



## ANÁLISE DAS ÁREAS DE PERIGO A INUNDAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE SÃO BORJA, ITAQUI E URUGUAIANA, LOCALIZADOS EM MÉDIO CURSO DO RIO URUGUAI - RS

Eléia Righi - Mestranda em Geografia (POSGEA) - Bolsista CAPES - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - leiarighi@yahoo.com.br.

Luis Eduardo de Souza Robaina - Professor do Depato de Geociências - Universidade Federal de Santa Maria - Prédio 17 - Depto de Geociências, CEP 97105-900, Camobi - Santa Maria - RS

-

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a área de abrangência de inundação do Rio Uruguai nos municípios de São Borja, Itaqui e Uruguaiiana no estado do Rio Grande do Sul. O levantamento dos dados referentes à ocorrência de inundações graduais entre 1980-2005, foi embasado nos trabalhos realizados de Reckziegel (2007) e entre 2005-2009 na Defesa Civil. A delimitação da planície de inundação foi realizada através da determinação das áreas planas com declividades inferiores a 2%, compartimentação geomorfológica na região hidrográfica do rio Uruguai realizada pelo IBGE (2004) e imagens *LANDSAT* classificadas. Foram registradas, entre os anos de 1980 e 2009, 43 ocorrências de inundações nos municípios estudados. Na parte central do município de São Borja a planície de inundação chega aproximadamente a 4000 metros, estas áreas são usadas principalmente com a lavoura de arroz, na área urbana a susceptibilidade a inundações aumenta em norte, sul e oeste. Em Itaqui a planície de inundação na área urbana estende-se somente no setor norte. Em Uruguaiiana a planície de inundação aproxima-se de 2500 metros por todo o município, estendendo-se assim ate Quaraí, a área urbana mais atingida é a oeste e a sul.

Palavras chaves: Rio Uruguai, Inundações, Áreas de Perigo

### ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the flooding coverage area of the Uruguai river in the municipalities of the São Borja, Itaqui, and Uruguaiiana, belonging Rio Grande do Sul State. Were used records of floods based on Reckziegel (2007) and Civil Defense works, that covered the periods from the 1980 to 2005 and from 2005 to 2009, respectively. The floodplain delimitation was performed through the determination of flat surfaces with slopes below 2%, through the use of the geomorphological maps (IBGE, 2004), that cover the Uruguay river basin, and through classified *LANDSAT* images. Were recorded between the period from 1980 to 2009 fourth three flooding occurrences in the municipalities studied. In the core of São Borja municipality the flooding plain reaches approximately 4000 meters long. This area has been used mainly for rice cropping. In the urban area the susceptibility to flooding increases from sector to north, south and west. In the Itaqui the floodplain only coincides with urban area in the northern sector. In Uruguaiiana the floodplain reaches about 2.500 meters long and it it has been distributed throughout the municipality, extending up Quarai, the urban area most affected by flooding is the south and west sector. The data referring to the occurrence of floods over between 1980-2005, was based on the work of Reckziegel (2007) and between 2005-2009 in the Civil Defense.

Keywords: Uruguay River, Floods, Flood Hazardous Areas.



## 1-INTRODUÇÃO

As inundações estão diretamente vinculadas à história do homem e ao seu modo de apropriação e uso dos recursos naturais. No passado o avanço da população em novos territórios ocorria através dos rios e as cidades, em sua maioria, localizavam-se às margens dos mesmos para se beneficiarem do meio de transporte principal, os barcos, e, aproveitar-se engenhosamente dos recursos hídricos na irrigação dos campos agrícolas.

Segundo Alcântara Ayala (2002), a ocorrência de inundações é ligada não somente à susceptibilidade da sociedade às características geoambientais, mas também a vulnerabilidade do sistema da sociedade, isto é, sistema econômico – social – político – cultural.

A ocorrência de desastres naturais, particularmente inundações, tem como conseqüência inúmeras perdas sociais e econômicas à população dos municípios atingidos e ao próprio Estado. Estas absorvem 1/3 de todos os recursos referentes à realocação humana e para a recuperação de infra-estruturas destruídas. Constituem-se num dos principais impactos sobre a sociedade (TUCCI e BERTONI, 2003).

Muitos municípios do Rio Grande do Sul, principalmente os que margeiam o rio Uruguai não possuem boa infra-estrutura (tanto urbana quanto rural), que somando com a falta de conhecimento, sobre a dinâmica fluvial e meteorológica<sup>1</sup>, aliada à falta de políticas de restrições à ocupação de áreas de risco (planícies de inundação), deixa a população vulnerável a ocorrência de inundações.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a área de abrangência de inundação do Rio Uruguai nos municípios de São Borja, Itaqui e Uruguaiana no estado do Rio Grande do Sul. Os objetivos específicos consistem em levantar o histórico da ocorrência de inundações no período compreendido entre 1980 a 2009, e, determinar as áreas de Perigo a inundação através do cruzamento das informações de susceptibilidade natural e a ocupação humana.

## 2-LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Uruguai ocupa uma área total de 365.000 km<sup>2</sup> (localização da bacia do rio Uruguai na bacia do rio da Prata) (ANEEL, 2007). A área pertencente à bacia dentro do território brasileiro chega a 174.612 km<sup>2</sup>, sendo que 73% estão no Rio Grande do Sul e 27% em Santa Catarina.

---

<sup>1</sup> Condições de intensa precipitação, que, ocorre em um curto intervalo de tempo ou de forma gradual, mas com altos índices.



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

A distribuição dos municípios estudados as margens do rio Uruguai é em médio curso, conforme a Figura 01.

