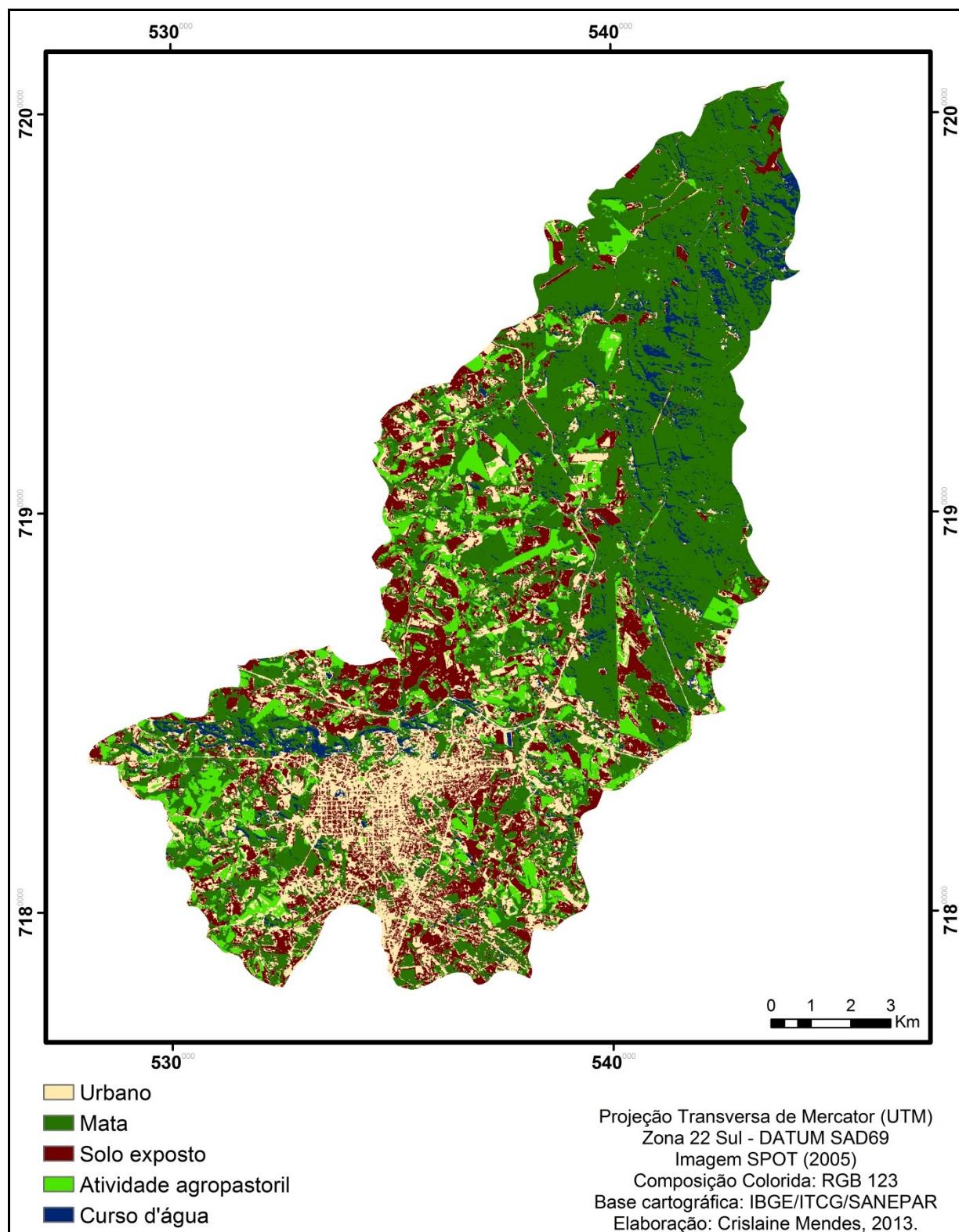
Devido ao contexto histórico, ambiental e econômico regional, atualmente na bacia do rio das Antas ocorrem diferentes tipos de uso e ocupação do solo (Figura 14). As maiores extensões de terra são destinadas às atividades agrícolas e à silvicultura, contudo é no espaço urbano, onde os aspectos socioambientais revelam situações de risco, que existe maior probabilidade de ocorrência de efeitos danosos.

Como a presente pesquisa buscou-se analisar a vulnerabilidade socioambiental a inundações em áreas urbanas. Considerando a bacia hidrográfica do Rio das Antas, o município de Irati foi o objeto da análise, pois é o único com a área urbana dentro dos limites da referida bacia.

**Figura 13 – Classes de solo na Bacia do Rio das Antas.**



**Figura 14 – Classes de uso do solo na Bacia do Rio das Antas – 2012.**



## 4.2 Aspectos socioambientais da área urbana

O município de Irati localiza-se na região Centro-Sul do Paraná, sua sede encontra-se próxima ao Paralelo 25° 27' 56" de latitude Sul, com intersecção com o meridiano 50° 37' 51" de longitude Oeste. Está situado a 150 km de Curitiba e 84 km de Ponta Grossa, seu território é de 995,289 km<sup>2</sup> e sua área urbana de 33,52 km<sup>2</sup>.

A formação urbana deu-se pela ocupação das áreas próximas à estrada de ferro São Paulo – Rio Grande do Sul, construída em 1899. O povoado colonizado por ucranianos, poloneses e italianos, após a instalação da Estação Ferroviária recebeu forte fluxo migratório, o que movimentou a economia, sendo o município instalado no ano de 1907. Irati cresceu ao redor da estação ferroviária tornando-se centro comercial da região, processo que se intensificou devido ao ciclo da erva-mate e, mais tarde, pela produção madeireira.

Atualmente a economia do município está baseada principalmente na produção agropecuária e silvicultura, a estrutura fundiária predominante é de pequenas propriedades. Os principais produtos agrosilvopastoris são: milho, feijão, soja, fumo, madeira em tora, além de criações de aves de corte, suínos e bovinos. O setor de serviços é responsável por 41,50% do Produto Interno Bruto – PIB, contudo recentemente, a produção industrial tem ganhado representatividade econômica, com 24,43% de participação no PIB.

A população é de 56.207 habitantes (IBGE, 2010), sendo de 79,84% o grau de urbanização do município, abaixo da média do Estado que é de 85,33% (IPARDES, 2012). A taxa média de crescimento anual é de 0,71 %, enquanto a taxa anual de crescimento do Estado é de 0,89% a.a. (IPARDES, 2012). Esses indicadores confirmam o município como essencialmente urbano e refletem a tendência ao aumento da área urbana em contrapartida à rural, ampliando os problemas socioambientais na cidade.

Traçando um panorama geral do município de acordo com o Censo do IBGE (2010), estão situados na área urbana 13.223 domicílios, dos quais 66% em vias pavimentadas e cerca de 40% sem disponibilidade de bueiro ou boca de lobo. Esses aspectos estão diretamente vinculados à capacidade de drenagem pluvial, interferindo no volume de escoamento nos canais fluviais e, consequentemente, nos processos de inundação.

O rendimento médio mensal per capita da população residente na área urbana é de R\$ 510,00, o que não corresponde à metade do rendimento médio estadual que é de R\$ 1.087,52. No que diz respeito à educação, 26.590 pessoas de 10 anos ou mais de idade não possuem instrução ou têm fundamental incompleto, o que representa cerca de 47% da

população residente, acima do índice para o Paraná que é de 39%. O baixo nível de escolaridade e restrições econômicas são agravantes à capacidade de resposta em situações de risco e ocorrências de desastres.

A cidade de Irati, apesar dos seus mais de 100 anos de história oficial, apresenta uma evolução urbana bastante complexa, sem muita lógica social e destituída de um prévio planejamento. Os aspectos físicos da área (relevo, vegetação, água e orientação das vertentes) são os principais influenciadores da ocupação do espaço, pois as atividades econômicas são pouco consideradas. (ANDRADE; ROSEGHINI; MENDONÇA, 2010, p.75)

Irati tornou-se nos últimos anos uma cidade polo da microrregião devido ao intenso fluxo agrícola, à oferta de serviços de comércio, assistência à saúde, destacando-se também como centro universitário. Essas atividades têm levado à expansão da malha urbana e, dessa forma, potencializando os impactos ambientais no sistema da bacia hidrográfica.

#### **4.3 Inundações na área urbana da bacia do Rio das Antas**

O relevo da cidade de Irati é acidentado e côncavo “tendo a forma de uma ‘bacia’, onde as condições de moradia não são tão favoráveis” (ANDRADE, p.28, 2010), nas bordas do perímetro urbano estão as maiores quotas de altitude. A configuração da área urbana, consolidada sem planejamento e com a ocupação das margens dos rios e córregos, somados aos aspectos naturais como declividade, solo e densidade de drenagem favorecem o processo de inundaçāo (Figura 15).

As inundações na área de estudo são frequentes. Segundo dados levantados junto à Defesa Civil do Estado, entre 1980 e 2012 foram registradas 12 ocorrências. Considerando os atributos regionais e a metodologia do trabalho que têm a bacia hidrográfica como unidade de estudo, na comparação de Irati com os municípios que integram a mesma bacia hidrográfica que é a do Alto Tibagi<sup>5</sup>, a incidência de episódios de inundaçāo é ressaltada.

---

<sup>5</sup> Conforme a Resolução nº 49, de 20/12/2006, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, o Estado do Paraná está dividido em 16 bacias hidrográficas, incluindo a do Tibagi que ocupa 13% do território do Estado e apresenta duas unidades hidrográficas, a do Alto Tibagi e a do Baixo Tibagi. A Bacia Hidrográfica do Alto Tibagi tem área de 6.650,8 Km<sup>2</sup>, nela estão localizados dezenove municípios: Telêmaco Borba, Imbaú, Tibagi, Carambeí, Ipiranga, Imbituva, Teixeira Soares, Fernandes Pinheiro, Ortigueira, Curiúva, Reserva, Castro, Ivaí, Ponta Grossa, Guamiranga, Irati, Palmeira, Piraí do Sul e Ventania.

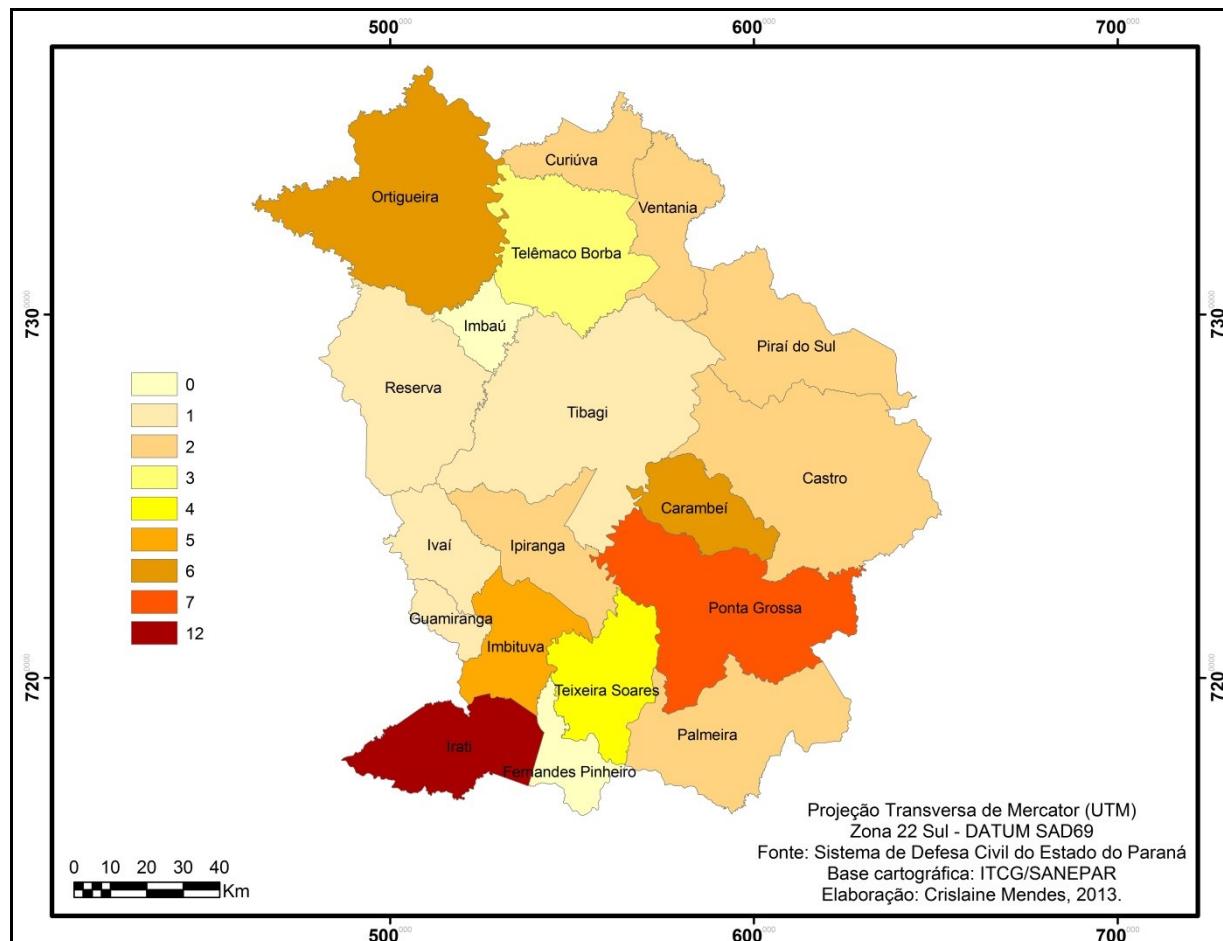
**Figura 15** – Irati/PR: Imagens da inundação ocorrida em 26 de abril de 2010.



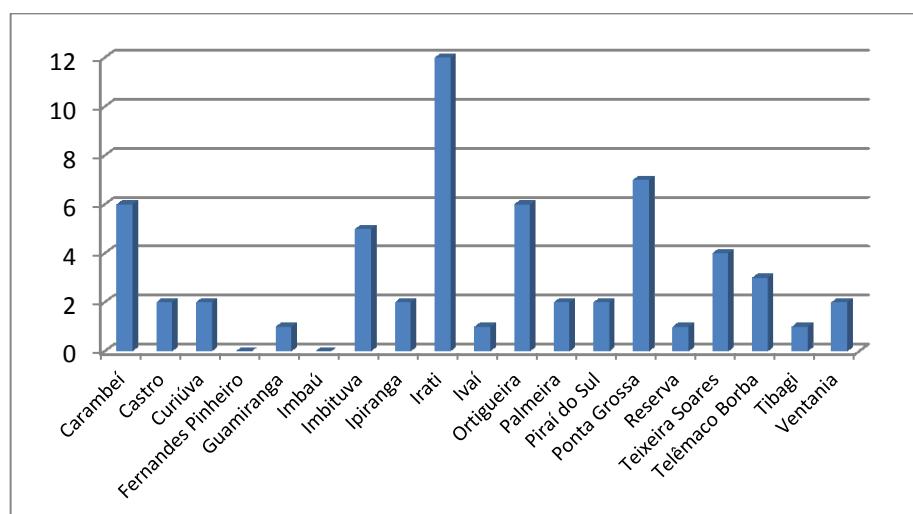
**Fonte:** Galeria de Imagens da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná (2012).

Analizando o mesmo período, entre os municípios localizados na Bacia Hidrográfica do Alto Tibagi, o município de Irati tem o maior número de ocorrências de inundação (Gráfico 3 e Figura 16), foram 12 ocorrências nos anos pesquisados de 1980 a 2012. Em relação ao número de pessoas atingidas (somando as ocorrências de alagamentos, enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas e escorregamentos ou deslizamentos), Irati ocupa a segunda posição, 11.500 habitantes, sendo que permanece em primeiro lugar, no que diz respeito às enchentes ou inundações graduais (Quadro 18).

**Figura 16** – Bacia do Alto Tibagi: Número de eventos de inundação por município (1980 a 2012)



**Gráfico 3** – Bacia do Alto Tibagi: Número de ocorrências por município (1980 a 2012).



Fonte: PARANÁ (2012), organizado por Crislaine Mendes.

**Quadro 18** - Número de ocorrências por tipologia e número de pessoas atingidas nos municípios integrantes da bacia do Alto Tibagi.