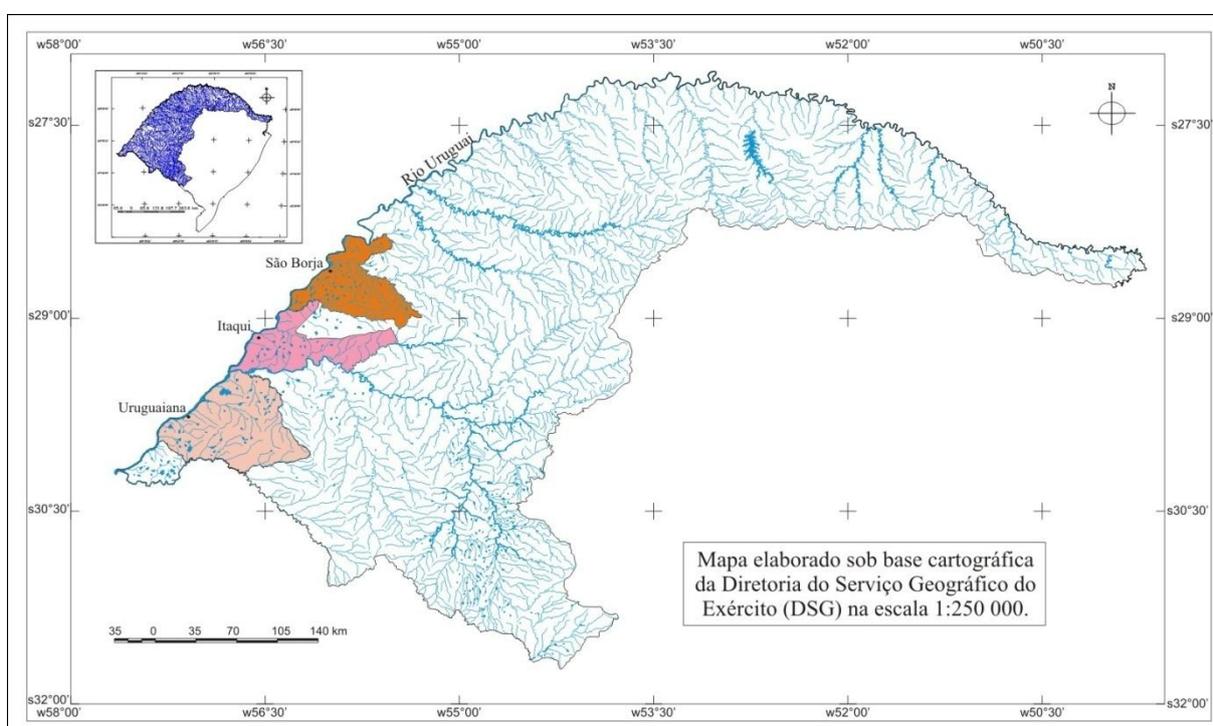


Figura 01: Localização dos municípios estudados nas Sub-bacias Hidrográficas do rio Uruguai no RS.

O município de São Borja possui uma população de 64.820 habitantes, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, ano base 2002, distribuídos em uma área de 3.371,051 Km<sup>2</sup> e densidade populacional de 19,22 hab/Km<sup>2</sup>. A População urbana é de 57.228 habitantes (88,74%) e a rural é de 7.592 habitantes (11,71%).

Itaqui possui uma área de 3.404 km<sup>2</sup> (FEE, 2008), com uma população estimada em 39.770 habitantes, possuindo apenas 4.947 habitantes na área rural (IBGE - Censo 2007). A densidade demográfica do município fica em torno de 10,9 hab/km<sup>2</sup>.



Atualmente a economia do Município de Itaqui está apoiada na rizicultura e pecuária. É o segundo maior produtor de arroz do Estado, a cultura do arroz é realizada próximo às margens do rio Uruguai, onde utiliza as águas do rio para irrigação.

Em 2007 o município de Uruguaiana apresentou uma população estimada de 137.789 habitantes, com uma taxa de urbanização de 95% (FEE) e densidade demográfica de 21,6 hab/Km<sup>2</sup>. Uruguaiana apresenta uma elevadíssima taxa de urbanização, com 94,7% da população residindo na área urbana, e apenas 5,3% na área rural. A economia do município é proveniente, principalmente do setor agrícola, especialmente da cultura orizícola.

### 3-MATERIAIS E MÉTODOS

**Levantamento da Ocorrência de Inundações** - O levantamento dos dados referentes à ocorrência de inundações graduais no rio Uruguai no Estado do Rio Grande do Sul, foi embasado nos trabalhos realizados por Reckziegel (2007), a qual realizou levantamentos entre 1980 a 2005, utilizando duas fontes de dados para os 25 anos analisados: Diário Oficial e informações na imprensa escrita.

Os dados legais referem-se aos decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública, tendo sido levantados junto à Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul e nas publicações do Diário Oficial do Estado. O veículo de imprensa escolhido foi o jornal Zero Hora, no qual foram levantadas as reportagens que continham alguma notícia a respeito da ocorrência de inundações.

As ocorrências entre 2006 e 2009 foram levantadas junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado que se encontra no site da mesma <[www.defesacivil.rs.gov.br](http://www.defesacivil.rs.gov.br)>.

Os dados coletados nas reportagens e junto da Defesa Civil foram: a data de ocorrência do evento; o(s) município(s) atingido(s); a extensão dos danos se houver e as cotas atingidas pelo rio Uruguai nos municípios estudados.

**Levantamento de Dados Cartográficos e Imagens de Satélite** - O material cartográfico utilizado consiste das cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército na escala 1:50.000 que margeiam o rio Uruguai, são elas: Beleza, Sant'Ana Velho, Uruguaiana, Foz do Imbá, São Marcos, Foz do Ibicuí, João Arregui, Itaqui, Tuparaí, Butuí, Itacorá, São Borja e São Borja – E. Foi utilizada a base cartográfica da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército na escala 1:250.000 de todo o Rio Grande do Sul.

As imagens *LANDSAT* foram disponibilizadas pelo INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)), as selecionadas para serem classificadas na ocorrência de inundações são: WRS 225/081 de 03/08/1987, WRS 225/080 de 08/06/1990, WRS 2240/080 de 18/09/1989. As imagens *SRTM*



foram adquiridas gratuitamente, através da EMBRAPA ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)), elas podem também serem baixadas da NASA/USGS (*United States Geological Survey*).

**Compilação dos Dados** - Realizou-se a digitalização do mapa base, sendo utilizado o software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o software Arc GIS 9.2.

No processamento das imagens *SRTM*, a resolução espacial do pixel de 90 metros foi transformada para uma resolução de 15 metros e a partir dessa nova imagem foi obtido o modelo digital de elevação do terreno. Deste modelo de elevação serão gerados os mapas de altitude e declividade.

Para a elaboração do mapa de altitude será utilizado um degrade de cores conforme o aumento da altitude e para o mapa de declividade serão delimitadas três classes temáticas, considerando a legislação que rege as formas de uso e ocupação do solo. Assim, será delimitada a classe inferior a 2%, que são as áreas planas junto as cursos d'água, a classe de declividade correspondente até 5%, que compreende as áreas favoráveis ao uso e ocupação, mas, quando próximas a corpos d'água podem apresentar risco de inundação. A classe de declividade entre 5 e 12%, compreende as áreas que já apresentam alguma restrição de uso e ocupação, e, quando muito próximo aos rios encaixados podem ser ocupadas pela elevação do rio. A classe acima de 12% de declividade engloba as áreas que não oferecem nenhum risco as inundações.