	TIPO DE OCORRÊNCIA								
	Alagamento		Enchentes/ Inundações Graduais		Enxurradas/ Inundações Bruscas		Escorregamentos/ Deslizamentos		
Município	Data	Pessoas Atingidas	Data	Pessoas Atingidas	Data	Pessoas Atingidas	Data	Pessoas Atingidas	
Carambeí					04/06/2012	250	06/05/2010	5000	
					25/02/2012	16			
					01/08/2011	110			
					30/03/2010	1500			
					17/12/2009	74			
Castro			01/01/1997	null					
			01/07/1983	null					
Curiúva			20/01/1997	null					
			01/01/1990	null					
Fernandes Pinheiro									
Guamiranga					26/04/2010	60			
Ímbaú									
Imbituva			01/07/1983	null	19/08/2011	2500			
			01/12/1980	null	01/08/2011	400			
					26/04/2010	31			
Ipiranga			01/07/1983	null	14/08/2011	10000			
Irati			29/05/1992	null	19/08/2011	200			
			08/05/1987	null	31/07/2011	3500			
			19/12/1986	null	14/02/2011	400			
			01/07/1983	null	26/04/2010	400			
			15/12/1980	null	11/02/2010	2000			
			25/08/1980	null	22/05/2009	5000			
Ivaí			01/07/1983	null					
Ortigueira			30/12/1995	null	30/01/2010	2160			
			29/12/1989	null	14/02/2003	800			
			01/07/1983	null					
			01/12/1980	null					
Palmeira			29/05/1992	null	23/04/2010	2300			
Piraí do Sul			18/01/1997	867	27/01/2003	null			
Ponta Grossa	25/02/2012	10			02/06/2012	200	31/07/2011	95000	
	29/03/2010	120			12/06/2004	null			
	28/03/2010	300							
	17/03/1996	null							
Reserva			06/03/1996	null					
Teixeira Soares	03/01/2007	12	23/05/1988	null	26/04/2010	125			
			12/02/2010	1200					
Telêmaco Borba	11/03/2004	9			01/10/2001	1900			
	05/02/2004	null							
Tibagi	01/08/2008	null							
Ventania			01/01/1997	null	19/01/2011	200			

**Fonte:** PARANÁ (2012), organizado por Crislaine Mendes.

Para subsidiar a análise do risco de inundações na área urbana foram levantadas as datas de inundações no Sistema de Defesa Civil do Estado - SISDC e confrontadas com as datas de registro de enchentes e inundações em jornais locais, bem com o levantamento do volume de precipitação disponibilizados pelo INMET para a estação meteorológica de Irati, situada nas coordenadas 25° 28' Sul e 50° 38' Oeste, com altitude de 836,95 metros<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> A estação localiza-se na área pertencente ao Colégio Florestal, denominado Centro Estadual de Educação Profissional Presidente Costa e Silva. É administrada pelo INMET e iniciou sua operação em 1967. O local está

Nas três bases de dados pesquisadas o período considerado foi de 01/01/1980 a 01/01/2012. O levantamento revelou inconsistências entre as datas de inundações apontadas no SISDC, volumes de precipitação e registros em jornais (Quadro 19). Em duas, das 12 datas indicadas pela Defesa Civil, não houve precipitação segundo o INMET. Nos dias 22/05/2009 e 14/02/2011 houve inundaçao de acordo com o SISDEC, porém o volume de precipitação foi menor que seis milímetros e não há registro em jornais locais. Apesar de não terem sido localizadas observações nos jornais pesquisados, em 08/05/1987 há registro de inundaçao pela Defesa Civil e volume de precipitação de 151,9mm.

**Quadro 19** – Datas das inundações segundo Defesa Civil, volumes de precipitação INMET e registro de inundações em jornais locais.

Datas inundações (SISDC)	Volume de Precipitação (mm) BDMEP - INMET				Datas inundações (jornais locais)
	Dia	Dia anterior	2 dias antes	Acumulado mês	
25/08/1980	-	7,1	2	145,5	Registro não localizado*
15/12/1980	0	0	3,6	178	Registro não localizado
01/07/1983	0	0	16,3	488,9	Registro não localizado
19/12/1986	12,1	125,1	8,8	350,7	19/12/1986 (Folha de Irati - 20/12/1986 - nº 622)
08/05/1987	151,9	20,2	30,1	414,8	Sem registro**
29/05/1992	-	7,6	7,8	330,2	28/05/1992 (Folha de Irati -28/05 a 03/06/1992 - nº 879)
22/05/2009	0,2	0	0	87,6	Sem registro
11/02/2010	30,1	0	10,1	224,3	11/02/2010 (Hoje Centro Sul - 24/02/2010 - p.19)
26/04/2010	82,4	62,2	6	294,6	26/04/2010 (Hoje Centro Sul - 28/04/2010 - p.9)
14/02/2011	5,8	5,5	0	183,1	Sem registro
31/07/2011	15,3	23,3	0	199,2	29/07 a 02/08/2011 (Hoje Centro Sul - 03/08/2011 - p.9)
19/08/2011	74,5	10	0	374,6	19/08/2011 (Hoje Centro Sul - 24/08/2011 - p.9)

\*Registro não localizado: jornais sem exemplares arquivados do ano pesquisado.

\*\*Sem registro: nenhuma referência a enchentes nos jornais do ano pesquisado.

Mesmo com as divergências de dados entre SISDC, INMET e jornais locais, em cinco das 12 datas pesquisadas, tem-se a constatação de que os episódios de inundações são recorrentes na área urbana de Irati. Identificar com precisão as datas dessas ocorrências é importante, contudo, identificar as áreas sujeitas ao risco de inundaçao e de maior vulnerabilidade, podem minimizar os efeitos danosos.

Segundo BRASIL (2007), dois são os fundamentos que devem ser levados em consideração no gerenciamento de desastres naturais: a previsão e a prevenção. Por meio da *previsão* é possível identificar os fenômenos, as áreas de ocorrência e os elementos sob risco, ou seja, por meio da previsão há o estabelecimento das condições que podem ocasionar o desastre em questão. O segundo fundamento *prevenção* possibilita a adoção de medidas preventivas para redução ou minimização dos resultados do fenômeno.

Tendo como premissa que a previsão permite a formulação de estratégias que levem à redução ou extinção das consequências da ocorrência de um evento, essa pesquisa permitiu a identificação de áreas de risco a inundações na bacia hidrográfica do Rio das Antas.

## CAPÍTULO 5

### APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL – IVSA PARA A ÁREA URBANA

*As vias para se responder à ameaça ecológica não são apenas técnicas; elas necessitam, prioritariamente, de uma reforma do nosso modo de pensar para englobar a relação entre a humanidade e a natureza em sua complexidade e conceber as reformas de civilização, as reformas de sociedade, as reformas de vida.*

*Edgar Morin*

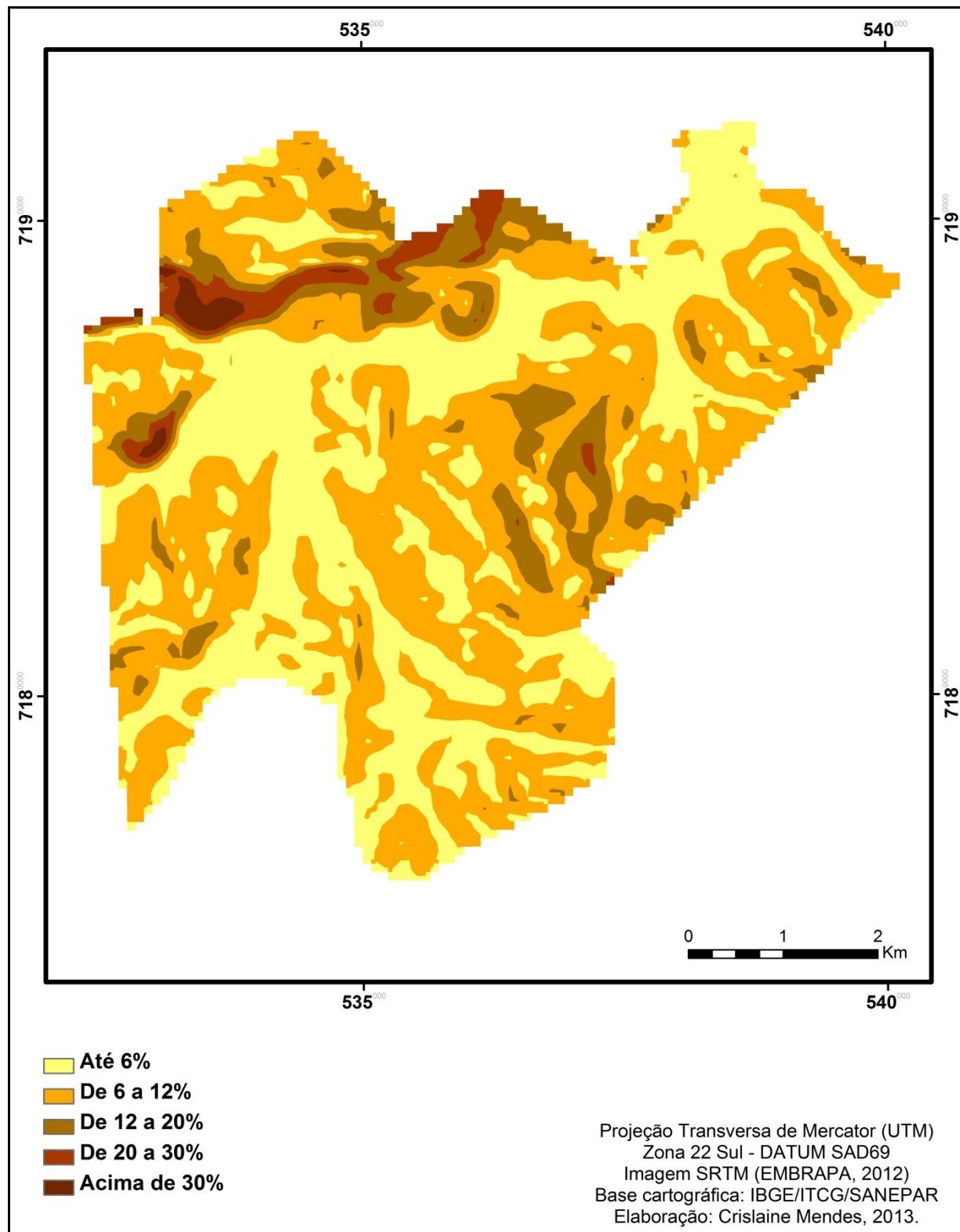
## 5 APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL – IVSA PARA A ÁREA URBANA

### 5.1 Análise da Fragilidade Ambiental Potencial

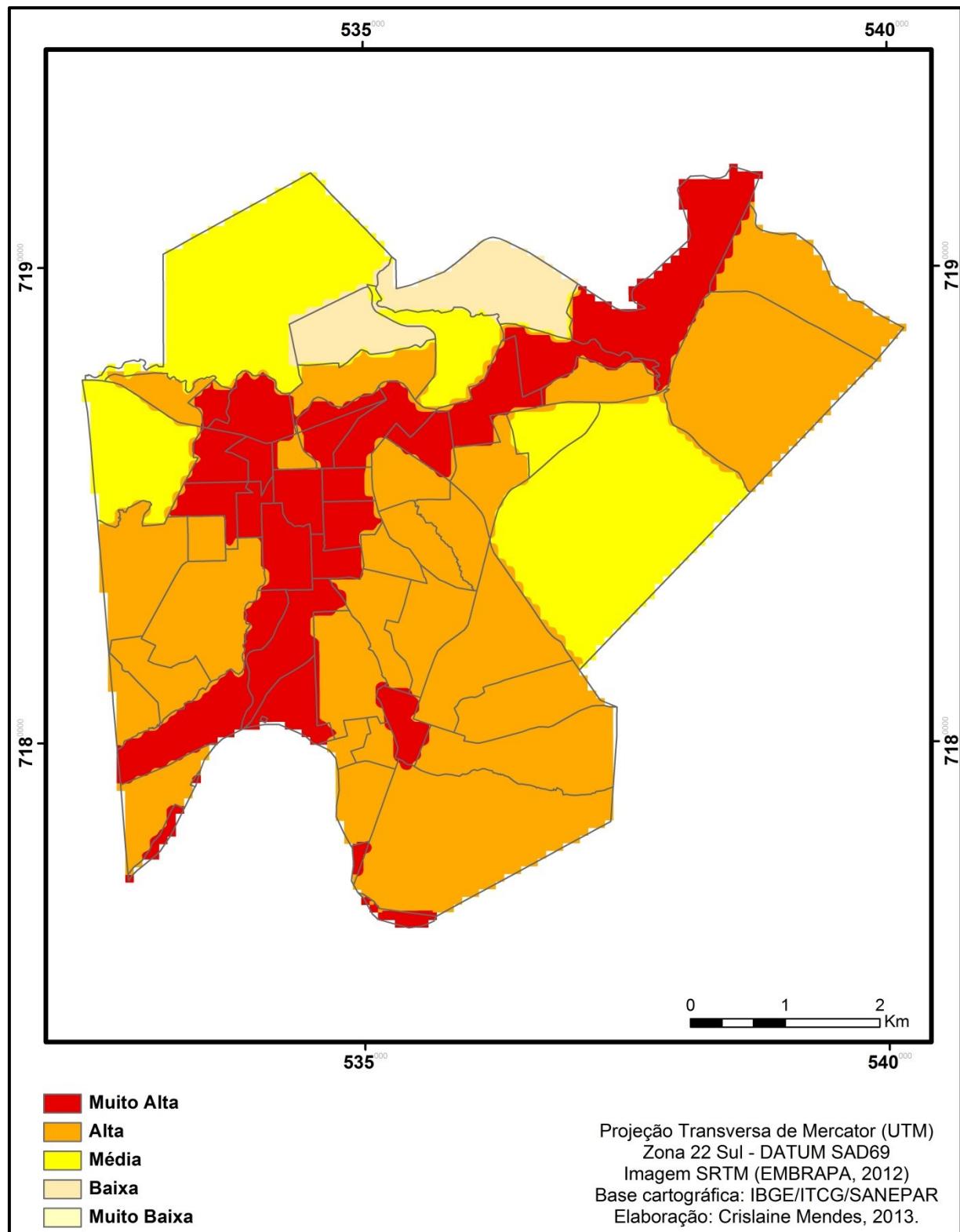
Conforme apresentado no Capítulo 3, foram definidas cinco classes de fragilidade ambiental para as condicionantes: solo, declividade e densidade de drenagem, que estariam relacionadas à determinação do risco ambiental. Para a condicionante declividade, foi gerada uma carta temática inicial (Figura 17), com o objetivo de relacionar as classes de declividade com as classes de fragilidade, ou seja, quanto maior a declividade maior a fragilidade. Com relação ao solo, a carta primária apresentou cinco classes de solo pertencentes ao grupo dos latossolos, nitossolos, argissolos e cambissolos (Figura 19), foram classificados como mais frágeis os solos mais susceptíveis à erosão. Posteriormente, com o auxílio da ferramenta *Zonal Statistic* em ambiente ArcGis, foi atribuída a classe fragilidade à declividade e ao solo, para os 57 setores censitários da área urbana (Figuras 18 e 20).

A densidade de drenagem por setor censitário também foi considerada como uma variável na definição da Fragilidade Ambiental Potencial. Assim sendo, esta variável foi estabelecida de acordo com o comprimento de canais em cada setor censitário, que foram medidos e calculados com a utilização da ferramenta ‘*Statistics*’. Essas medidas foram introduzidas na tabela de atributos para a geração da carta e atribuição das classes de fragilidade (Figura 21).

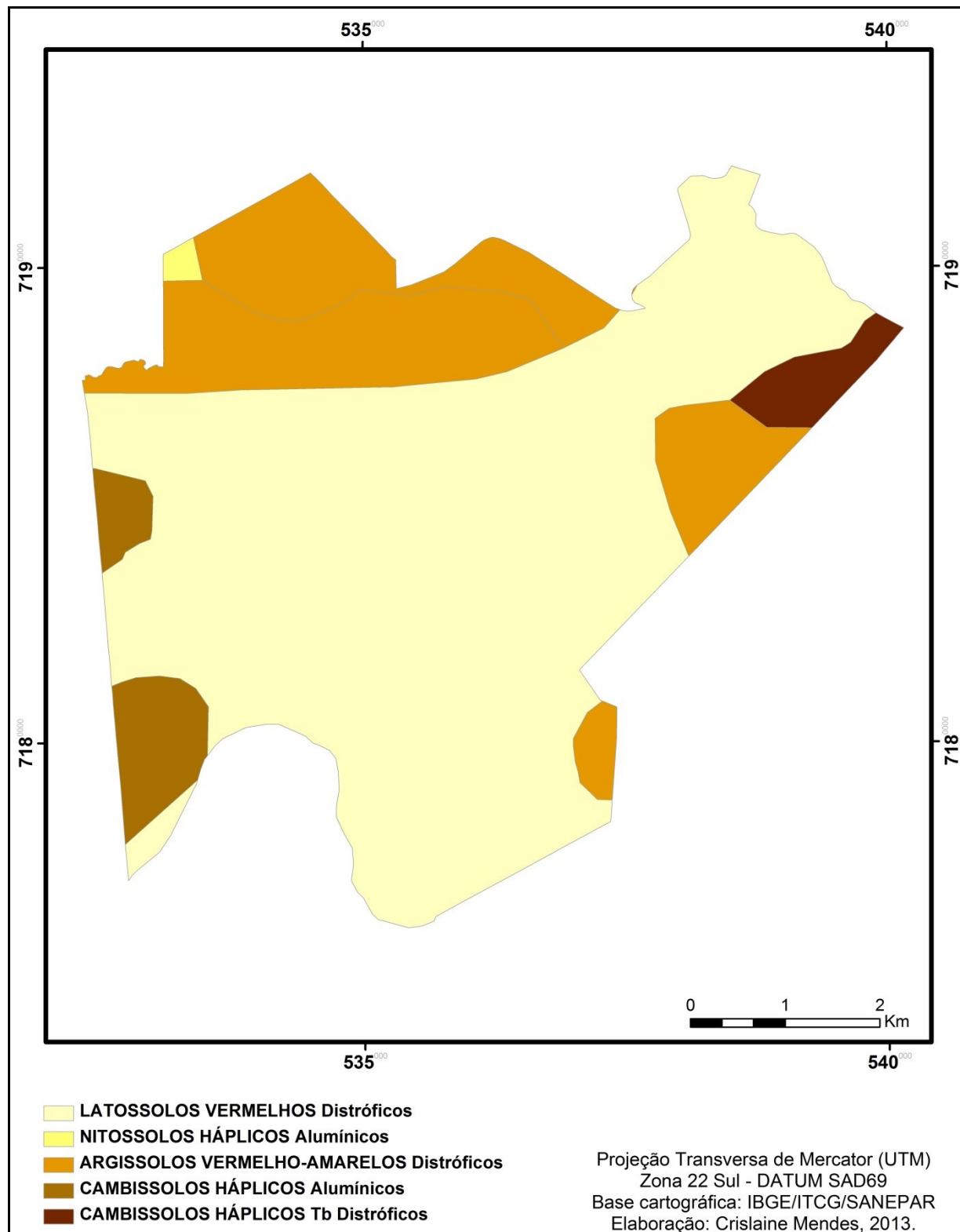
**Figura 17** – Irati/PR: Carta de Declividade da área urbana na bacia do Rio das Antas.



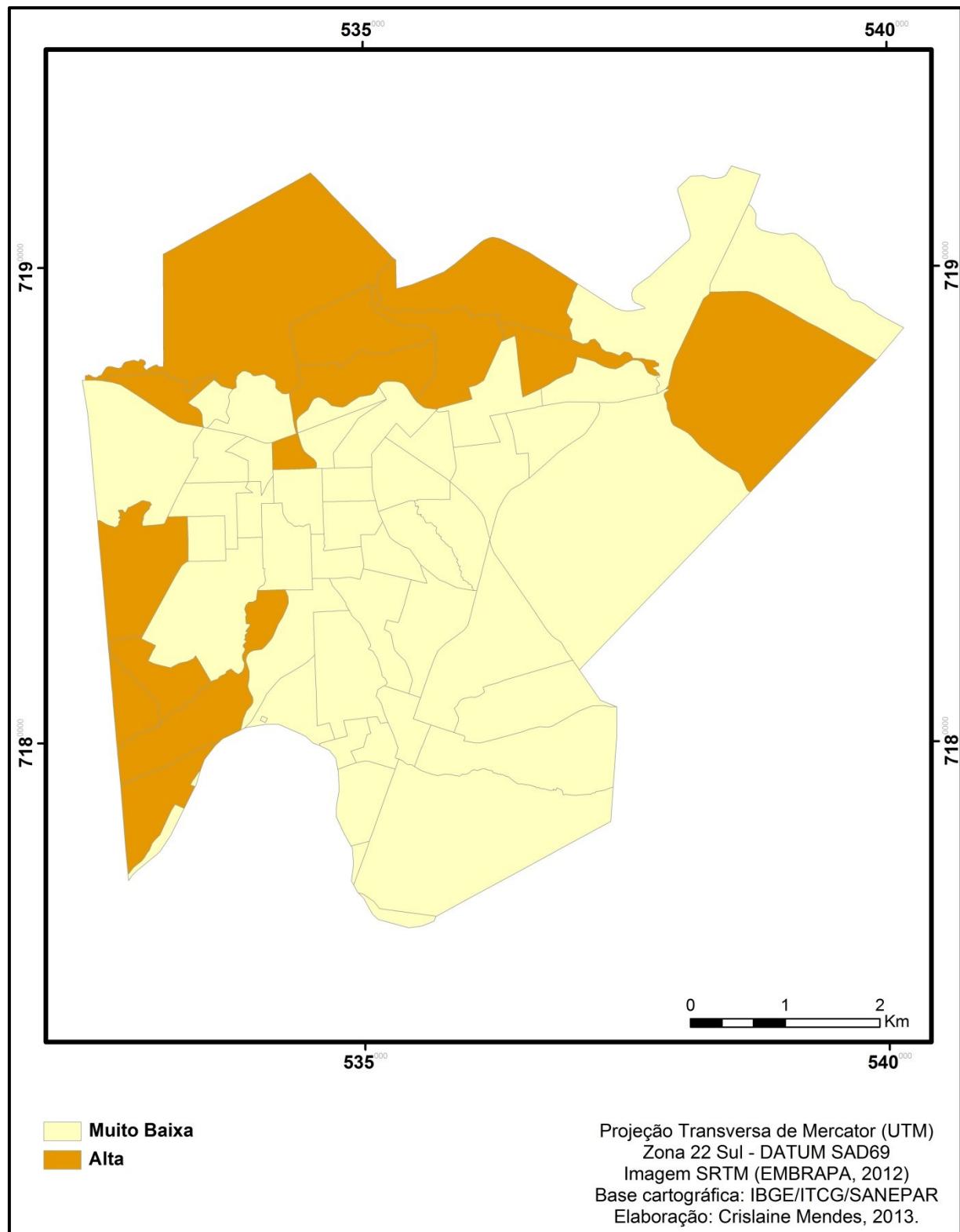
**Figura 18** – Irati/PR: Fragilidade à Declividade da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



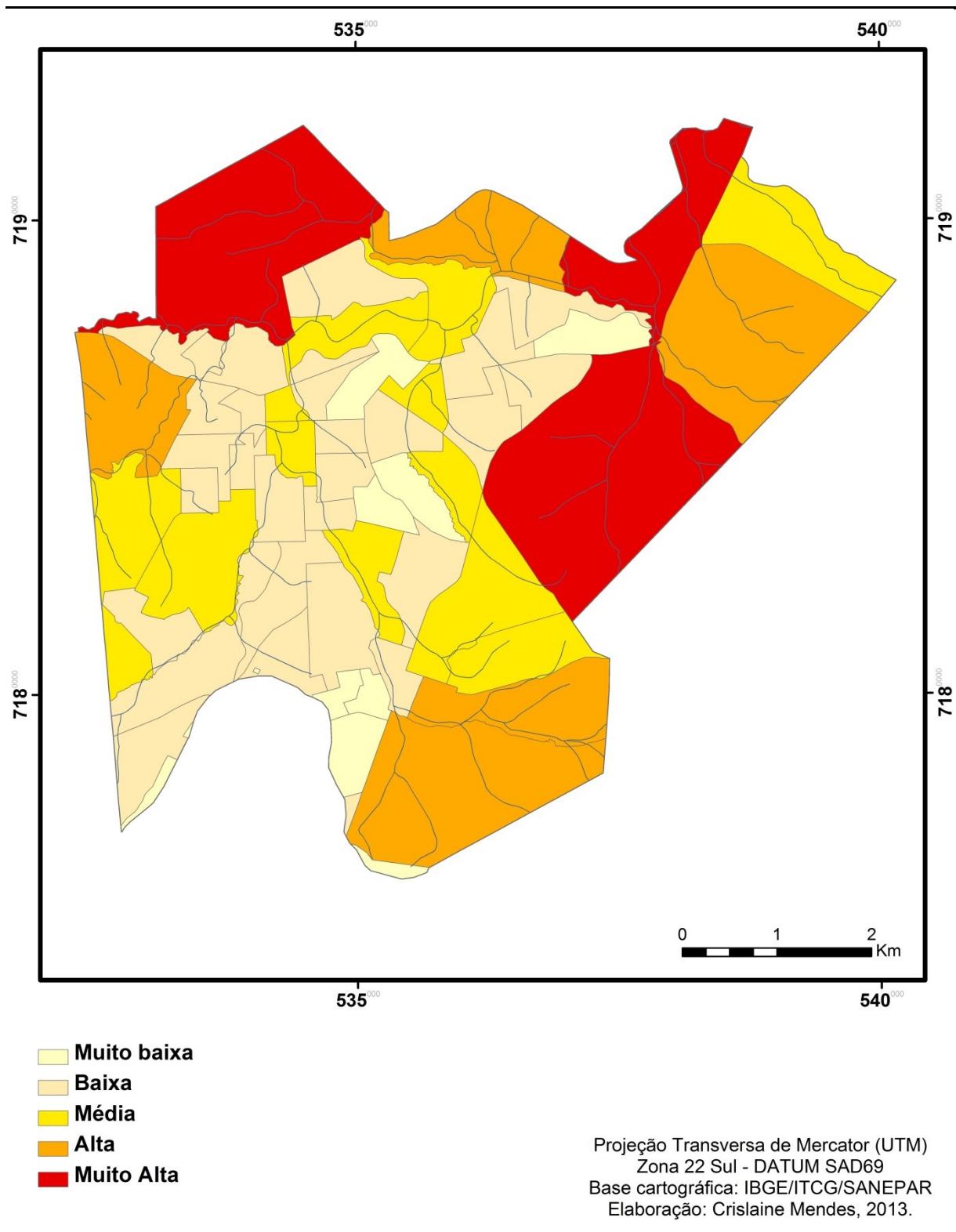
**Figura 19** – Irati/PR: Carta de Solos da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



**Figura 20** – Irati/PR: Fragilidade de Solos da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



**Figura 21** – Irati/PR: Fragilidade à Densidade de Drenagem da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



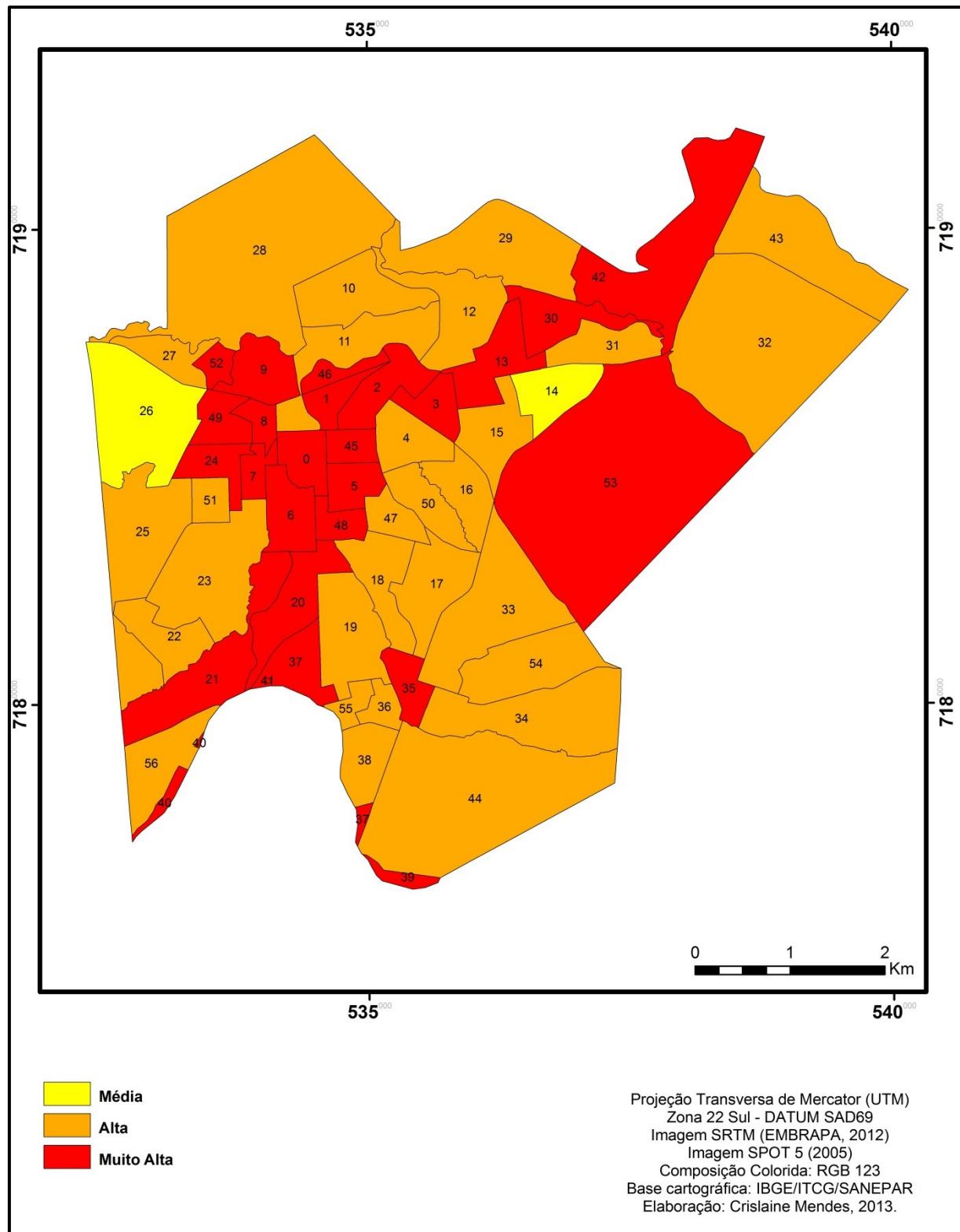
A análise integrada das cartas de fragilidade segundo as classes de declividade, densidade de drenagem e solo, por meio da inserção de valores na tabela de atributos e aplicação da matriz de fragilidade (Quadro 9), resultou no mapa de Fragilidade Ambiental Potencial para a área urbana do Rio das Antas (Figura 22). Dos 57 setores que compõem a área, 51% foram classificados com Fragilidade Alta, 46% com Fragilidade Muito Alta a apenas 4% com Fragilidade Média. Nesses setores a maior fragilidade está diretamente relacionada com a declividade, que apresentou o resultado de 44% para a classe de Fragilidade Muito Alta e 44% também para a classe Fragilidade Alta. Os setores considerados com Fragilidade Média foram os setores 14 e 26, onde a densidade de drenagem é menor e a declividade é acentuada. Dessa forma, a declividade é condicionante na definição da fragilidade ambiental potencial, ou seja, há maior potencialidade de inundações onde a declividade é menor. Como esta primeira análise está relacionada aos aspectos naturais, há uma relação direta entre menor declividade maior fragilidade, pois as áreas com menor declive estão mais suscetíveis às inundações.

A classe baixa fragilidade à variável solo, com 79% do total, coincide na maioria das vezes com a baixa fragilidade potencial. O latossolo é a classe predominante na área estudada, e sua fragilidade ambiental foi considerada baixa, uma vez que sua textura é variável, de média a muito argilosa. Geralmente os latossolos são muito profundos, porosos, macios e permeáveis, portanto menos propícios a episódios de inundaçāo. Em contrapartida, os argissolos e cambissolos definem a alta fragilidade, pois são classes de solo sujeitas à erosão. Com relação a esta variável, houve modesta contribuição para a definição da fragilidade potencial, pois a maior parte da área está inserida no mesmo grupo de solo, o latossolo, de baixa fragilidade.

Efetivamente, entre as três variáveis analisadas: declividade, solo e densidade drenagem, a primeira foi determinante na classificação da alta fragilidade potencial. As áreas consideradas mais frágeis foram aquelas situadas em áreas de menor declividade, bem como onde há maior densidade de drenagem. As áreas que apresentaram fragilidade alta e muito alta à declividade coincidem com as áreas de alta fragilidade ambiental potencial.

Em contraposição, as variáveis densidade de drenagem e solo contribuíram para a classificação das áreas com média fragilidade potencial, pois essas áreas menos frágeis estão em locais de acentuado declive e onde o grupo de solos é mais permeável, diminuindo a possibilidade de inundações.