Nas imagens *LANDSAT* foram aplicados procedimentos de realce como manipulação do histograma, operação aritmética, filtragem e Análise de Componentes Principais- ACP, para uma melhor interpretação visual.

Posteriormente, foram realizados: o georreferenciamento, o mosaico das imagens e a classificação digital supervisionada desse mosaico, tendo sido definida apenas a classe temática correspondente aos corpos de água.

A delimitação da planície de inundação em médio curso do rio Uruguai (englobando todos os municípios) será realizada através da determinação das áreas planas com declividades inferiores a 2%, além da compartimentação geomorfológica (Figura 02) na região hidrográfica do rio Uruguai realizada pelo IBGE (2004) e imagens *LANDSAT* classificadas.

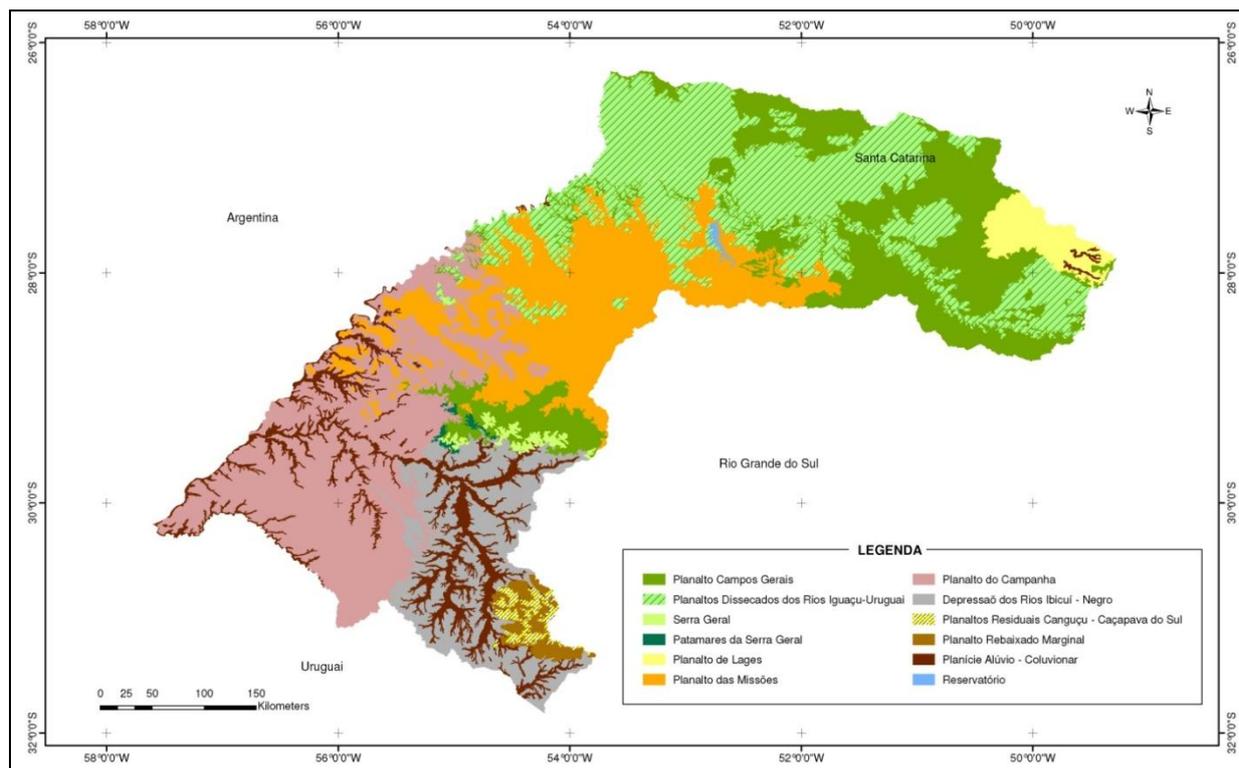


Figura 02: Compartimentação geomorfológica da região hidrográfica do rio Uruguai (IBGE, 2004)

Essa análise conjunta possibilita a construção cartográfica das áreas susceptíveis a inundações, que se ocupadas ou caso estejam ocupadas venham a desenvolver situações de perigo.

#### 4-RESULTADOS E DISCUSSÕES

**Ocorrência de Inundação Gradual nos Municípios Estudados** - Foram registradas, entre os anos de 1980 e 2009, 43 ocorrências de inundações em municípios localizados em médio curso do rio Uruguai no estado do Rio Grande do Sul (Quadro 01). O município de Uruguaiana decretou 11 situações de emergência (SE) e 1 situação de calamidade pública (CP), o município de Itaqui 12 SE e 2 CP e São Borja decretou 15 SE e 1 CP.



Quadro 01: Eventos de Inundação Gradual.

Ano	Mês	Municípios Atingidos
1980	Outubro	Itaqui
1982	Julho	São Borja, Uruguaiiana
1982	Novembro	Uruguaiiana, Itaqui
1983	Maio	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana
1983	Junho	São Borja
1983	Julho	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana (SE)
1984	Junho	São Borja
1984	Agosto	Itaqui, São Borja, Uruguaiiana
1984	Outubro	São Borja, Itaqui, Uruguaiiana
1986	Abril	São Borja, Itaqui, Uruguaiiana
1987	Abril	São Borja (SE), Itaqui (SE), Uruguaiiana (SE)
1987	Maio	São Borja
1987	Julho	São Borja
1987	Agosto	Uruguaiiana
1989	Setembro	São Borja (SE), Itaqui (SE), Uruguaiiana (SE)
1990	Abril	São Borja
1990	Maio	São Borja (SE)
1990	Junho	Uruguaiiana (SE), Itaqui (SE)
1990	Setembro	São Borja
1990	Outubro	Itaqui (SE), São Borja (SE)
1990	Novembro	São Borja
1992	Maio	São Borja (CP), Itaqui (CP), Uruguaiiana (SE)
1992	Julho	São Borja
1993	Julho	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana
1994	Maio	São Borja (SE)
1994	Julho	Itaqui, São Borja, Uruguaiiana
1994	Outubro	São Borja, Itaqui