**Figura 22** – Irati/PR: Fragilidade Ambiental Potencial da área urbana na Bacia do Rio das Antas.

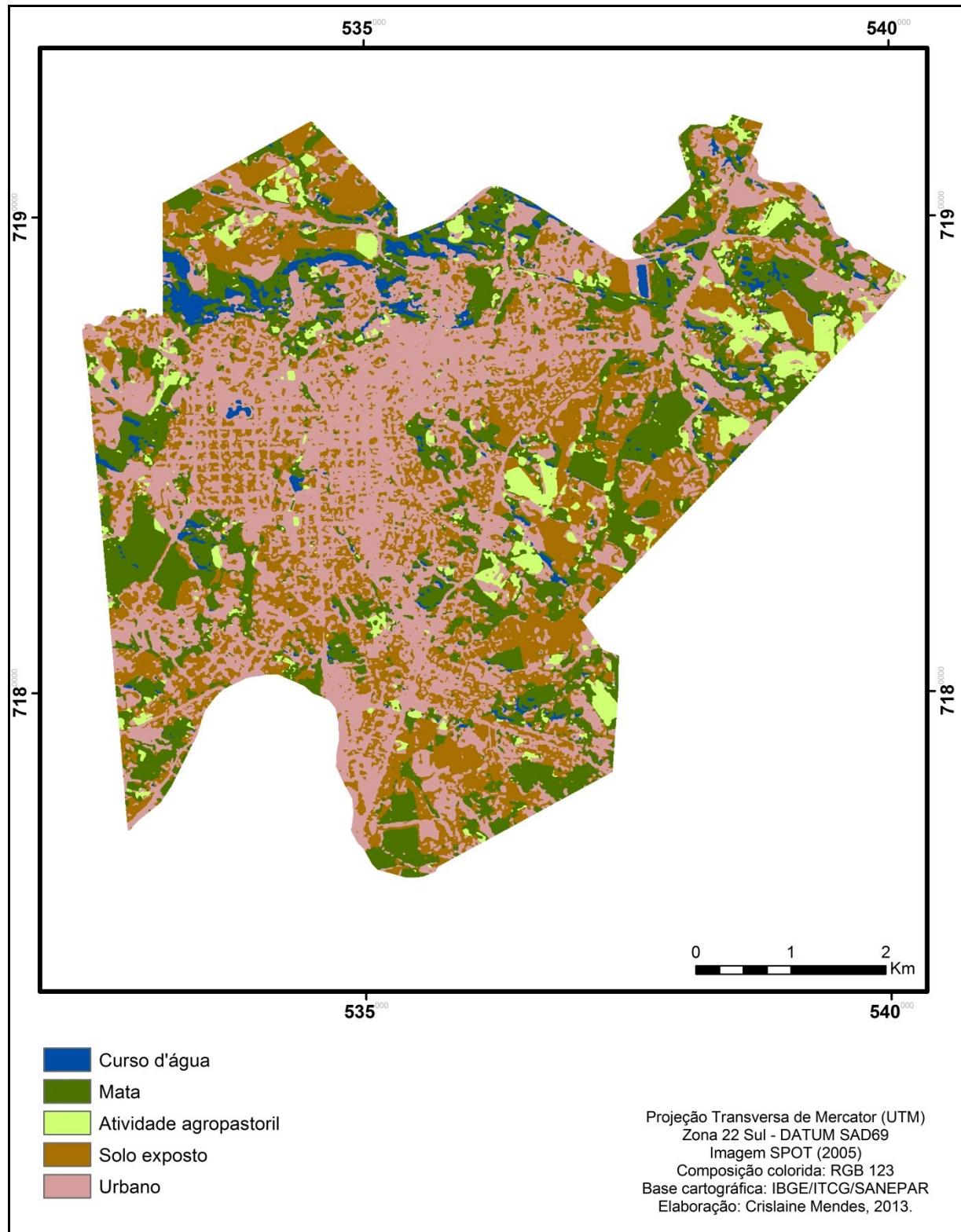


## 5.2 Análise da Fragilidade Ambiental Emergente

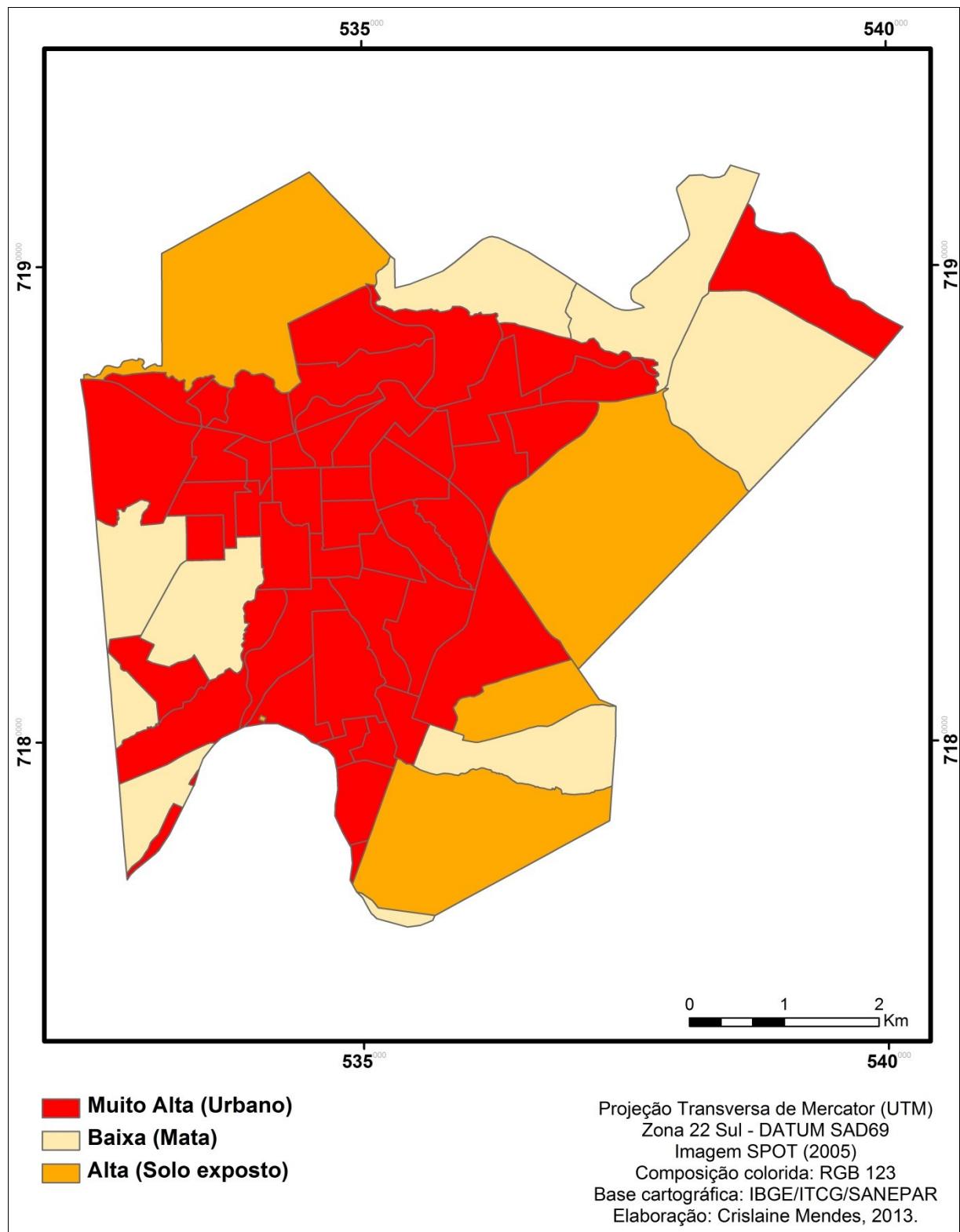
Para subsidiar a avaliação da Fragilidade Emergente foi elaborada a carta de Uso e Ocupação do Solo (Figura 23). A cada classe mapeada: Curso d'água, Mata, Atividade Agropastoril, Solo Exposto e Urbano foi atribuída uma classe de fragilidade variando, respectivamente, de muito baixa a muito alta (Quadro 10). Aplicando a extensão *Spatial Analyst - Zonal Statistics*, em ambiente ArcGIS, foram atribuídos valores de fragilidade a cada um dos setores (Figura 24).

A classificação como Muito Alta foi atribuída aos setores com classe de uso e ocupação do solo *Urbano*. Dessa forma, 77% foram considerados com Fragilidade Muito Alta, 9% com Alta Fragilidade, relativos às áreas de *Solo Exposto*, e 14% com Baixa Fragilidade referente às áreas de *Mata*. Por se tratar de uma área essencialmente urbana, ao utilizar o método estatístico, as classes de *Atividade Agropastoril* e *Cursos d'água* não foram dominantes em nenhum dos setores, logo, para Uso e Ocupação do Solo não houve áreas de Fragilidade Muito Baixa e Fragilidade Média.

**Figura 23** – Irati/PR: Carta de Uso e Ocupação do Solo da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



**Figura 24** – Irati/PR: Fragilidade segundo o Uso e Ocupação do Solo da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



Posteriormente, os dados obtidos de Uso e Ocupação do Solo foram cruzados com os de Fragilidade Ambiental Potencial, gerando o mapa de Fragilidade Ambiental Emergente (Figura 25). A combinação entre as classes destas duas cartas está representada no Quadro 11 e resultou na classificação da Fragilidade Emergente por setor censitário. Se uma área foi avaliada como classe três (fragilidade média) em Fragilidade Potencial e classe cinco (fragilidade muito alta) quanto ao Uso e Ocupação do Solo, sua Fragilidade Emergente foi classe cinco (fragilidade muito alta), pois a combinação entre os dois valores estabeleceu sua fragilidade emergente. Desse modo, a Fragilidade Emergente foi mensurada a partir das características naturais do meio, entendida como Fragilidade Potencial, somada ao grau de alteração antrópica nesse ambiente, ou seja, pelo atual Uso e Ocupação do Solo.

De acordo com a matriz de classificação da Fragilidade Emergente a classe de Uso e Ocupação do Solo foi a variável preponderante, assim, apesar de um setor apresentar baixa fragilidade potencial, quando combinado ao uso do solo de alta fragilidade, sua classe de fragilidade foi considerada alta.

A maior parte dos riscos ambientais urbanos está circunscrita à esfera de competência municipal e é diretamente vinculada ao uso e à ocupação do solo. Esse fato, por um lado, indica que a intensidade e a disseminação dos problemas socioambientais urbanos são, em muito, devidas à ineficácia da administração pública no planejamento e no controle do uso e da ocupação do território da cidade; por outro, representa uma possibilidade de resposta coletiva e institucional a esses riscos. (MENDONÇA; LEITÃO, 2008, p. 152).

Segundo o modelo técnico-operacional, detalhado no Capítulo 3, foram obtidos para a área de estudo dois graus de fragilidade ambiental emergente: alto e muito alto, predominando esta última classe com 84% do total. Entre os 57 setores analisados, 48 apresentaram fragilidade emergente muito alta e incluem todo o perímetro central e nove obtiveram alta fragilidade representando 16% do total, estes localizados nas áreas periféricas, onde a declividade é maior.

Como na matriz de definição da Fragilidade Emergente (quadro 11), todas as áreas de uso e ocupação do solo *Urbano*, que ocupam 77% do total analisado, foram classificadas com fragilidade *muito alta*, considerando a totalidade da área analisada, houve pequena variabilidade na classificação da Fragilidade Emergente.

A Fragilidade Ambiental Emergente pode ser confirmada *in loco*, com registros de impactos ambientais em toda a área estudada (Figura 26). Nas áreas com fragilidade

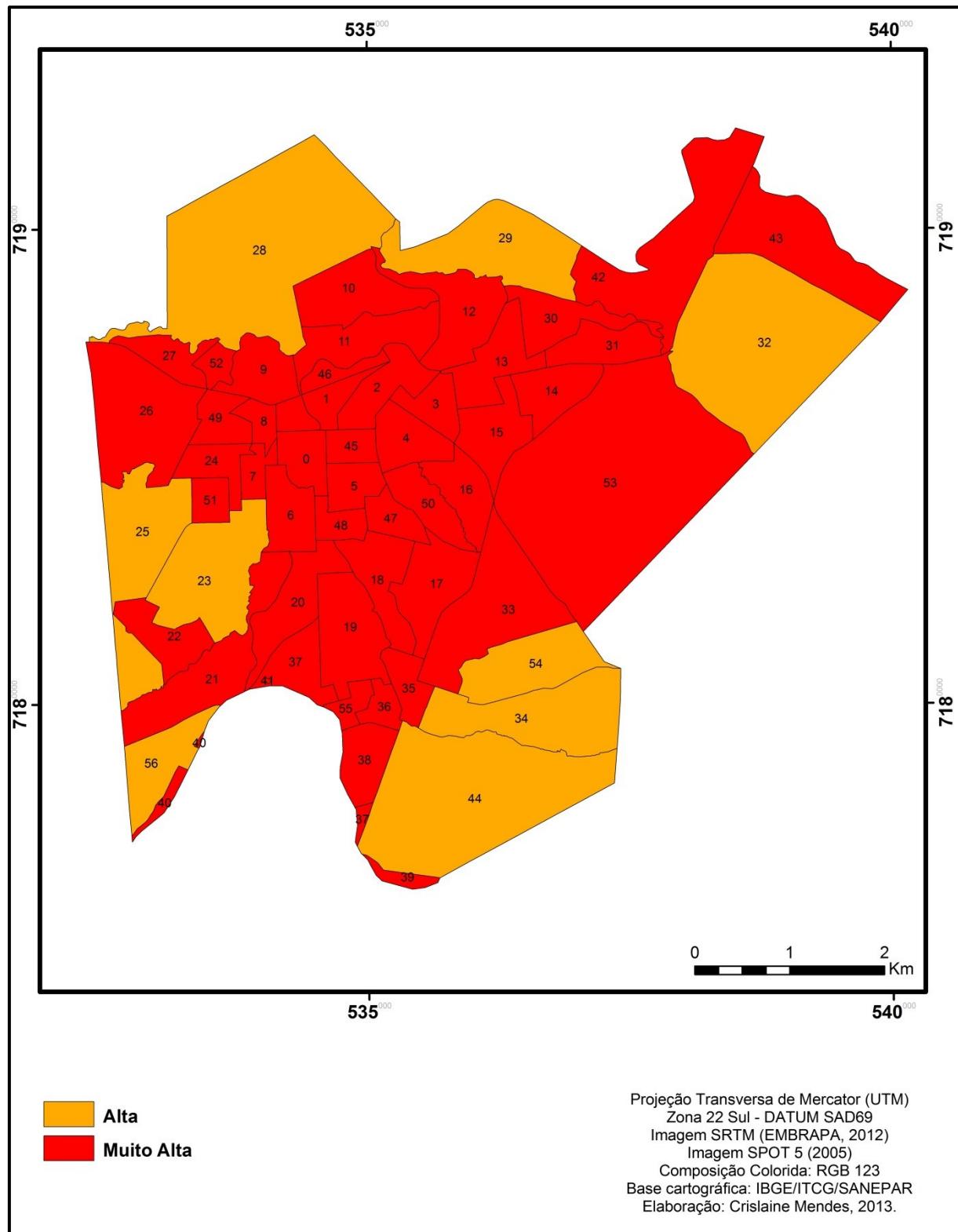
emergente muito alta e alta, foram registradas várias ocorrências de ocupação em áreas de preservação permanente e processo erosivo nas margens dos canais.

Segundo Dubois-Maury e Chaline (2004)

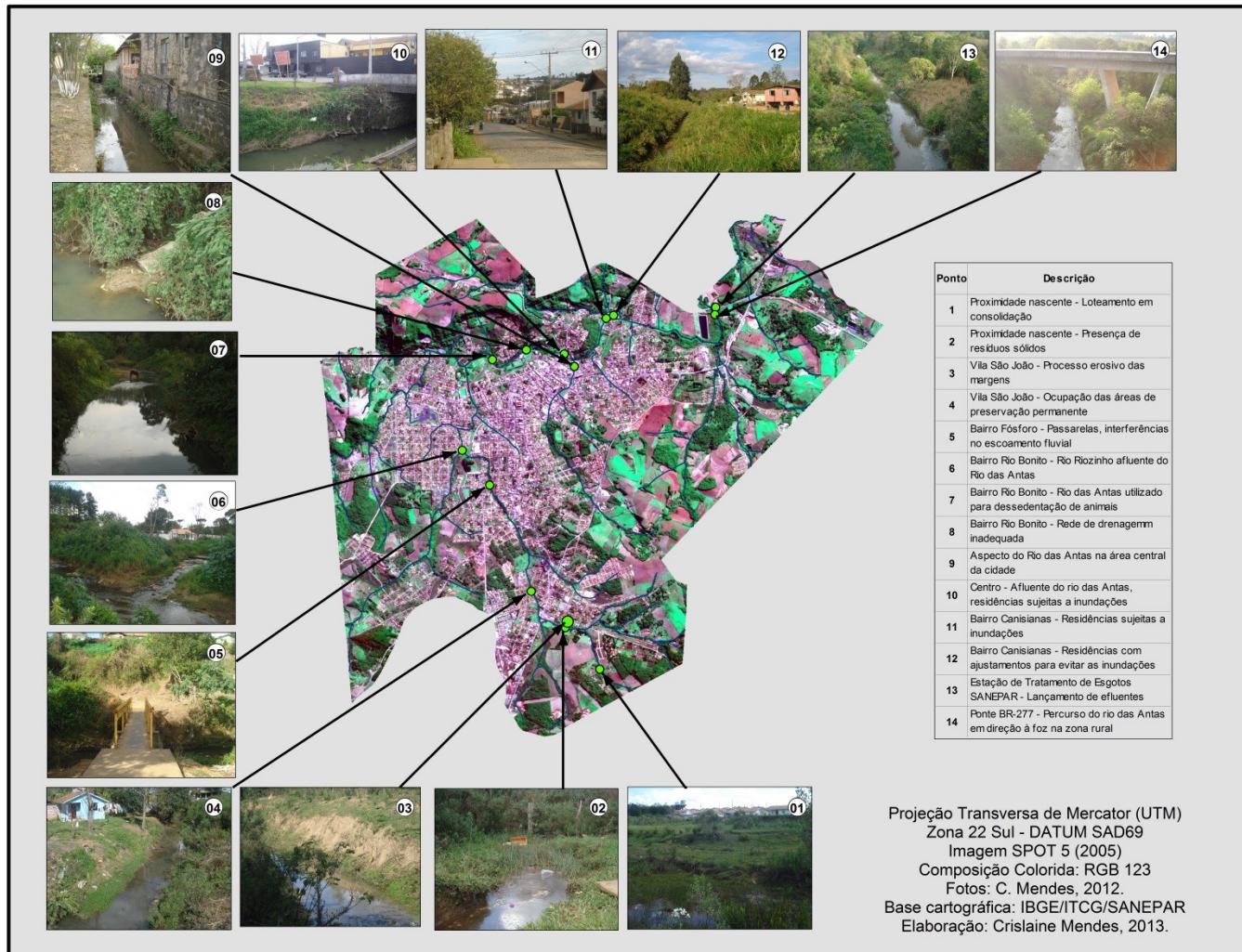
[...] a vulnerabilidade urbana aos riscos é uma noção complexa, na medida em que as vulnerabilidades se encontram territorializadas, ou seja, cada local da cidade possui suas próprias características, que vão determinar sua vulnerabilidade e guiar as respostas de prevenção em face dos perigos. (apud MENDONÇA; LEITÃO, 2008, p. 147).

Analizando-se os resultados obtidos no cruzamento dos dados, foram identificadas como áreas de risco ambiental aquelas que apresentaram fragilidade emergente muito alta que abrangem quase a totalidade da área estudada, ou seja, 84%. Apesar da adoção do critério fragilidade ambiental igual a risco ambiental, é preciso ponderar que o risco está associado à probabilidade de dano, e essa probabilidade vai além das condições naturais do meio. Sendo assim, o uso dessa metodologia não eliminou a análise de outras variáveis convergentes ao risco como os aspectos sociais e também de infraestrutura urbana.

**Figura 25** – Irati/PR: Fragilidade Ambiental Emergente da área urbana na Bacia do Rio das Antas.



**Figura 26** – Irati/PR: Rio das Antas em seu percurso na área urbana do município: aspectos e impactos ambientais.



### 5.3 Índices de Vulnerabilidade Infraestrutural e Social

A ocupação urbana de planícies inundáveis é um dos principais fatores contribuintes para o processo de inundações. As moradias próximas às margens de corpos hídricos ampliam a vulnerabilidade diante da ocorrência de enchentes, especialmente se somadas à falta de sistema de drenagem pluvial adequado. Outro aspecto determinante à vulnerabilidade são as condições de habitação e os índices de esgotamento sanitário. Em geral, famílias numerosas, que não tem acesso à rede coletora de esgoto, que não são atendidas por coleta de resíduos sólidos e que não habitam moradias próprias ou alugadas, ocupam as áreas impróprias próximas aos fundos de vale e, portanto, apresentam maior vulnerabilidade a inundações, necessitando de atenção especial quando atingidas por eventos de desastre.

Como visto anteriormente, cada grupo de indivíduos ao ser atingido por inundações, possui diferentes condições de se recuperar financeira e socialmente. Nesse caso, aspectos como educação, renda e estrutura etária das famílias possibilitam mensurar a capacidade de resposta aos eventos danosos. Logo, a definição da vulnerabilidade social neste trabalho está associada à vulnerabilidade desses grupos ao processo de inundações.

Utilizando a metodologia descrita no Capítulo 3, com a estruturação das 32 variáveis do Censo IBGE 2010 em seis indicadores, foi calculado o Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural - IVINFRA e o Índice de Vulnerabilidade Social – IVSOC, para cada um dos setores. Os índices IVINFRA e IVSOC foram inseridos na tabela de atributos para cada setor censitário urbano da bacia do Rio das Antas, possibilitando a geração dos mapas de Vulnerabilidade Infraestrutural (Figura 27) e de Vulnerabilidade Social (Figura 28). Os índices gerados foram agrupados a cada diferença de 0,10, sendo que o IVINFRA apresentou uma variação de zero a 0,667, e o IVSOC apresentou resultados de zero a 0,897.

No que diz respeito ao IVINFRA, o setor 54<sup>7</sup>, que está localizado na Vila Mathilde, foi o que apresentou o índice de vulnerabilidade mais alto, de 0,628. O indicador que elevou o índice foi de infraestrutura de drenagem pluvial, sendo que 205 domicílios não apresentam pavimentação e 378 não possuem bueiros/boca-de-lobo. Outros três setores: 21 (Bairro Lagoa), 29 (Vila Nova) e 34 (Vila São João), apresentaram Alta Vulnerabilidade e, também,

<sup>7</sup> Código 411070605000066 - Indica o código numérico completo do setor censitário, esse código possui 15 dígitos divididos da seguinte forma: UFMMMMDDSDSSSS, sendo UF-Unidade da Federação, MMMM-Município, DD-Distrito, SD-Subdistrito, SSSS-Setor (IBGE, 2010). Desse modo, foram utilizados na descrição, os códigos de identificação do campo dos respectivos setores, presentes na base de dados do SIG.

tiveram seus índices elevados devido ao número de domicílios com carência de infraestrutura de drenagem.

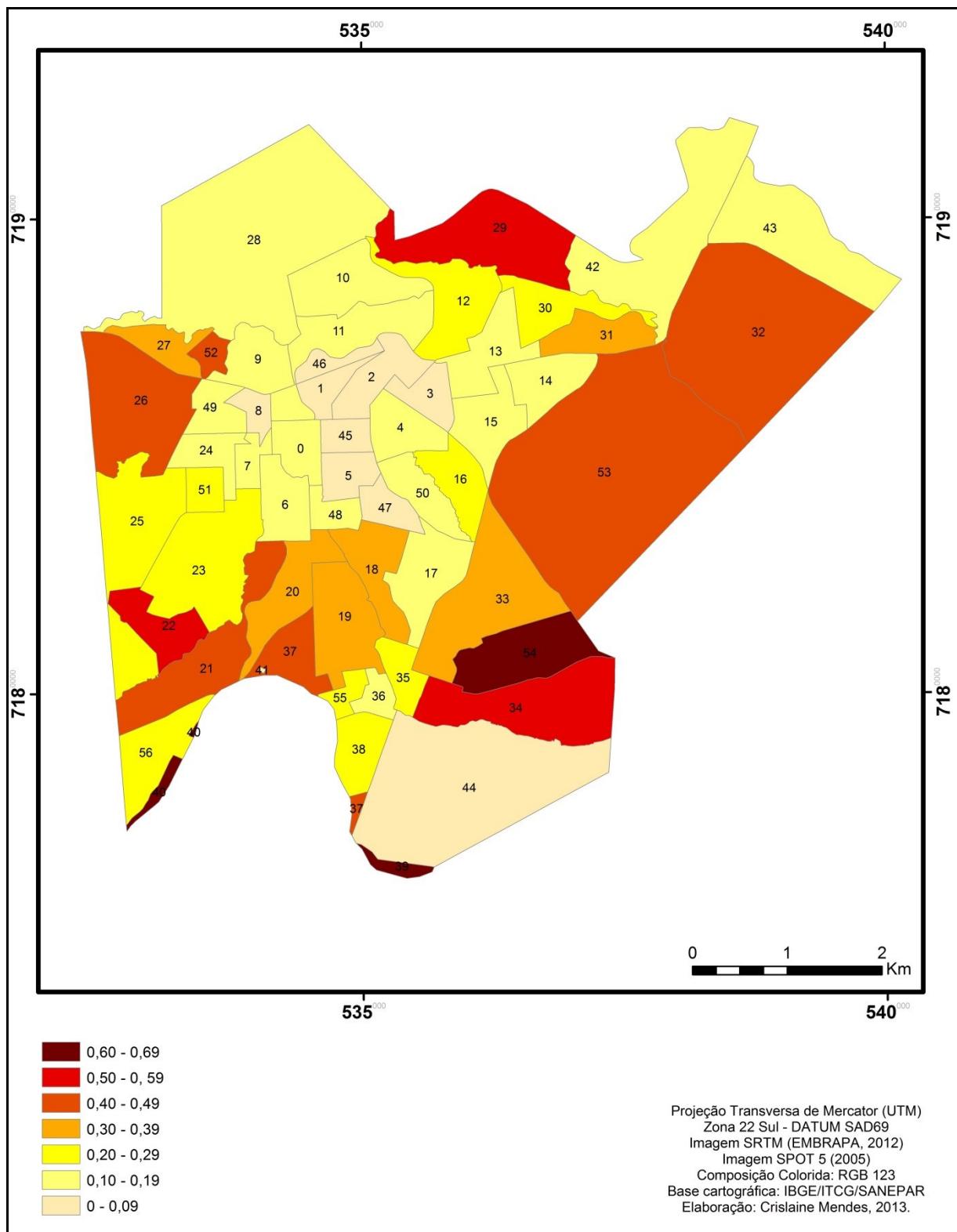
Segundo relato de moradora da Vila Nova ao jornal Hoje Centro Sul de 24/08/2011 (SOUZA, 2011), sobre as enchentes ocorridas naquele mês, o principal agravante não é a elevação do Rio das Antas. Segundo ela “*o pior é uma manilha que passa pelo nosso terreno e que desemboca no rio. Com o rio cheio, tranca essa manilha e a água começa a voltar, não é tanto o rio como é essa água que volta*”. A descrição reafirma os problemas da drenagem urbana, especialmente nos períodos de cheia em áreas inundáveis.

[...] sistemas de drenagem urbana, obsoletos ou mal concebidos são, muitas vezes, os principais responsáveis por frequentes inundações. As inundações que ocorrem ao longo de córregos e ribeirões, localizados fora do sistema principal de drenagem, geralmente têm como causas principais o grande número de bueiros ou pontilhões obstruídos ou com seção insuficiente, o assoreamento dos cursos d’água decorrente do uso e ocupação inadequados do solo nas bacias, as obstruções e confinamentos dos cursos d’água provocados por construções erguidas em suas margens ou sobre eles e, de um modo geral, o aumento das vazões e volumes de cheia decorrentes da ampliação das áreas impermeabilizadas das bacias de drenagem. (MACEDO et al., 2008, p. 43)

Os setores 1, 2, 3, 5, 8, 44, 45, 46 e 47 foram aqueles de menor vulnerabilidade infraestrutural. Com exceção do setor 44 (Vila São João - proximidades do Colégio Florestal), que é pouco urbanizado e onde estão localizadas algumas das nascentes do Rio das Antas, as demais áreas estão localizadas no Centro da cidade e, portanto, são atendidas com esgotamento sanitário, sistema de drenagem pluvial e, também, apresentam os melhores resultados no indicador ‘condições de habitação’ que está associado às variáveis de coleta de resíduos sólidos, número de moradores em cada imóvel, condição de ocupação e adequação da moradia.

De maneira geral, as variações mais representativas se referem ao indicador de drenagem pluvial, definindo os diferentes graus de vulnerabilidade infraestrutural dos setores censitários. Nesse sentido, pode-se afirmar que a pavimentação e a existência de bueiros/boca-de-lobo, entre outros fatores indicados nesse trabalho, são condicionantes de vulnerabilidade ao processo de inundações.

**Figura 27** – Irati/PR: Vulnerabilidade Infraestrutural - IVINFRA da área urbana na bacia do Rio das Antas.



Utilizando o mesmo critério de agrupamento do IVINFRA, a cada alteração de 0,10, o Índice de Vulnerabilidade Social – IVSOC apresentou uma maior variação, com nove classes de vulnerabilidade, enquanto para o IVINFRA foram definidas sete classes.

Cinco setores obtiveram os valores mais altos de vulnerabilidade social, foram os setores: 11 (Colina Nossa Senhora das Graças), 21 (Bairro Lagoa), 24 (Bairro Rio Bonito), 30 (Canesianas) e 54 (Vila Mathilde). Destacam-se na análise o setor 30, que fica no bairro Canesianas, e o setor 11, que abrange ruas da região central (proximidades do Clube Olímpico). Nessas áreas são frequentes as ocorrências de inundações. O setor 54, na Vila Mathilde, apresentou a quarta maior vulnerabilidade social, ressalta-se que foi também o terceiro maior índice de vulnerabilidade infraestrutural, nesse setor estão localizadas nascentes de afluentes do Rio das Antas.

Dos cinco setores acima citados, com a maior vulnerabilidade social, quatro estão entre os dez com os indicadores menos favoráveis de renda e estrutura etária e todos estão entre os dez com os piores resultados no indicador educação, sugerindo que, entre os indicadores adotados para a mensuração da vulnerabilidade social o indicador educação foi determinante. Na variável “Responsáveis alfabetizados (as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares”, o setor 54 alcançou o valor de 383, acima da média de 224,8. Na análise, quanto maior o número alcançado na variável, maior a vulnerabilidade da área, logo esse valor elevou o índice de vulnerabilidade do setor.

Para o indicador estrutura etária, o maior valor, de 38,5, foi atribuído aos setores 24 (Rio Bonito) e 30 (Canesianas), o baixo nível de escolaridade pode interferir na capacidade de resposta em situações de risco. *“Acreditamos que talvez isso resolva, mas não entendemos direito sobre o assunto, e nem sabemos se é a melhor saída para resolver o problema”* (grifo nosso), falou a moradora do bairro Canesianas sobre as intervenções no canal do rio, em reportagem do jornal de circulação regional do dia 24/08/2011, sobre a enchente ocorrida naquela semana.

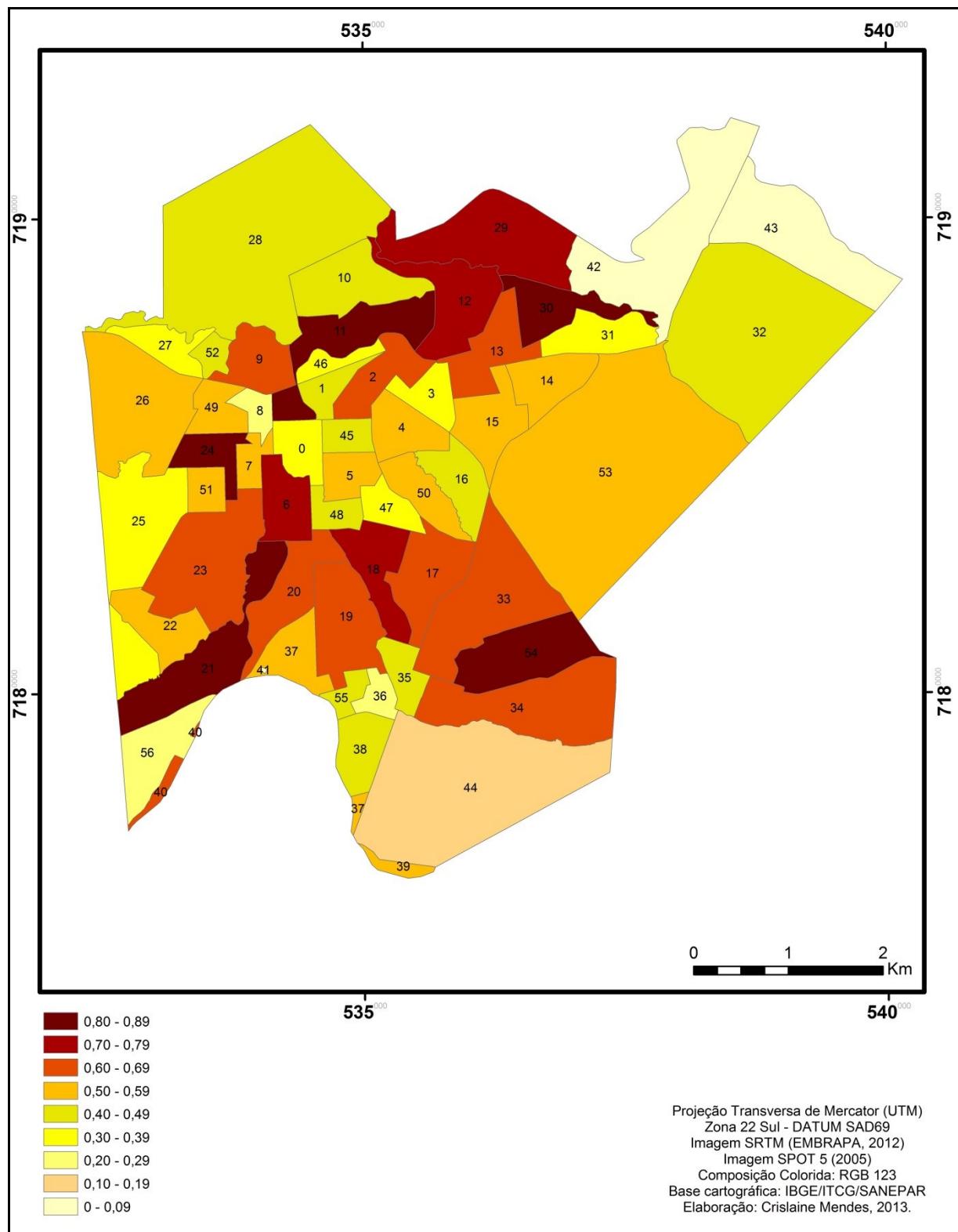
Além disso, houve uma discrepância considerável entre o setor censitário 54 (Vila São João) que se destaca no indicador renda com 309 pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até três salários mínimos ou sem rendimento nominal mensal, enquanto a média para esse indicador foi de 96,11 pessoas. A baixa renda é determinante para a ocupação de locais inadequados, bem como diminui a possibilidade de recuperação econômica-social após a ocorrência de eventos danosos.

Os setores 42 e 43, no bairro Nhapindazal, foram aqueles que apresentaram o menor IVSOC, pois são limítrofes e situam-se na área periférica da cidade às margens da BR-277 e,

apesar de considerados pelo IBGE como do tipo “urbano”, possuem a maior parte de seu território destinado à agricultura, com poucos domicílios. No setor 42 localiza-se a Estação de Tratamento de Esgotos do município que realiza o lançamento de efluentes no Rio das Antas.

As variáveis e indicadores utilizados para a avaliação da Vulnerabilidade Social e Infraestrutural se mostraram adequados à análise, retratando a realidade momentânea, nos setores estudados. O número de domicílios em cada setor influenciou no escalonamento dos índices, levando-os para baixo quando havia poucos domicílios, contudo, essa questão foi resolvida com o uso da expressão “ $I_n$ ” onde o valor de cada indicador é igual ao quociente entre: a diferença entre o valor observado e o mínimo possível e a diferença entre os limites máximos e os mínimos possíveis. Essa condição assinala que, apesar da possibilidade de alguns domicílios estarem vulneráveis e não serem apontados como tal, por pertencerem a conjunto de baixa vulnerabilidade, o IVSOC e o IVINFRA apontam os setores que necessitam de maior atenção, com a identificação detalhada de suas vulnerabilidades.

**Figura 28** – Irati/PR: Vulnerabilidade Social – IVSOC da área urbana na bacia do Rio das Antas.



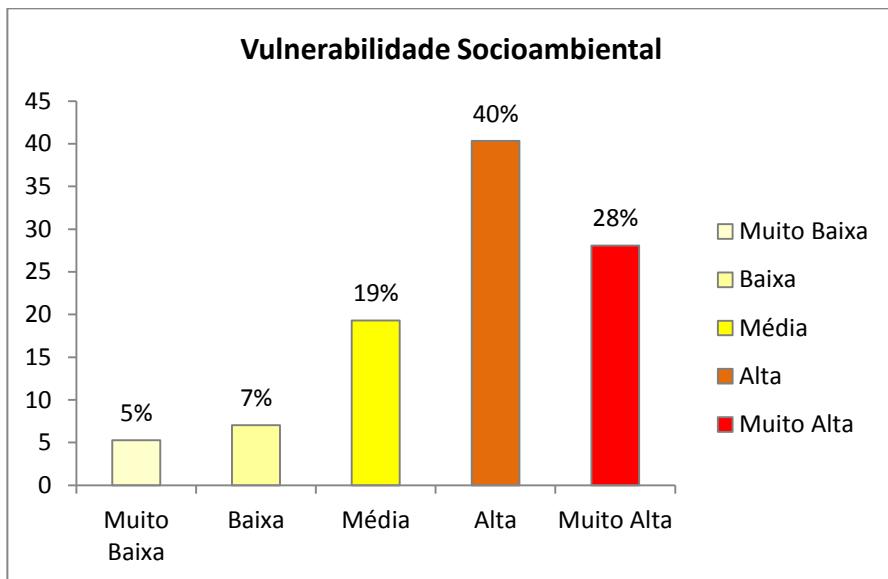
De posse dos dados de IVSOC e IVINFRA, a análise dos setores foi ampliada, com a inserção do IVAMB – Índice de Vulnerabilidade Ambiental. A avaliação desses três índices levou à estruturação do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, buscando integrar as variáveis ambientais, sociais e de infraestrutura que, em conjunto, definem a Vulnerabilidade do Lugar.

#### **5.4 Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA**

Com o objetivo de propor um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para a área urbana da bacia e avaliar suas vulnerabilidades socioambientais, os índices de vulnerabilidade social, infraestrutural e ambiental foram analisados de forma conjunta, utilizando ferramentas de geoprocessamento, conforme metodologia apresentada anteriormente.

A análise resultou em um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para cada um dos setores censitários urbanos. Os índices foram agrupados em cinco classes de vulnerabilidade, sendo as classes definidas a cada variação de 0,2 (Gráfico 4). Dessa forma, entre os 57 setores urbanos, três apresentaram vulnerabilidade socioambiental muito baixa (5%), quatro foram considerados de baixa vulnerabilidade (7%), 11 com vulnerabilidade média (19%), 23 com alta vulnerabilidade (40%) e 16 com vulnerabilidade socioambiental muito alta (28%). O menor índice de vulnerabilidade foi 0,00 no setor 44 (Vila São João – proximidades do Colégio Florestal), e o maior 1,00 no setor 21 (Bairro Lagoa). O setor de menor vulnerabilidade é pouco urbanizado, o que diminuiu sua fragilidade emergente e, consequentemente, seu IVSA. Já o Bairro Lagoa apresentou as piores condições sociais, o que levou seu IVSOC a ser o maior entre os setores pesquisados.