1997	Agosto	São Borja
1997	Outubro	Itaqui (CP), São Borja (SE), Uruguaiiana (CP)
1998	Fevereiro	Itaqui, São Borja, Uruguaiiana
1998	Abril	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana (SE)
1998	Agosto	Itaqui, São Borja, Uruguaiiana
2000	Outubro	São Borja
2002	Outubro	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana (SE)
2003	Dezembro	Itaqui (SE), Uruguaiiana (SE), São Borja (SE)
2005	Maio	São Borja, Itaqui, Uruguaiiana
2005	Junho	Itaqui (SE), São Borja (SE), Uruguaiiana (SE)
2005	Outubro	São Borja
2007	Setembro	São Borja
2008	Outubro	Uruguaiiana, São Borja, Itaqui (SE)
2009	Junho	Itaqui
2009	Julho	Uruguaiiana (SE), São Borja (SE)
2009	Novembro	Uruguaiiana (SE), São Borja (SE)

- (SE) – Decretou situação de emergência;
- (CP) – Decretou situação de calamidade pública;

O ano que registrou o maior numero de inundações foi 1990 com seis eventos, o segundo ano foi 1987 com 4, nos anos de 1983, 1984, 1994, 1997, 1998, 2005 e 2009 foram registrados 3 eventos/ano, os anos que registraram dois eventos foram 1982 e 1992, e o restante registraram somente um evento (Gráfico 01).

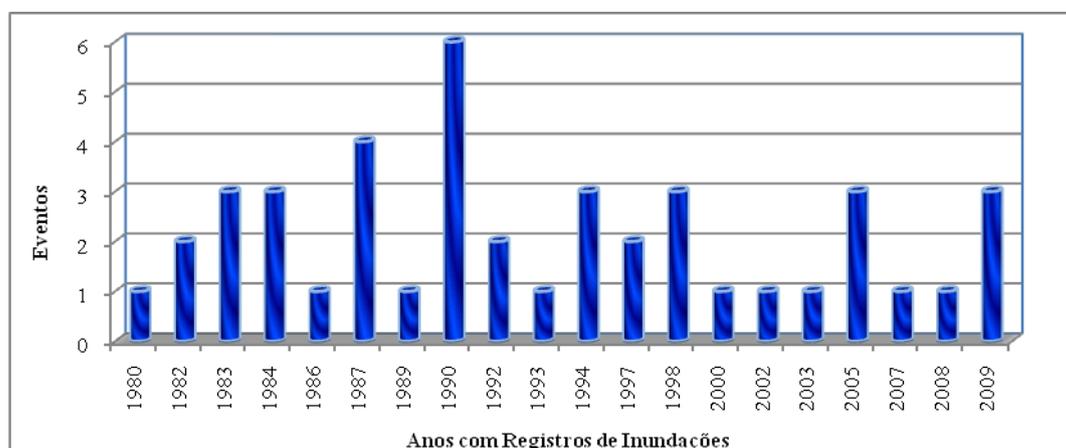




Gráfico 01: Distribuição anual da ocorrência de inundações.

O mês com maior número de registros de inundações foi outubro. O segundo mês com maior número de registros foi julho, os meses de março e janeiro foram os que não registraram eventos (Gráfico 02).

A estação do ano com o maior número de registros foi o outono com 15 eventos, as causas que levariam à ocorrência de uma inundação nesta estação do ano seriam a reconfiguração dos sistemas atmosféricos. Entretanto, seria uma re-configuração de uma condição de verão, com o Hemisfério Sul mais aquecido, para condições inverniais, com a gradativa diminuição da temperatura, fortalecendo os sistemas atmosféricos atuantes no Rio Grande do Sul (SARTORI, 1993a). Essas condições podem causar muitos desastres relacionados a inundações e vendavais.

Percebe-se que o inverno concentrou 14 eventos e a primavera 13, o inverno possui maiores condições do ponto de vista dinâmico da atmosfera de ocorrer inundações, uma vez que os centros de ação encontram-se mais fortalecidos, gerando intensas frontogêneses, que podem apresentar vários tipos de deslocamento, e como consequência, vários tipos de sucessão do tempo geradores de desastres (SARTORI, 1993a).

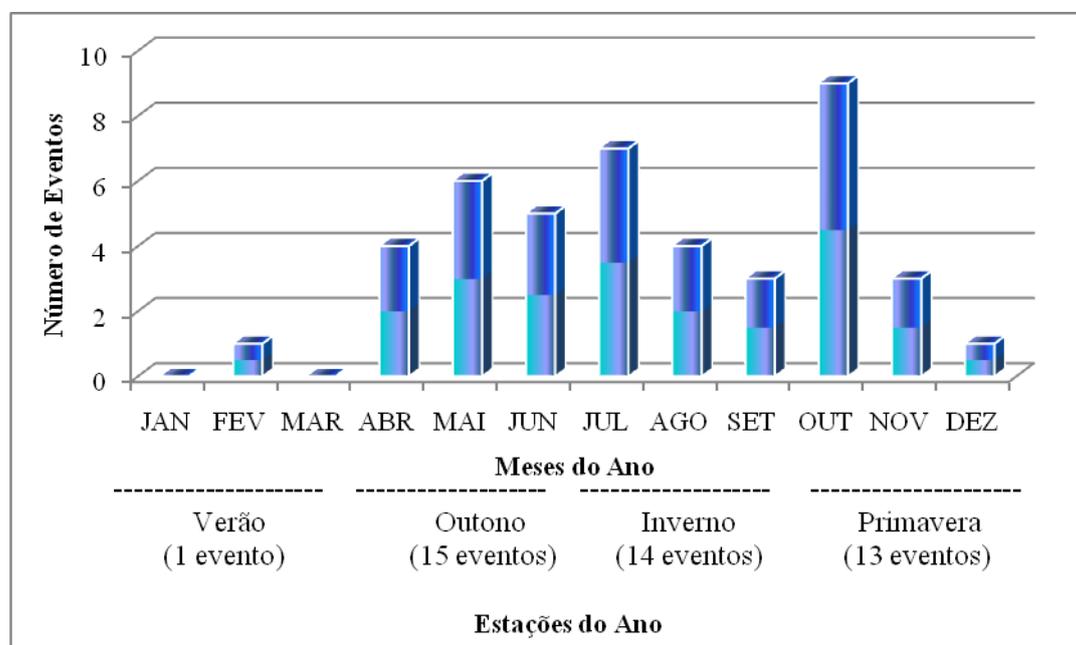


Gráfico 02: Distribuição mensal da ocorrência de inundações.