**Gráfico 4 – Percentual de Vulnerabilidade Socioambiental na área urbana da bacia do Rio das Antas.**



**Organização:** Crislaine Mendes.

Nos setores de muito baixo e baixo IVSA – 25 (Alto da Lagoa), 56 (Jardim Orquídeas), 44 (Vila São João), 41 (Asilo Santa Rita), 23 (Rio Bonito), 28 (DER) e 32 (Nhapindazal, proximidades da Cerealista) – que juntos somam 12% da área, obtiveram baixos índices, explicado pela localização em áreas pouco urbanizadas, apresentando baixa fragilidade ambiental, o que diminuiu o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

Os 11 setores com Média Vulnerabilidade Socioambiental, correspondentes a 19% do total, estão distribuídos em toda a área urbana, sendo que apresentaram valores semelhantes nos resultados para a Fragilidade de Solo e Declividade, nos demais parâmetros ambientais, sociais e infraestruturais, os índices variaram entre os setores com médio IVSA.

A distribuição espacial de setores censitários (18, 19, 21, 22, 24, 30, 33, 37, 39 e 40) com os maiores índices IVSA, coincide com aqueles que possuem as maiores carências sociais e infraestruturais. Os bairros Stroparo, Fósforo, Jardim Aeroporto, Jardim Virgínia, Lagoa, Rio Bonito, Canesianas e Vila Raquel, que detêm os 10 maiores índices de vulnerabilidade socioambiental, apresentam coincidências com a distribuição espacial daqueles setores com baixa qualidade para os parâmetros habitação, educação, infraestrutura, renda, esgotamento sanitário e drenagem.

Outro aspecto a destacar é a concentração na distribuição espacial dos setores com o IVSA muito alto, localizados nas áreas periféricas e, também, no centro da cidade. Há coincidências entre esses setores com os de alta fragilidade ambiental emergente, ou seja,

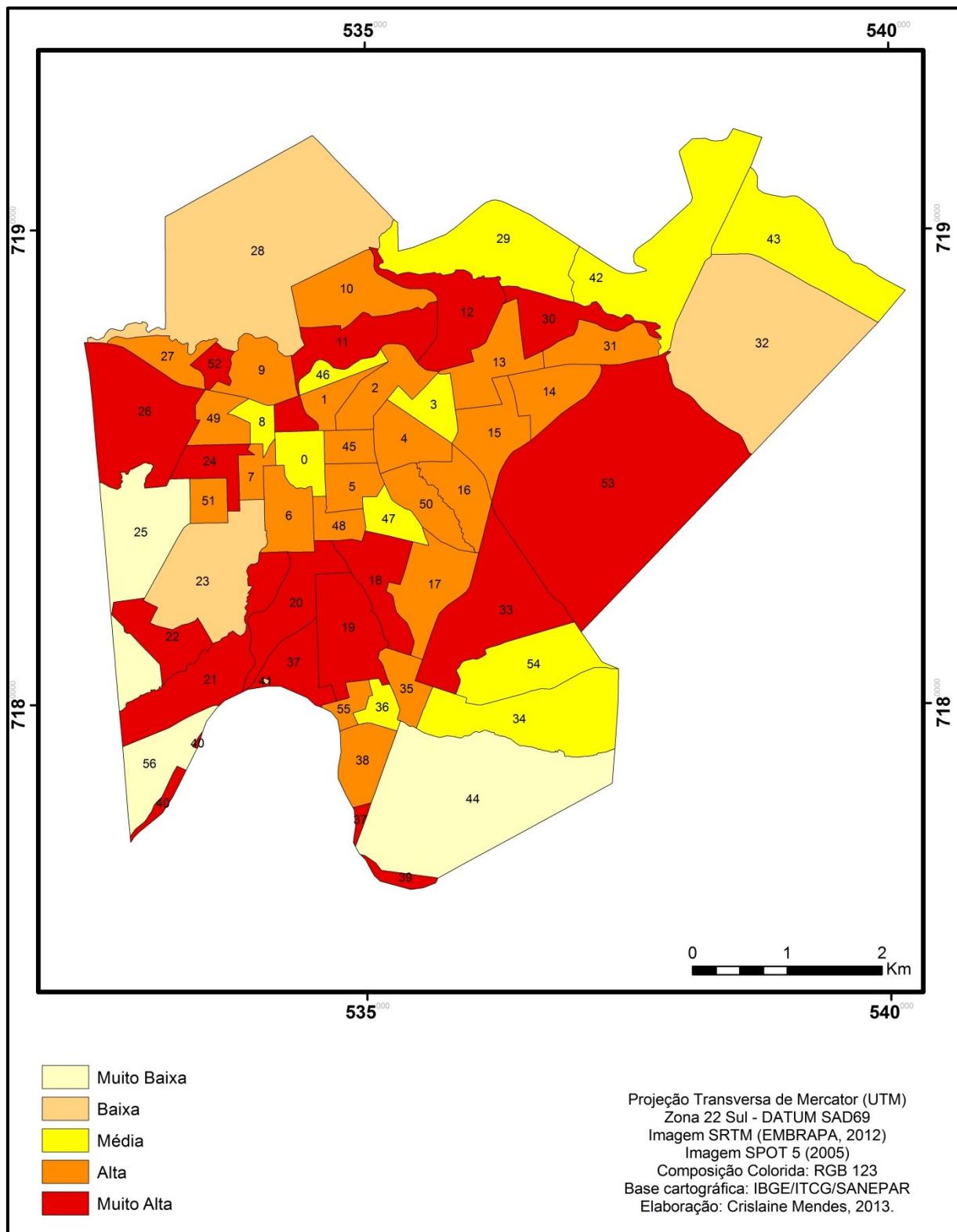
setores mais expostos ao risco de ocorrência de inundações. É comum a essas áreas a densidade populacional, com loteamentos consolidados a exemplo dos bairros Rio Bonito, Lagoa, Canesianas e Fósforo.

O bairro Lagoa, com a maior vulnerabilidade entre todos os setores, está também entre os 10 mais vulneráveis em cinco dos seis indicadores analisados, com condições melhores apenas no índice de esgotamento sanitário. Isso indica que não há um único parâmetro que condiciona a vulnerabilidade, ou seja, é a superposição dos fatores discutidos que elevam os índices de vulnerabilidade. Nesse caso, quanto maior a carência de infraestrutura urbana, de educação, de habitação, de renda e outros, maior a vulnerabilidade socioambiental.

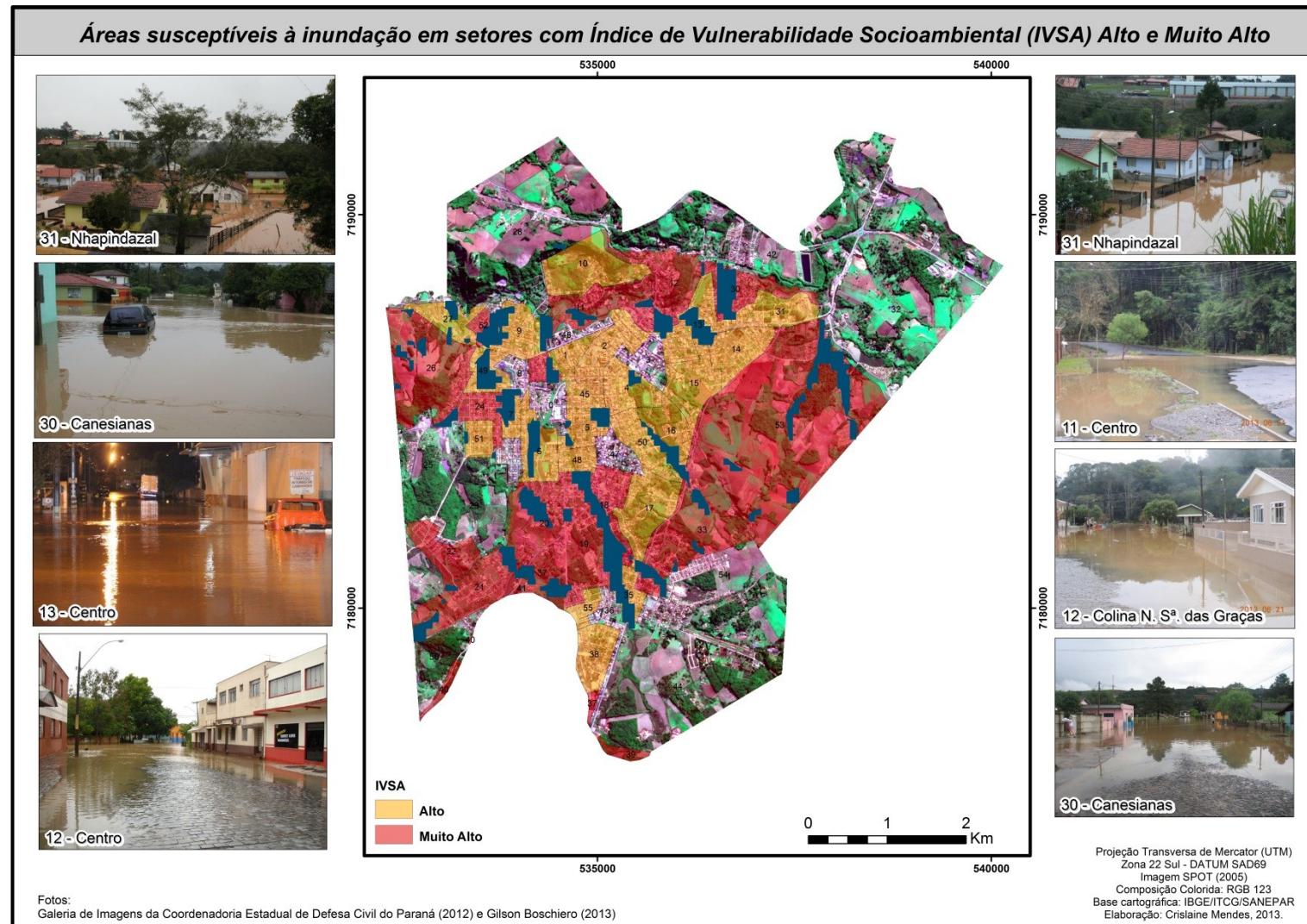
Considerando que, a vulnerabilidade socioambiental a inundações está associada aos aspectos sociais, infraestruturais e ambientais, as áreas sujeitas ao risco de inundações foram identificadas por meio da caracterização dos aspectos geoambientais e posterior avaliação de sua fragilidade emergente. Assim, as áreas com baixa declividade e também com condições sociais e infraestruturais precárias foram avaliadas como a de maior risco. Alguns setores da periferia urbana, caracterizados por alta densidade de drenagem, também foram identificados, como os bairros Nhapindazal, Rio Bonito e Lagoa.

A análise dos aspectos sociais (educação, renda e estrutura etária) e de infraestrutura (esgotamento sanitário, drenagem e condições de habitação), possibilitou identificar a capacidade de resposta da população aos episódios de inundações. Os resultados obtidos com a aplicação do IVSA mostram que os setores de maior vulnerabilidade socioambiental são aqueles com maior densidade demográfica e que apresentam as piores condições sociais e de infraestrutura. Os bairros Stroparo, Fósforo, Jardim Aeroporto, Jardim Virgínia, Lagoa, Rio Bonito, Canesianas e Vila Raquel, com os maiores índices de vulnerabilidade, têm sua capacidade de capacidade de resposta diminuída em casos de desastres, pois suas condições sociais e de infraestrutura são mais baixas.

**Figura 29** – Irati/PR: Índice de Vulnerabilidade Socioambiental - IVSA da área urbana na bacia do Rio das Antas.



**Figura 30 – Irati/PR: Setores com IVSA Muito Alto e Alto, áreas susceptíveis à inundação.**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou analisar a vulnerabilidade socioambiental ao risco de inundações na área urbana da bacia hidrográfica do rio das Antas, localizada no município de Irati – PR, para compreensão das inter-relações das vulnerabilidades sociais e exposição aos riscos naturais.

Foram discutidos os conceitos e abordagens teóricas e metodológicas de risco no campo de análise da Geografia Socioambiental, considerando a bacia hidrográfica como unidade de estudo. As abordagens geográficas sobre risco envolvem a análise dos aspectos físicos de determinado ambiente, mas também, do contexto social em que a condição de risco se estabelece. A discussão sobre as metodologias utilizadas na Ciência Geográfica foi relevante para a definição do método e, também, das variáveis adotadas na análise da vulnerabilidade.

O uso de indicadores e índices na prática metodológica para a avaliação de fragilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental, mostrou-se adequado. As variáveis do IBGE utilizadas para a definição do Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural, por meio dos indicadores esgotamento sanitário, rede de drenagem pluvial e condições de habitação, ressaltaram as diferenças, entre os setores, no acesso aos serviços públicos e infraestrutura urbana. Por sua vez, o Índice de Vulnerabilidade Social, composto pelos indicadores educação, renda e estrutura etária, também resultou na caracterização e diferenciação entre os setores.

Apesar de a concentração populacional ser maior em algumas das áreas analisadas, a utilização da expressão “In”, proposta pelo PNUD, reduziu a possibilidade de erro na ponderação de cada índice, pois o valor calculado era o quociente entre: a diferença entre o valor observado e o mínimo possível e a diferença entre os limites máximos e os mínimos possíveis. Desse modo, o fato de um setor ser mais populoso, não significou a ampliação dos seus índices de vulnerabilidade social e infraestrutural.

No que diz respeito à adoção da Fragilidade Emergente como Índice de Vulnerabilidade Ambiental, há que se considerar que, devido à definição de Fragilidade Muito Alta para a classe “urbana”, na carta de Uso e Ocupação do Solo, houve uma generalização da alta fragilidade, por se tratar de uma área urbana. Assim sendo, os setores de uso misto, com áreas destinadas a atividades agropastoris foram definidos como menos frágeis.

Para a aplicação do *Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de Declividade* proposto por ROSS (1994), utilizado como método para identificação áreas de risco ambiental, a escolha das condicionantes: declividade, densidade de drenagem e solo retratou os aspectos fisico-naturais da bacia, que contribuem para a ocorrência do perigo de inundações.

Na proposta metodológica para a determinação da fragilidade potencial natural, entendida como a susceptibilidade e a estabilidade desse sistema às alterações provocadas pelas atividades antrópicas, a atribuição de alta fragilidade às áreas de baixo declive, foi efetiva para a avaliação do processo de inundaçāo. Pode-se concluir que a variável declividade contribuiu para avaliação da Fragilidade Potencial, ao ser integrada às condicionantes: densidade de drenagem e solo.

O arranjo das variáveis na matriz de Fragilidade Potencial influenciou no resultado final, porém na sua correlação com o Uso e Ocupação do Solo, na matriz de definição da Fragilidade Emergente, as diferenças de resultados foram pouco consideráveis. Assim, as áreas com alta Vulnerabilidade Socioambiental permaneceram as mesmas, independentemente da ordenação das variáveis: *densidade de drenagem e solo* na matriz de Fragilidade Potencial.

A hipótese de que a vulnerabilidade socioambiental é maior em áreas de risco, e de que o risco é maior para pessoas em piores condições sociais, foi comprovada pelo Índice de Vulnerabilidade Socioambiental – IVSA. Efetivamente, as áreas com recorrência de episódios de inundaçāo, são também as que possuem piores condições sociais e de infraestrutura, e estão entre aquelas com os mais altos índices de vulnerabilidade.

Com a proposição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para cada um dos setores da área urbana da bacia, foi possível avaliar suas vulnerabilidades socioambientais. Os resultados do IVSA referem-se à totalidade do setor, logo apontam as áreas que necessitam de estudos mais aprofundados, dada a sua vulnerabilidade, estudos esses que não foram objetivo desse trabalho. É possível, por exemplo, tomando como base o índice, identificar pontos específicos dentro de cada setor, que estão sujeitos ao processo de inundaçāo e que devido às suas condições sociais teriam maior dificuldade de recuperação após esses episódios. Em uma análise aprimorada, a delimitação das áreas de vazão máxima do Rio das Antas e afluentes permitiria a estimativa de residências localizadas nas áreas de risco de inundaçāo e a realização de uma pesquisa social identificaria os domicílios mais vulneráveis.

Para que a pesquisa sobre o processo de inundações na bacia hidrográfica do Rio das Antas avance é primordial que, sejam desenvolvidos trabalhos relativos à caracterização

hidrológica da bacia, área de drenagem, perímetro da bacia, coeficiente de capacidade, fator de forma, sistema de drenagem, comprimento do talvegue, ordem da bacia, densidade da drenagem, extensão média do escoamento superficial, sinuosidade e declividade do canal principal, declividade média da bacia, elevação média da bacia, altitudes máxima, mínima e média, além de estudos hidrológicos e hidráulicos das cheias do rio, com a delimitação das áreas de inundação e produção de perfis transversais ao longo do rio.

Constatou-se nesse trabalho por meio da pesquisa bibliográfica e de campo, que historicamente, as mesmas áreas são atingidas pelas inundações e que, apesar disso, as ações do poder público são pouco efetivas, como por exemplo, a construção de pontes e passarelas de concreto que não são levadas pelo rio em caso de enxurradas, a desobstrução dos canais e plantio de mudas em áreas de preservação permanente. Em alguns casos a população que fica desalojada ou desabrigada, recebe auxílio financeiro e/ou donativos (móveis, roupas, material de higiene e limpeza, etc.), como compensação pelos danos que sofreram.