O município que registrou maior número de eventos foi São Borja com 37 ocorrências. Itaquí e Uruguaiana registraram 25 ocorrências (Gráfico 03).

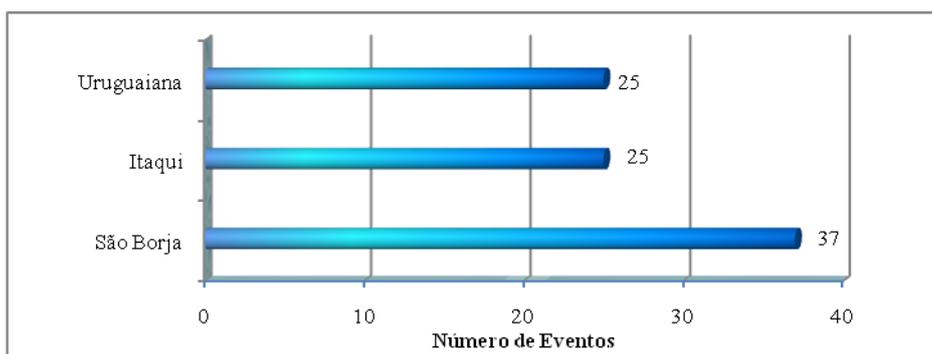


Gráfico 03: Eventos de inundação nos municípios estudados.

**Análise do Relevo (Altimetria e Declividade)** - O estudo da altimetria é relevante na análise das formas do relevo, indicando condições mais propícias a escoamento das águas nas áreas de maior altitude e de acumulação hídrica para as áreas de menor altitude.

As altitudes na região hidrográfica do rio Uruguai variam de 33 a 1350 metros (Figura 03), apresentando duas regiões principais: a parte sul onde as altitudes variam entre 33 e 500 metros e a parte norte com altimetria entre 500 e 1350 metros.

Nos municípios estudados as altitudes variam de 30 a 90 metros. No município de Uruguaiana, na área urbana, as menores altitudes estão próximas ao rio Uruguai e aos arroios próximos a cidade que deságuam no Uruguai. O município de Itaqui e São Borja apresentam uma variação altimétrica nas áreas urbanas entre 45 – 85 e 55 – 75 metros.

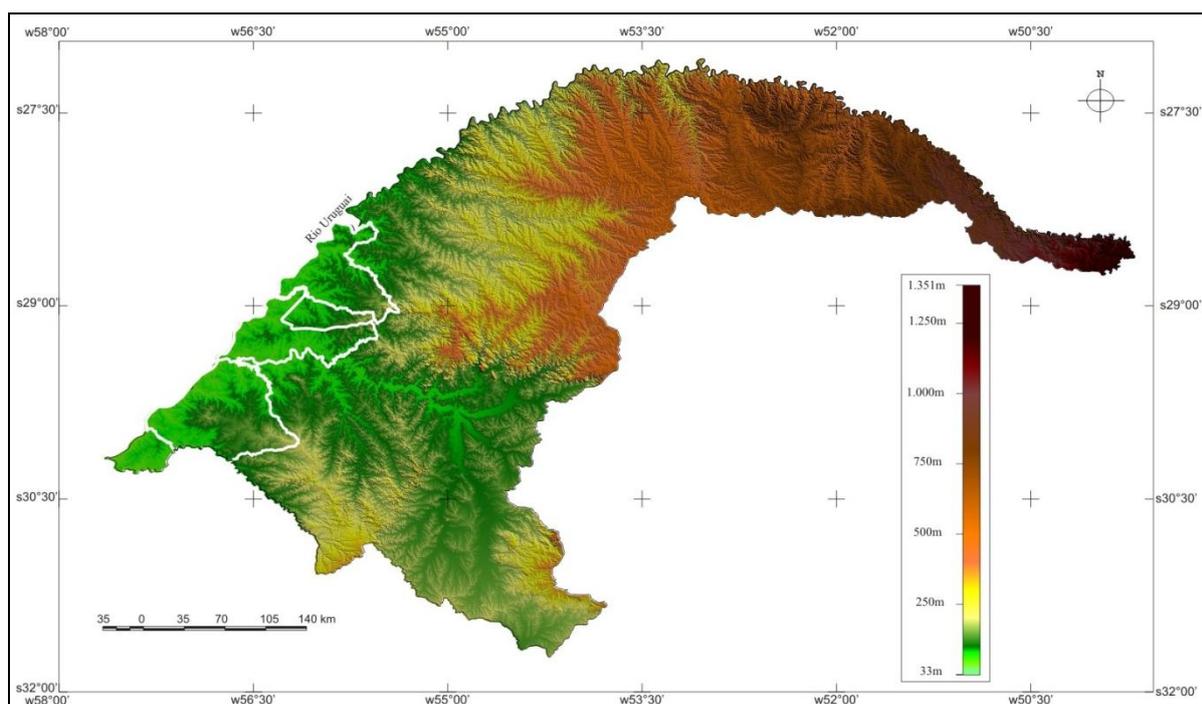


Figura 03: Altitudes na região hidrográfica do rio Uruguai e municípios estudados.



A velocidade do escoamento superficial e sub-superficial de uma bacia fluvial é determinada pela declividade do terreno. Assim, a declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica controla, em boa parte, a velocidade do escoamento superficial, controlando o tempo de duração que leva a água das precipitações para atingir e concentrar-se nos canais fluviais.

A partir da análise do mapa de declividade dos municípios de São Borja (Figura 04), Itaqui (Figura 05) e Uruguai (Figura 06) verifica-se que a classe 0 a 2%, abrange significativamente as áreas urbanas. Em relação ao limite municipal, esta classe encontra-se principalmente ao longo do rio Uruguai e seus afluentes, representando as planícies aluviais extensas.