Concluiu-se que as condições sociais estabelecem o local de moradia e que nesse caso, somados aos aspectos do meio físico, definem a vulnerabilidade do lugar. Apesar das políticas públicas vigentes facilitarem o acesso à moradia, nem sempre os loteamentos são implantados em áreas de baixa fragilidade ambiental, o que amplia o risco e, por conseguinte sua vulnerabilidade.

A utilização da proposta do IVSA, somada à análise do Modelo de Fragilidade Potencial Natural, permitiu estabelecer as áreas de maior risco o que poderá direcionar pesquisas e planejamentos futuros para a gestão da área urbana da bacia, bem como aplicar o índice a outras bacias hidrográficas que possuam características semelhantes.

Ficou evidente com esse trabalho que, há complexidade na definição de ações preventivas e que estas exigem planejamento de curto, médio e longo prazo. O processo de ocupação dos assentamentos humanos necessita ser planejado, evitando a utilização das áreas de várzea e, portanto, inundáveis, para moradias irregulares. Sobretudo, é primordial que ocorram investimentos em infraestrutura especialmente de melhoria de redes de drenagem pluvial.

Com esse propósito as políticas públicas não devem ser direcionadas somente à gestão do desastre, com a preocupação em remediar os prejuízos causados pelas inundações ou outros tipos de ocorrências, é preciso consolidar o gerenciamento do risco, com ações de previsão e prevenção.

As ocorrências de inundações têm sido frequentes, sejam esses episódios associados ou não às mudanças climáticas. Há que se considerar que, as interferências antrópicas na

dinâmica do sistema bacia hidrográfica ampliam a possibilidade desse fenômeno. O homem integra e constrói esse cenário, portanto, a compreensão dos conceitos de risco, fragilidade e vulnerabilidade, é imprescindível na busca de soluções que eliminem ou reduzam os danos provocados por esse processo que, naturalmente, acontece ao longo dos canais fluviais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, Henri. **Vulnerabilidade Ambiental, processos e relações**. Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais, FIBGE, Rio de Janeiro, 24 ago. 2006.
- ALMEIDA, Lutiane Queiroz De. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia – Organização do Espaço). Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 2010.
- ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos da População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.
- ANDRADE, Aparecido Ribeiro de. **Articulações entre o clima urbano e o clima regional: uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava/PR**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2010.
- ANDRADE, Aparecido Ribeiro de; ROSEGHINI, Wilson Flávio Feltrim; MENDONÇA, Francisco de Assis. Analise do campo térmico da cidade de Irati/PR: primeiros experimentos para a definição do clima urbano. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 57-78, jun. 2010.
- ANDREOZZI, Sylvio Luiz. **Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- ANTONELI, Valdemir; BEDNARZ João Anésio. Erosão de solos sob o cultivo do tabaco (*Nicotina tabacum*) em uma pequena propriedade rural no município de Irati Paraná. **Revista Caminhos de Geografia Uberlândia**, Uberlândia, v. 11, n. 36 dez/2010 p. 150 – 167.
- BARTEKO, Regiane; ANDRADE, Aparecido Ribeiro; ANTONELI, Valdemir. A influência da variabilidade climática e das características geomorfológicas na produção e na produtividade agrícola da região centro-sul do Paraná. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, 16, 2010, Porto Alegre, **Anais...**Porto Alegre: AGB, 2010. p. 1-11.
- BELFORT, Caio Flávio Nunes Lopes de Abreu e Lima; BARBOSA, Ioná Rameh Beltrão. Avaliação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó em Pernambuco Utilizando Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, **Anais...**Curitiba: INPE, 2010, p.1137-1144.
- BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos E. M. Urbanización. In \_\_\_\_(Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.p. 1-6.
- BHERING, Silvio Barge. **Mapa de solos do Estado do Paraná: escala 1:250.000**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

BOLLMAN, Harry Alberto. Metodologia para a avaliação ambiental integrada. In: MAIA, Nilson Borlina; MARTOS, Henry Lesjak; BARELLA, Walter. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. 32p

BOSCARDIN, Cláudia Regina. **A gestão de bacias hidrográficas urbanas: a experiência de Curitiba**. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

BRAGA, Tania Moreira. OLIVEIRA, Elzira Lucia de. GIVISIEZ Gustavo Henrique Naves. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 15, 2006, Caxambú, 2006, **Anais...** Caxambú: ABEP, 2006, p. 1-17. Disponível em <[www.abep.org.br](http://www.abep.org.br)>. Acesso em: 23 mai. 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Desastres**. Brasília: MIN, 2003.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2011**. Brasília: MMA, 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 12.608 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e dá outras providências. Disponível em:...Acesso em: 19/08/12

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: MIC/IPT, 2007.

CASTRO, Cleber Marques de; OLIVEIRA PEIXOTO, Maria Naíse de; RIO, Gisela Aquino Pires do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Rio de Janeiro, Vol. 28, 2, p. 11-30, 2005.

COELHO, Maurício Rizzato et al. O recurso natural solo. In: MANZATTO, Celso Vainer. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

COSTA, Fabiane Hilario dos Santos et al. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 58/02, p. 119-127, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia: introdução**. São Paulo: Editora HUCITEC, 1979.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1999.

CUNHA, José Marcos Pinto da et al. **A vulnerabilidade social no contexto metropolitano: o caso de Campinas**. Disponível em: <[http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/vulnerabilidade/arquivos/arquivos/vulnerab\\_cap\\_5\\_pgs\\_143\\_168.pdf](http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/vulnerabilidade/arquivos/arquivos/vulnerab_cap_5_pgs_143_168.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2012.

CUTTER, Susan L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v.20, n. 4, p.529-539, dec. 1996.

CUTTER, Susan. L.; BORUFF, Bryan. J.; SHIRLEY, W. Lynn. **Social Vulnerability to Environmental Hazards**. Social Science Quaterly, v. 84, n. 2, jun 2003, p.242-261.

DIAS, Genebaldo Freire. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica**. Brasília: IBAMA, 1997.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, dez. 2007.

DEMAROJOVIC, Jacques. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental: perspectivas para a educação corporativa**. São Paulo: SENAC, 2003.

DONHA, Annelissa G.; SOUZA, Luiz C. de P.; SUGAMOSTO, Maria L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.175-181, 2006. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

FIGUEIREDO, Maria Cléa Brito de (et al). Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

FURLAN, Mariele Coletto; LACRUZ, María Silvia Pardi; SAUSEN, Tania Maria. Vulnerabilidade socioeconômica à ocorrência de eventos extremos: proposta metodológica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 16, 2011, Curitiba. **Anais...**Curitiba: INPE, 2011. p.4540-4546.

GAMBA, Carolina. **Avaliação da vulnerabilidade socioambiental dos distritos do município de São Paulo ao processo de escorregamento**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana). Universidade de São Paulo: São Paulo, 2011.

GARCIAS, Carlos Mello. Indicadores de qualidade ambiental urbana. In: MAIA, Nilson Borlina; MARTOS, Henry Lesjak; BARELLA, Walter. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. 11p.

GOERL, Roberto Fabris; KOBIYAMA, Masato; PELLERIN, Joel R. G. Marcel. Mapeamento de vulnerabilidade no município de rio Negrinho – SC: uma proposta metodológica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 40, p. 205-221, dez. 2011.

GONÇALVES, Geula Graciela Gomes et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas – o caso da bacia do Rio Dourados - MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2, 2009, Corumbá. **Anais...**Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p.422-432.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Relatório Censo Demográfico 2010 - Características do Entorno por Setores Censitários (Iraty - PR)**. Biblioteca IBGE, Curitiba- PR, 2012.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável Brasil 2004**. [2004]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/defaulttab.shtml>>. Acesso em: 24 abr. 2012.
- IPARDES. **Índice IPARDES de Desempenho Municipal**. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/ipdm/IPDM\\_indice\\_geral\\_2002\\_2009.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/ipdm/IPDM_indice_geral_2002_2009.pdf)>. Acesso em 29 mai. 2012.
- JORGE, F.N. de; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A.M.S; BRITO, S.N.A. (Org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia (ABGE), 1998. p. 101-109.
- KAWAKUBO, Fernando Shinji et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. **Anais...Goiânia**: INPE, 2005, p. 2203-2210.
- LEAL, Carmem Terezinha; PEIXE, Blênio César Severo. Estudo dos indicadores de sustentabilidade ambiental no Paraná com recorte para os recursos hídricos utilizando o geoprocessamento. In: PEIXE, Blênio César Severo... [et al.]. **Formulação e Gestão de Políticas Públicas no Paraná: Reflexões, Experiências e Contribuições**. Foz do Iguaçu: Universidade Estadual do Oeste do Paraná – EDUNIOESTE, 2010.
- LEFEBVRE, Henri. **Espaço e Política**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.
- MACEDO, Eduardo Soares de et al. Desastres naturais: situação mundial e brasileira. In: MACHADO, Rômulo. **As Ciências da Terra e sua importância para a humanidade**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, Livros Textos, 2008.
- MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: Realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- MARANDOLA JR. Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 14, 2004, Caxambu. **Anais...Caxambu**: ABEP, 2004, p.1-25. Disponível em: <[www.abep.org.br](http://www.abep.org.br)>. Acesso em: 12 fev. 2012.
- MARCELINO, Emerson Vieira. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. INPE: Santa Maria, 2007. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/publicacoes/conceitosbasicos.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2012.
- MEDEIROS, José Simeão de; CÂMARA, Gilberto. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- MENDONÇA, Francisco de Assis; LEITÃO, Sanderson Alberto Medeiros. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **Geotextos**, 2008, v. 4, n.1 e 2, p. 145-163, 2008.

MENDONÇA, Francisco de Assis; KOZEL, Salete. (Org.). **Elementos da epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Editora da UFPR, 2002.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2006.

MORATO, Rúbia Gomes. **Análise espacial e desigualdade ambiental no município de São Paulo**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NASCIMENTO, Dária Maria Cardoso; DOMINGUEZ, José Maria Landim. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, n.3, p. 395-408, set. 2009. Disponível em: <[www.sbgeo.org.br](http://www.sbgeo.org.br)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

NETTO, Ana L. Coelho. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. (Org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

PARANÁ. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná. **Primeira fase do mapeamento de risco de desastres no Estado do Paraná**. 2012. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/modules/conteudo>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Diagnóstico do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. Curitiba: SUDERHSA, 2009. Disponível em: <<http://www.sema.pr.gov.br>>. Acesso em: 06 jun. 2011.

\_\_\_\_\_. Instituto das Águas do Paraná. Comitês de Bacia Hidrográfica. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=204>>. Acesso em: 20 out. 2013.

PINESE, João Paulo P. Síntese geológica da bacia do rio Tibagi. In: **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina (PR): M.E. Medri, 2002.

PINHEIRO, Adilson. Enchente e inundação. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. – Brasília: MMA, 2007, p. 95-106.

PNUD. **O que é o IDH**. 2013. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/IDH/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li\\_IDH](http://www.pnud.org.br/IDH/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDH)>. Acesso em: 14 jan. 2013.

REBELO, Fernando. **Geografia Física e Riscos Naturais**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p.1-35

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SCOLFORO, José Roberto et al. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2008.

SILVA, Cristiano Alves da; NUNES, Fábio de Paiva. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. *Anais...* Natal: INPE, 2009, p. 5435-5442.

SMITH, Keith; PETLEY, David N. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster.** 5a. ed. London: Routledge, 2009.

SOUZA, Adriana. Famílias ribeirinhas buscam solução para acabar com os alagamentos. **Hoje Centro Sul**, Irati, 24 ago. 2011. Caderno Geral. Disponível em: <<http://hojecentrosul.com.br/geral/familias-ribeirinhas-buscam-solucao-para-acabar-com-os-alagamentos/>>. Acesso em: 14/02/2013.

SOUZA, Lucas Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. **Percepção de Riscos Ambientais: Teoria e Aplicações.** Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.

SUERTEGARAY, D.M.A. Geografia física(?) Geografia Ambiental (?) ou Geografia e Ambiente (?). In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Org.). **Elementos da epistemologia da geografia contemporânea.** Curitiba: Editora da UFPR, 2002. p. 11-43.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** FIBGE: Rio de Janeiro, 1977.

TUCCI, Carlos E.M. **Impactos da variabilidade climática e o uso do solo sobre os recursos hídricos.** Brasília: ANA – Fórum Brasileiro de mudanças climáticas, 2002.

TUCCI, Carlos E.M. **Gestão das inundações urbanas.** Curso. Porto Alegre: o autor, 2005.

ULTRAMARI, Clovis; REZENDE, Denis A.; FIRMINO, Rodrigo. Dos conceitos de acidentes naturais e antrópicos e suas correlações sóciodemográficas: o caso do Estado do Paraná. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 16, 2008, Caxambu. *Anais...* Caxambu: ABEP, 2009, p.1-19. Disponível em: <[www.abep.org.br](http://www.abep.org.br)>. Acesso em: 18 fev. 2012.

UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010:** volume Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012.

VASCONCELOS, Vitor Vieira. **Frentes agrícolas de Irrigação e zoneamento ecológico-econômico: estudo de caso da Bacia de Entre-Ribeiros – noroeste de Minas Gerais.** 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia - Informação Espacial). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VEYRET, Y. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

ZAHRAN, Sammy. et al. **Social vulnerability and the natural and built environment: a model of flood casualties in Texas**. Overseas Development Institute, 2008.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A**  
**Planilha de indicadores e de índices de vulnerabilidade socioambiental**

Cod_setor	Esgotamento_San		Drenagem		Condições de habitação				Educação		Renda		Estrutura_etaria		Indicadores_INFRA		Indicadores_SOC		Índices_INFRA		Índices_SOC		Índices Gerais			Média Índices	IVSA		
	Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	VI	Vm	Iesg	Idre	Ihab	Iedu	Iren	Ieta	I_ESG	I_DRE	I_HAB	I_EDU	I_REN	I_ETA	IVINFRA	IVSOC	FragEmer	
41107060500001	1	0	19	97	0	0	7	0	181	127	3	0	25	0,5	58	1,75	181	65	12,5	0,008333	0,198971	0,104478	0,472585	0,306024	0,315789	0,104	0,365	5	1,823 0,593
41107060500002	0	0	24	39	1	0	10	0	194	116	3	1	51	0	31,5	2,75	194	59,5	26	0	0,108062	0,164179	0,506527	0,279518	0,671053	0,091	0,486	5	1,859 0,641
41107060500003	1	0	0	45	0	0	8	0	239	105	8	3	70	0,5	22,5	2	239	56,5	36,5	0,008333	0,077187	0,119403	0,624021	0,26506	0,947368	0,068	0,612	5	1,893 0,688
41107060500004	7	0	3	33	0	0	3	0	130	37	2	0	39	3,5	18	0,75	130	19,5	19,5	0,058333	0,06175	0,044776	0,339426	0,086747	0,5	0,055	0,309	5	1,788 0,545
41107060500005	6	0	27	75	9	1	7	0	250	125	7	1	58	3	51	4,25	250	66	29,5	0,05	0,174957	0,253731	0,652742	0,310843	0,763158	0,160	0,576	5	1,912 0,712
41107060500006	3	0	11	102	0	0	5	0	206	116	13	1	56	1,5	56,5	1,25	206	64,5	28,5	0,025	0,193825	0,074627	0,537859	0,303614	0,736842	0,098	0,526	5	1,875 0,662
41107060500007	2	1	19	180	0	0	15	0	299	217	64	1	55	1,5	99,5	3,75	299	140,5	28	0,025	0,341338	0,223881	0,780679	0,66988	0,723684	0,197	0,725	5	1,974 0,796
41107060500008	2	0	17	149	2	0	9	0	221	188	16	0	53	1	83	2,75	221	102	26,5	0,016667	0,284734	0,164179	0,577023	0,484337	0,684211	0,155	0,582	5	1,912 0,713
41107060500009	0	0	8	17	2	0	1	0	133	86	4	3	22	0	12,5	0,75	133	45	12,5	0,042882	0,044776	0,347258	0,209639	0,315789	0,029	0,291	5	1,773 0,526	
41107060500010	6	7	14	61	0	0	10	0	278	177	14	1	50	6,5	37,5	2,5	278	95,5	25,5	0,083333	0,128645	0,149254	0,725849	0,453012	0,657895	0,129	0,612	5	1,914 0,715
41107060500011	24	0	46	60	2	2	8	2	194	156	15	1	31	12	53	3,5	194	85,5	16	0,2	0,181818	0,208955	0,506527	0,404819	0,407895	0,197	0,440	5	1,879 0,668
41107060500012	6	9	70	79	0	0	13	0	333	255	19	1	70	7,5	74,5	3,25	333	137	35,5	0,125	0,255575	0,19403	0,869452	0,653012	0,921053	0,192	0,555	5	2,002 0,834
41107060500013	43	1	34	94	0	4	12	1	290	209	6	2	73	22	64	4,25	290	107,5	37,5	0,366667	0,219554	0,253731	0,75718	0,510843	0,973684	0,280	0,747	5	2,009 0,844
41107060500014	15	0	3	156	0	0	12	0	298	148	15	0	69	7,5	79,5	3	298	81,5	34,5	0,125	0,272727	0,179104	0,778068	0,385542	0,894737	0,192	0,686	5	1,959 0,777
41107060500015	26	0	31	77	0	0	9	0	311	153	13	2	40	13	54	2,25	311	83	21	0,216667	0,185249	0,134328	0,81201	0,392771	0,539474	0,179	0,581	5	1,920 0,724
41107060500016	1	0	35	164	0	1	8	0	254	124	12	1	58	0,5	99,5	2,25	254	68	29,5	0,008333	0,341338	0,134328	0,663185	0,320482	0,763158	0,161	0,582	5	1,915 0,716
41107060500017	25	2	36	108	0	2	10	0	199	125	9	0	31	13,5	72	3	199	67	15,5	0,225	0,246998	0,179104	0,519582	0,315663	0,394737	0,217	0,410	5	1,876 0,664
41107060500018	3	1	80	124	0	1	5	0	253	215	11	1	47	2	102	1,5	253	113	24	0,033333	0,349914	0,089552	0,660574	0,537349	0,618421	0,158	0,605	5	1,921 0,725
41107060500019	45	0	68	188	0	0	12	0	323	199	64	12	46	22,5	128	3	323	131,5	29	0,375	0,439189	0,179104	0,843342	0,626506	0,75	0,331	0,740	5	2,024 0,864
41107060500020	21	0	155	272	0	0	14	0	314	231	13	1	44	10,5	213,5	3,5	314	122	22,5	0,175	0,732419	0,208955	0,819843	0,580723	0,578947	0,372	0,660	5	2,011 0,846
41107060500021	33	1	51	240	1	0	8	0	304	241	24	2	34	17	145,5	2,25	304	132,5	18	0,283333	0,499142	0,134328	0,793734	0,631325	0,460526	0,306	0,629	5	1,978 0,802
41107060500022	2	6	223	295	0	6	28	0	369	358	16	4	58	4	259	8,5	369	187	31	0,066667	0,888508	0,507463	0,963446	0,893976	0,802632	0,488	0,887	5	2,125 1,000
41107060500023	23	4	212	216	0	7	31	0	242	248	41	9	27	13,5	214	9,5	242	144,5	18	0,225	0,734134	0,567164	0,631854	0,689157	0,460526	0,509	0,594	5	2,034 0,878
41107060500024	12	0	35	182	0	0	18	0	288	247	18	4	50	6	108,5	4,5	288	132,5	27	0,1	0,372213	0,268657	0,751958	0,631325	0,697368	0,247	0,694	4	1,647 0,355
41107060500025	10	0	20	54	3	1	16	0	361	286	28	3	74	5	37	5	361	157	38,5	0,083333	0,12693	0,298507	0,942559	0,749398	0,170	0,897	5	2,022 0,862	
41107060500026	7	0	131	142	0	1	10	0	169	159	18	1	15	3,5	136,5	2,75	169	88,5	8	0,058333	0,468268	0,164179	0,441253	0,419277	0,197368	0,230	0,353	4	1,528 0,194
41107060500027	23	0	233	272	0	4	12	0	274	236	20	5	29	11,5	252,5	4	274	128	17	0,191667	0,862029	0,238806	0,715045	0,609639	0,434211	0,432	0,586	5	2,006 0,840
41107060500028	34	1	170	180	0	0	10	0	171	158	9	2	21	17,5	175	2,5	171	83,5	11,5	0,216667	0,600343	0,149254	0,446475	0,395181	0,289474	0,347	0,377	5	1,908 0,707
41107060500029	8	11	0	0	0	5	22	0	192	181	18	0	27	9,5	0	6,75	192	99,5	13,5	0,158333	0	0,402985	0,501305	0,472289	0,342105	0,187	0,439	4	1,542 0,213
41107060500030	5	13	147	339	1	4	36	2	352	327	23	4	41	9	243	10,75	352	175	22,5	0,15	0,833619	0,641791	0,91906	0,836145	0,578947	0,542	0,778	4	1,773 0,526
41107060500031	3	0	16	131	0	1	23	0	323	244	26	2	75	1,5	73,5	6	323	135	38,5	0,025	0,252144	0,358209	0,843342	0,643373	0,1	0,212	0,829	5	2,014 0,850
41107060500032	33	3	97	122	0	7	12	3	172	112	46	5	18	10,95	5,5	172	79	11,5	0,3	0,375643	0,328358	0,449086	0,373494	0,289474	0,335	0,371	5	1,902 0,699	
41107060500033	7	1	192	226	1	12	17	2	217	209	6	1	27	4	209	8	21	107,5	14	0,066667	0,716981	0,477612	0,566588	0,510843	0,355263	0,420	0,478	4	1,633 0,336
41107060500034	10	2	196	160	0	11	16	0	283	245	38	10	37	6	178	6,75	283	141,5	23,5	0,1	0,610635	0,402985	0,738903	0,674699	0,605263	0,371	0,673	5	2,015 0,851
41107060500035	84	2	61	170	1	6	16	3	284	271	13	4	39	43	11,5	6,5	284	142	21,5	0,076667	0,396226	0,388608	0,741514	0,677108	0,552632	0,500	0,657	4	1,719 0,452
41107060500036	21	0	5	135	2	0	16	0	213	193	8	1	27	10,5	70	4,5	213	100,5	14	0,175	0,240137	0,268657	0,556136	0,477108	0,355263	0,228</			