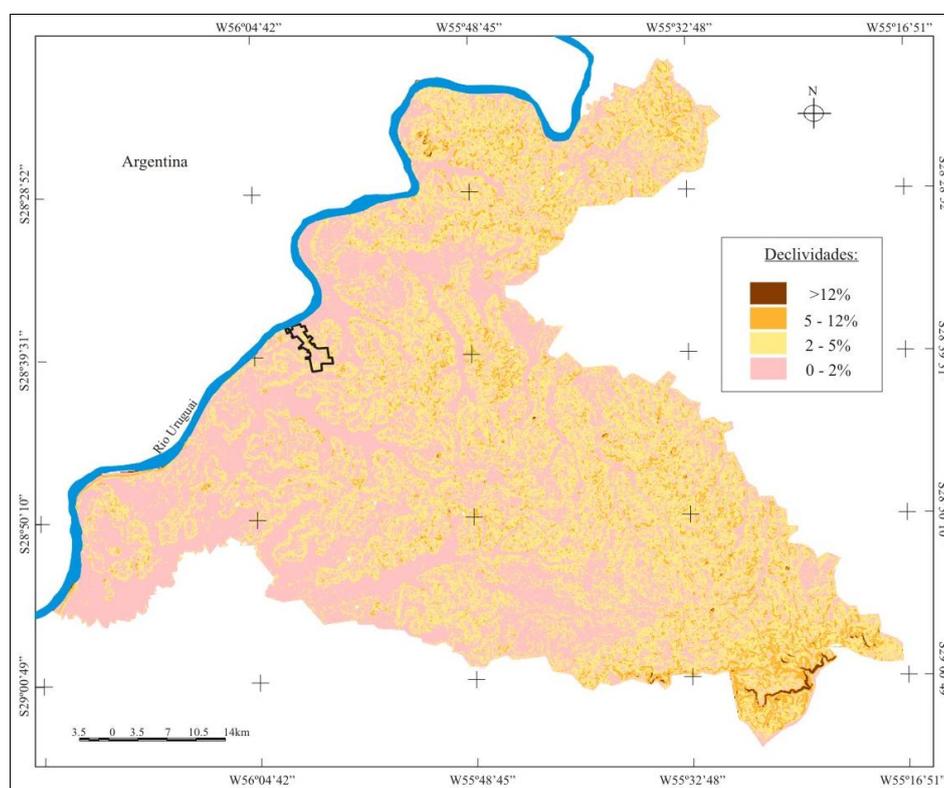


Figura 04: Declividade do município de São Borja.

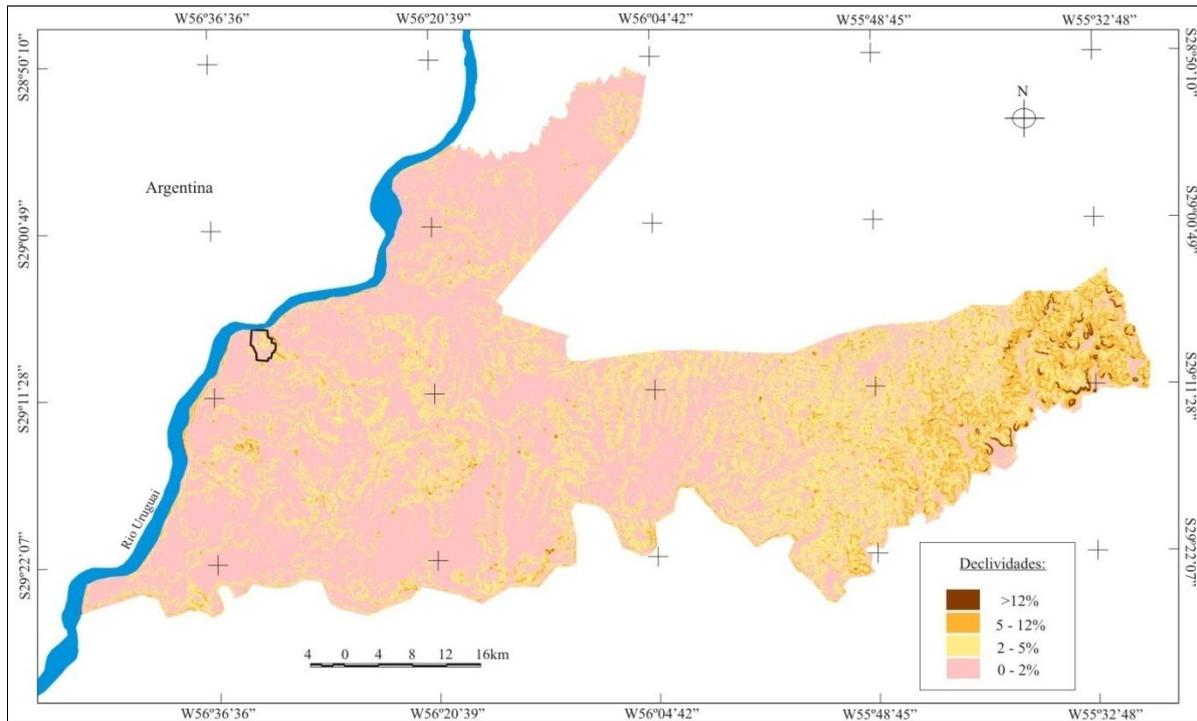


Figura 05: Declividade do município de Itaqui.

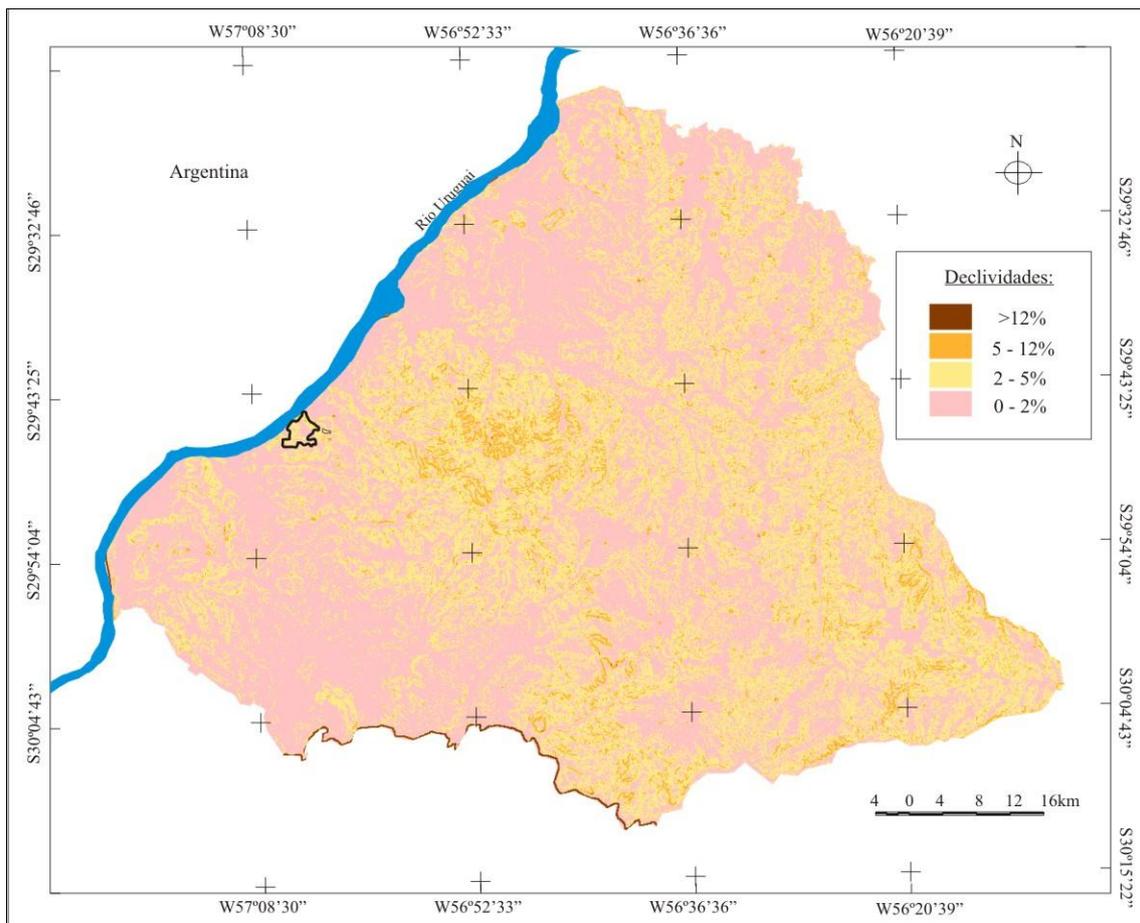


Figura 06: Declividade do município de Urugaiana.



**Classificação das Imagens de Satélite** - Com a classificação e mosaico das imagens de satélite *LANDSAT* obteve-se a parcela inundada nos municípios estudados (Figura 07). A planície fluvial nos municípios de Uruguaiana, Itaqui e São Borja apresentam um acúmulo de água muito grande, devido à quantidade do escoamento em toda a bacia hidrográfica, que compreende boa parte do estado do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e do país vizinho, Argentina.

Em Uruguaiana a área urbana mais atingida está localizada acima da BR 472 e na parte sudoeste, onde deságua um canal de drenagem. Em Itaqui a inundação é mais significativa na parte norte e oeste da área urbana. A área urbana mais atingida de São Borja localiza-se no setor noroeste. Em todos os três municípios verifica-se que os arroios que deságuam no rio Uruguai, próximos às áreas urbanas sofrem um bloqueio de suas águas, pela subida do nível do rio Uruguai.

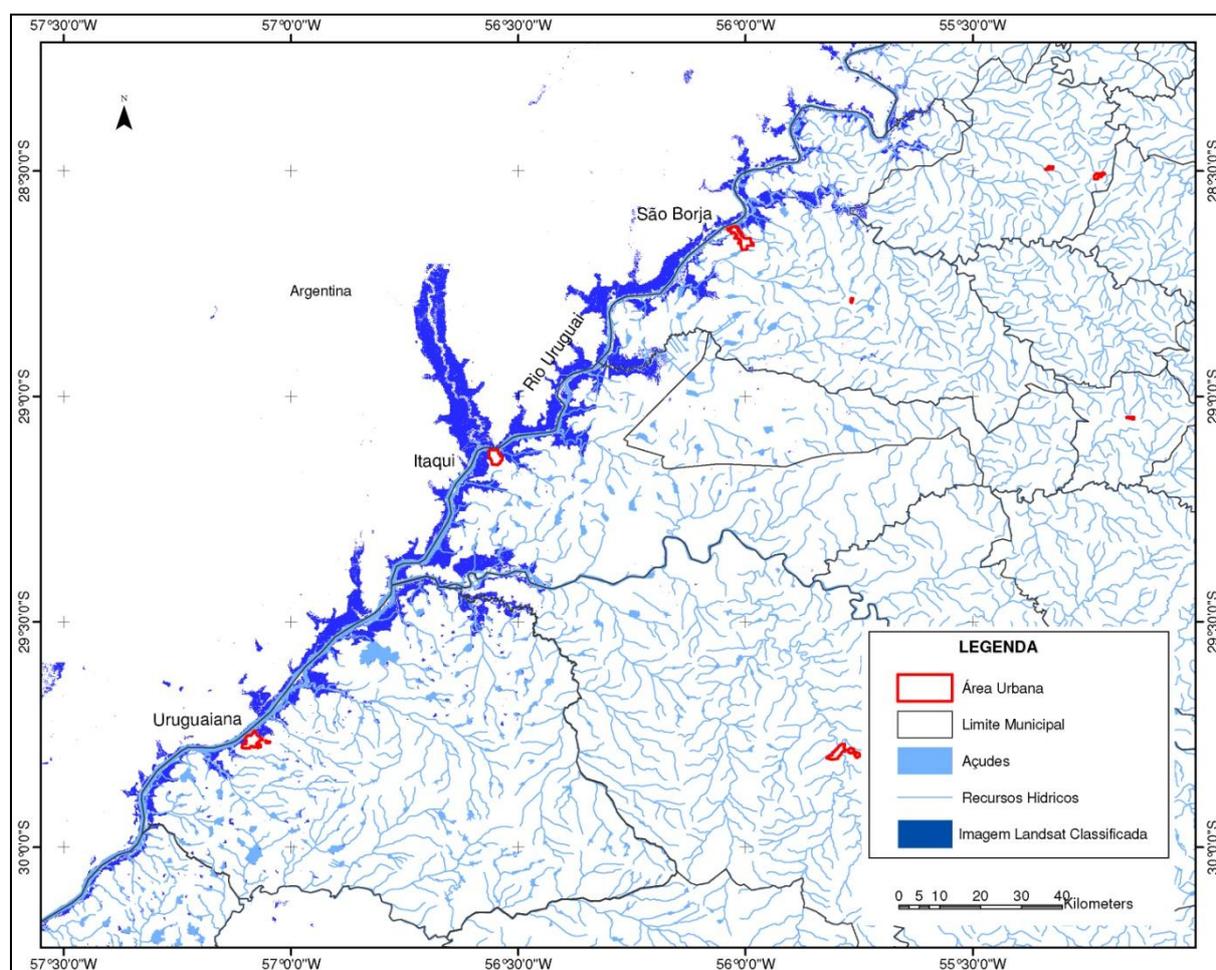


Figura 07: Classificação e mosaico das imagens de satélite *LANDSAT*.