## APÊNDICE B

## Recortes de jornais locais com matérias/artigos sobre as inundações ocorridas no município de Iriti

Jornal Folha de Iriti – 30/12/1986 – nº 622



Jornal Folha de Iriti – 28/05 a 03/06/1992 – nº 879



Jornal Folha de Irati – 04/06 a 04/10/1992 – nº 880



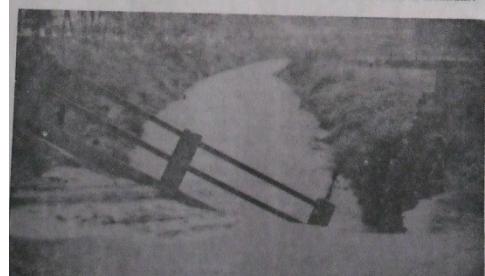
## Irati: 2 bilhões de prejuízos causados pela enchente



O bairro Lamil foi um dos mais atingidos pela enchente. As águas chegaram a cobrir algumas casas.



Próximo ao Samuara Clube de Campo, muitas casas foram inundadas.



No bairro DER, um dos mais atingidos pelas cheias, a ponte ficou desfeita.

**Plantão**  
Farmácia do Rodrigo  
Rua Três de Maio, 164.  
Fone: 22-2166.  
Nº 880

Os prejuízos com a enchente da semana passada em Irati chegam a Cr\$ 2 bilhões, 238 milhões e 5 mil. Verbas para atender a demanda serão reivindicadas junto ao governo federal. O relatório com o levantamento dos estragos no município já foi entregue ao ministro da Ação Social, Raimundo Flávio, em Curitiba, na última quinta-feira, pelo prefeito Alfredo Van Der Neut, que pretende sensibilizar o Governo do Estado no sentido de obter recursos para a reconstrução de casas, recuperação de estradas e auxílio às vítimas da cheia. A Folha publica nas páginas 11 e 12 flagrantes da enchente que atingiu Irati e região, na noite de 28 e madrugada do dia 29 de maio.

## DER interdita rodovia

O engenheiro chefe do 15º Distrito Rodoviário, Sérgio Moreira Gomes, está alertando que a rodovia PR-153, no quilômetro 3, trecho Irati-Imbituba, está interditada devido o desabamento das pilares de apoio da ponte sobre o rio das Antas. Segundo ele, o DER deverá contratar uma firma especializada para proceder a explosão da atual estrutura da ponte, a um custo de Cr\$ 30.000.000,00 (trinta milhões de cruzeiros). A explosão deve ser imediata já que o DER considera a ponte de caráter de emergência.

Sérgio Moreira Gomes informou que a rodovia deverá ficar por uns cinco meses interditada, uma vez que, entre a licitação e execução, há um caminho burocrático a ser traçado. Nesse período a ação será o tráfego por via municipal (estrada do Pinho), que deverá já a partir de segunda-feira, 8, estar sendo preparada para receber trânsito pesado entre Irati e Imbituba. A construção de uma nova ponte, de acordo com o engenheiro, deverá obedecer o custo final de Cr\$ 300.000.000,00.

## Pós-Graduação em julho na FECLI

A Fecli-Unitriente dando continuidade ao programa de capacitação do corpo docente e demais professores interessados em aprimorar seus conhecimentos, oferece três novos cursos que terão início no próximo dia

Jornal Hoje Centro Sul – 24/02/2010 – p.19

Geral

## Chuvas castigam interior de Irati



Irati - No último final de semana mais uma vez o interior de Irati foi atingido por fortes chuvas, ocasionando alagamentos, destruição de pontes, bueiros e estradas. O pior ocorreu entre as 20h do dia 11 às 5h da madrugada do dia 12. Nestas oito horas foram registrados 188,7mm de precipitação. A Defesa Civil de Irati foi imediatamente acionada e, mesmo sem interrupção da chuva, efetuou vistoria dias 12, 14 e 15, em todas as localidades atingidas.

Os principais problemas afetaram Guamirim, Governador Ribas, Faxinal dos Ferreiros, Faxinal dos Fiori, Taquari, Água Clara, Água Clara dos Baran, Faxinal dos Antonios, Faxinal dos Neves, Valeiros, Águas Mineral, Vista Alegre, Linha F, Linha E, Linha D, Linha B de Itapará, Campina Branca de Itapará, Itapará, Cadeadinho, Cadeado Santana e Água Fria, onde os rios e córregos transbordaram pelo excesso de água.

Ao todo, 12 pontes foram levadas pela água, como a ponte da localidade de Emposados (foto); sete outras pontes tiveram as bases e cabeceiras comprometidas, além de oito bueiros destruídos e 37 danificados. Desmoronamento de barrancos, alagamentos e sulcos de erosão foram registrados em vários pontos das estradas da região.

### Prejuízos gerais

Em Campina Branca, uma família precisou ser alojada na casa de parentes em função do rio, que dista cerca de 200m, ter invadido a residência, chegando a mais de dois metros de altura.

Em Cadeadinho, três pontos da estrada principal foram tomados pelas águas, ultrapassando dois metros de altura e impossibilitando a passagem de veículos ou pessoas. Em Taquari, uma empresa do ramo madeireiro está com as atividades paralisadas em função de que a represa, necessária para a geração de energia, está tomada pelo lodo.

Nas regiões de Água Mineral, Iratizinga, Cadeado Santana e Água Fria, houve prejuízos nas lavouras de soja, feijão e fumo, devido à inundação e chuva pesada.

Cerca de 80 mil pés de fumo foram destruídos. Houve também nesta região o carreamento de lenha das estufas de fumo.

Na região de Governador Ribas, um veículo utilitário ficou submerso nas proximidades do Rio Preto. Nas áreas atingidas em que há tanques, a estimativa é que houve uma perda de 10 toneladas de peixes, que foram levados pela água. Alguns agricultores também relataram o desaparecimento de animais como cavalos, vacas, carneiros e porcos.

### Defesa Civil

Demois dos prazos exigidos a Defesa Civil do município de Irati registrou no último dia 15 a ocorrência no Sistema de Informações Estadual. Imediatamente após o levantamento *in loco* das áreas, contabilizou e registrou os prejuízos decorrentes do desastre natural, a fim de pleitear recursos externos que permitam auxiliar na recuperação da infra-estrutura de estradas, pontes e bueiros da região.

A prefeita em exercício, Marisa Massa Lucas, vem acompanhando pessoalmente todos os levantamentos e trâmites, e deverá decretar situação de emergência nos próximos dias, de acordo com a orientação da Defesa Civil do Estado.

### Providências

Serviços emergenciais estão sendo feitos e já estão liberadas parcialmente para o tráfego as estradas de Faxinal dos Antonios e Faxinal dos Ferreiros, onde inclusive bueiros e pontes foram refeitos. Nos próximos dias as equipes continuarão trabalhando para dar condições de acesso às demais comunidades.

O trabalho tem sido dificultado pela chuva persistente dos últimos dias, sendo realizado na maior parte das vezes de forma manual, porque o tráfego de caminhões e máquinas pesadas pode deteriorar ainda mais algumas estradas afetadas.

A Secretaria de Viação e Obras Rurais prevê que seriam necessários 60 dias com tempo estável para deixar razoavelmente em ordem as estradas da região atingida.

TEXTO E FOTO: ASSESSORIA DA PMB

Jornal Hoje Centro Sul – 28/04/2010 – p.9



Jornal Hoje Centro Sul – 03/08/2011 – p.9



## Jornal Hoje Centro Sul – 24/08/2011 – p.9

Hoje  
Especial

09

# Famílias ribeirinhas buscam solução para acabar com os alagamentos

**Somente esse mês, algumas casas foram invadidas pela água duas vezes**

**Irati** – Em certos momentos, é histórica a ocorrência de alagamentos, consequentemente, a invasão da água nas residências. As famílias que moram nessas áreas já passaram diversas vezes pela situação e já perderam muitos pertences pelo ocorrido. Segundo a Defesa Civil, a localização dessas casas em alguns lugares, ficando até mesmo abaixo no nível do rio, contribui para os constantes alagamentos.

Na quinta-feira (18), nossa reportagem visitava a região próxima à ponte da Vila Nova após solicitação de moradores que relatavam as condições pós-enchente. Segundo as famílias havia muito lixo e entulhos – entre elas, móveis – nas margens do Rio das Antas, provenientes da última enchente ocorrida no inicio de agosto, e que ainda não haviam sido removidos.

A chuva, que já ocorria na quinta, se intensificou durante a madrugada. Na sexta-feira (19) pela manhã, algumas casas já haviam sido invadidas pela água. Na ocasião, encontramos moradores revoltados com a situação, e que tiravam os entulhos no rio.

Um dos pontos mais críticos é um terreno onde há três casas e reside uma

quarentena moradora local já passou diversas vezes pela situação. "Precisamos de uma solução urgente para acabar com isso. Esse ano nem nos recuperamos de uma e já veio

algumas vezes. "A primeira vez fui pega, apesar dos vizinhos terem avisado, não achamos que era tanto, e perdemos quase tudo o que tínhamos dentro de casa", conta Irani.

Segundo os moradores, dessa área específica em que ocorrem os alagamentos, o problema não é que não tem a chuva do Rio das Antas. "O pior é uma manilha que passa pelo nosso terreno e que desemboca no rio. Com o rio cheio, tranca essa manilha e a água consegue a voltar, não tanto o rio consegue essa água que é o Rio das Antas", afirma.

As famílias afetadas dessa área acreditam que, entre as soluções, estaria uma mudança dessa manilha ou outra. Todo ano perdemos muitas coisas de dentro de casa", desabafa Maria.

Irani Terezinha Pereira mora há um ano no local e também já enfrentou a

rio. "Acreditamos que talvez isso resolva, mas não entendemos direito sobre o assunto, e nem sabemos se essa é a melhor solução para resolver o problema", declara Irani.

**Irati**, acredita que as soluções apresentadas não são suficientes para acabar com a necessidade das enchentes. "Aquela local acaba repreendendo a água. Mesmo que sejam feitas intervenções nesse arroio que desemboca no rio, não seria o suficiente. A medida é ressarcir essas famílias e as realocar em outra área da cidade. Ele ainda cita que esse processo de retirada das famílias necessita de um projeto sobre o tema e de verbas parlamentares.

Tanto Maria Elisa como Irani preferem não sair do local, pois trabalham em um local próximo às suas residências. "Queremos achar uma solução e continuar aqui, se não se fosse para um lugar aqui perto e não para outro canto da cidade", frisa Maria.

Os moradores irão realizar uma reunião para discutir quais são suas necessidades emergenciais. Eles pretendem procurar o poder público municipal para expor as questões, que sinalizou estar aberto ao diálogo com as famílias.

TEXTO: ARIANA SOUTO DA ROCHA  
FOTOS: REDAÇÃO

**Outro ponto de alagamento nas proximidades da ponte da Vila Nova**

**A primeira foto foi feita na quinta, a segunda imagem foi na sexta às 10:30 e a última às 12h da sexta**

**Na sexta pela manhã algumas áreas já registravam alagamentos**

**Morador atira os escombros da última enchente no rio**

## ANEXO

### Relatório da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná Ocorrências de Enxurradas ou Inundações bruscas e Enchentes ou Inundações Graduais em Irati (PR) – período: 01/01/1980 a 01/01/2012.

**19/08/2011 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	19/08/2011
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Urbana, Parte da Zona Rural
Pessoas afetadas	200
Casas afetadas	Casas danificadas: 8; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**31/07/2011 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: PROCESSO Reconhecido

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	31/07/2011
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Urbana, Parte da Zona Rural
Pessoas afetadas	8303
Casas afetadas	Casas danificadas: 37; Casas destruídas: 0
Decreto:	Situação de Emergência: Decreto nº 164/2011 em 05/08/2011
Informante	COMDEC - IRATI

**14/02/2011 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: PROCESSO Reconhecido

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	14/02/2011
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Rural
Pessoas afetadas	600
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Situação de Emergência: Decreto nº 047/2011 em 21/02/2011
Informante	COMDEC - IRATI

**26/04/2010 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	26/04/2010
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Urbana, Zona Rural
Pessoas afetadas	3438
Casas afetadas	Casas danificadas: 81; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**11/02/2010 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: PROCESSO Reconhecido

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	11/02/2010
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Rural
Pessoas afetadas	2000
Casas afetadas	Casas danificadas: 1; Casas destruídas: 0
Decreto:	Situação de Emergência: Decreto nº 30/2010 em 17/02/2010
Informante	COMDEC - IRATI

**22/05/2009 Irati:** Enxurradas ou Inundações Bruscas

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HEX - 12.302 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
Data Ocorrência	22/05/2009
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Parte da Zona Urbana, Zona Rural
Pessoas afetadas	5000
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**29/05/1992 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	29/05/1992
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 120; Casas destruídas: 30
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**08/05/1987 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	08/05/1987
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 600; Casas destruídas: 53
Decreto:	Não

**19/12/1986 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais

Situação atual: COMDEC preenchendo documentação inicial

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	19/12/1986
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**01/07/1983 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais

Situação atual: Ocorrência somente para cadastro

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	01/07/1983

Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**15/12/1980 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais  
 Situação atual: COMDEC preenchendo documentação inicial

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	15/12/1980
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

**25/08/1980 Irati:** Enchentes ou Inundações Graduais  
 Situação atual: COMDEC preenchendo documentação inicial

**Detalhes da Ocorrência**

Ocorrência:	NE.HIG - 12.301 - Enchentes ou Inundações Graduais
Data Ocorrência	25/08/1980
Localização	Irati - PR
Coordenadas	Este: / Norte:
Área Afetada	Todo o Município
Pessoas afetadas	0
Casas afetadas	Casas danificadas: 0; Casas destruídas: 0
Decreto:	Não
Informante	COMDEC - IRATI