**Planície de Inundação e Áreas de Perigo** - Conforme Suertegaray (2001), o relevo, sendo um constituinte da paisagem geográfica, deve ser entendido como um recurso natural



imprescindível para uma gestão ambiental adequada. Nesse sentido, enquanto integrante da paisagem, constitui-se em um importante parâmetro a ser analisado. Neste sentido, a delimitação das áreas susceptíveis a inundação assumem papel de destaque na prevenção de desastres naturais.

O rio Uruguai possui uma significativa diferença na planície de inundação em médio curso, a jusante de Porto Lucena, o rio amplia seu vale, praticamente sem encaixamento, com feições que denotam significativa acumulação fluvial que aumenta em área em direção sul.

Na parte central do município de São Borja a planície de inundação chega aproximadamente a 4000 metros, estas áreas são usadas principalmente com a lavoura de arroz, se destacando na economia do município. Na área urbana a susceptibilidade a inundações aumenta em norte, sul e oeste (Figura 08).

Em Itaqui a planície de inundação chega a alguns pontos a 4000 metros, semelhante a São Borja. Na área urbana a planície de inundação estende-se somente a norte. A sul do município encontra-se o rio Ibicuí, um dos mais importantes da bacia hidrográfica do rio Uruguai no RS, ele é o limite municipal e um importante contribuidor no aumento da vazão do rio Uruguai deste ponto em direção a jusante.

Em Uruguaiana a planície de inundação aproxima-se de 2500 metros por todo o município, estendendo-se assim ate Quaraí. A área urbana mais atingida é a oeste e a sul.

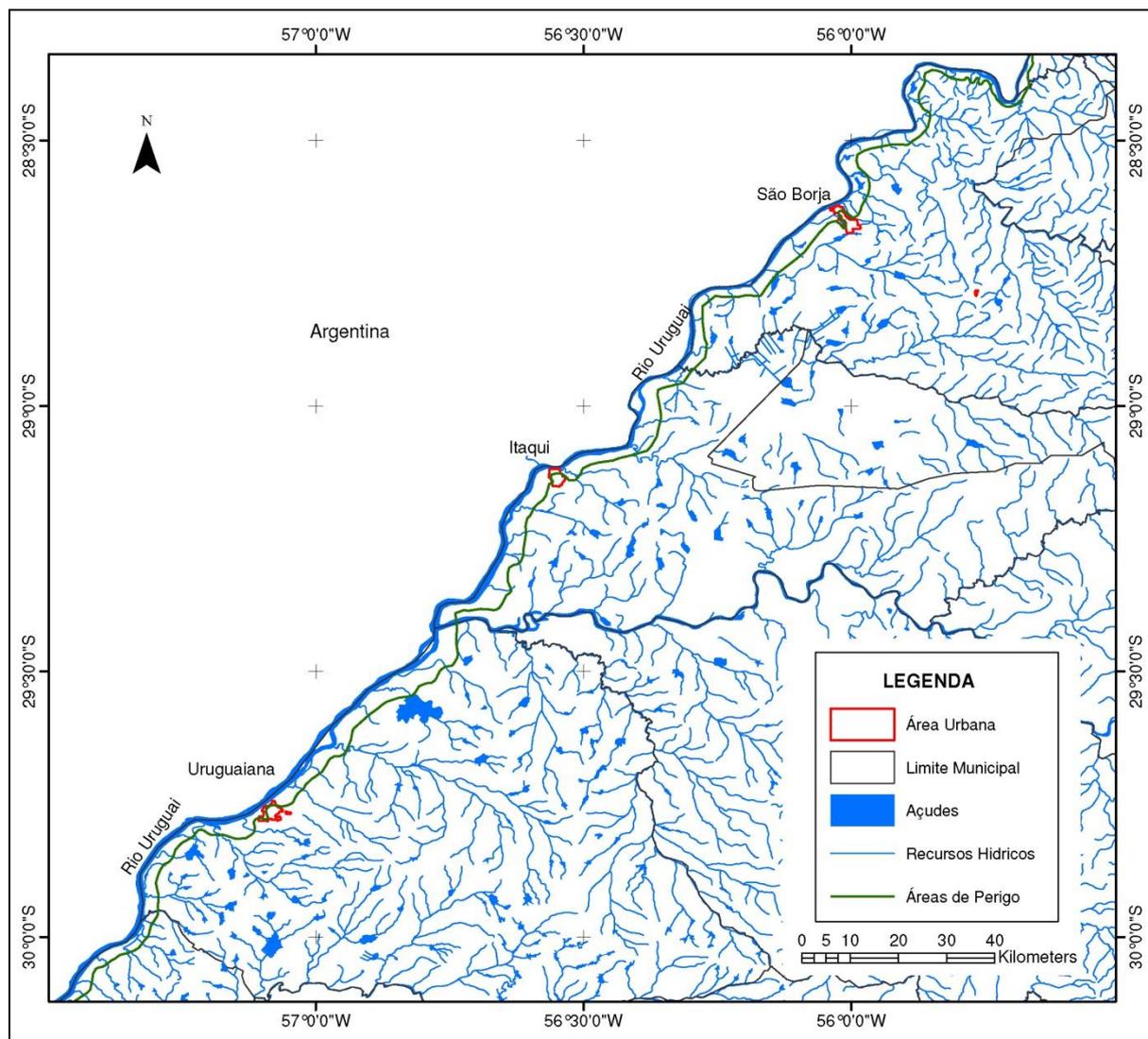


Figura 08: Planície de inundação e áreas de perigo.

## 5-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os rios têm sua área natural de inundação 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.

O rio Uruguai pode ser considerado um dos rios mais importantes para o estado do Rio Grande do Sul, possuindo sua população localizada mais as suas margens, tem sido muito afetada por inundações.

Apesar dos avanços na mitigação e prevenção das inundações, elas continuam causando um grande volume de danos, demonstrando as condições de perigo que muitas pessoas estão expostas.



## 6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**, Bacias Hidrográficas do Brasil. Responsável: ANEEL, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/111.htm>>. Acesso: 04/08/2007.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 2007. V1. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SARTORI, M. G. B. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. In: SMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. 5., 1993a, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1993a.

SUERTEGARAY, D. M. A. et al. **Atlas de arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001, v 1, Atlas.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Editora da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003, 471 p.