

# Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS

Magno Bombassaro  
(Mestrando da Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Luis Eduardo de Souza Robaina  
(Prof. Universidade Federal de Santa Maria e Prof. Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo realizar um inventário, dos desastres naturais associados às inundações, ocorridas no período compreendido entre os anos de 1980 e 2007, nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, leste do RS, permitindo uma análise temporal e espacial da magnitude dos fenômenos. Nos anos pesquisados, ocorreram inundações em 20 anos, sendo os meses de julho e outubro os mais recorrentes. As cidades de Lajeado e Estrela foram as que mais tiveram problemas, juntas somam mais de 27% do total de casos, seguidas pelas cidades de Taquari, General Câmara e Encantado. As inundações, que mais danos causaram, ocorreram em julho de 1983, maio de 1990, agosto de 1997, julho e outubro de 2001 e setembro de 2007. Ao revelar a distribuição dos eventos adversos em diferentes escalas o inventário permite analisar os fatores que contribuem para a ocorrência dos acidentes e realizar análises estatísticas de frequência tanto temporal quanto espacial.

**Palavras-chave:** desastres naturais, inundações, área de risco

## Abstract:

*This paper aimed to conduct an inventory of natural disasters associated with floods that occurred in the period between 1980 and 2007 in the cities that comprise the Taquari-Antas river basin, eastern Rio Grande do Sul, allowing a temporal and spatial analysis of the magnitude of the phenomena. Floods were observed in 20 years of the 27 years studies, and the months of July and October were the most recurrent. The cities of Lajeado and Estrela were the most problematic and together accounted for more than 27% of the cases, followed by the cities of Taquari, General Câmara and Encantado. The floods, which caused more damage occurred in July 1983, May 1990, August 1997, July and October 2001 and September 2007. By revealing the distribution of adverse events at different scales, the inventory allows the analysis of factors that contribute to the occurrence of accidents and statistical analysis of spatial and temporal frequency.*

**Key-words:** natural disasters, floods, risk area

Recebido 03/2010  
Aprovado 08/2010

magno\_eu@yahoo.com.br  
lesrobaina@yahoo.com.br

## Introdução

O florescimento de várias sociedades, em novos territórios, ocorreu através dos rios e, um grande número de cidades, se desenvolveu nas margens dos mesmos. Dessa forma, as inundações, muitas vezes de caráter cíclico, fazem parte da origem de diversos mitos e temores das populações, e originaram processos de ajustamento para proteção e controle desses fenômenos. No final do século XIX, na Europa, todos os grandes rios haviam sido canalizados ou retificados. A regularização, construção de diques, eliminação de meandros e ilhas e outras obras de engenharia foram desenvolvidas para fins diversos, como a navegação, agricultura, defesa contra cheias e saúde pública (COSGROVE, 1990). Mesmo com todo esse esforço, as enchentes continuam acontecendo, causando prejuízos de vários tipos (TUCCI, 1997; FERRAZ, 1998).

No Brasil, a partir da década de 60, a concentração da ocupação humana, junto aos rios, e a urbanização acelerada, originam um dos principais problemas das cidades: as inundações. No Rio Grande do Sul os desastres naturais associados às inundações, de caráter gradual ou brusco, ocorrem em todas as regiões do estado e os prejuízos causados são muito significativos. Danos e destruição em lavouras, estradas e pontes estão entre os mais frequentes. Nas cidades ribeirinhas, muitas moradias são afetadas e centenas e milhares de pessoas são desabrigadas e flageladas, com ocorrência, por vezes, de vítimas fatais.

A ocorrência de desastres está ligada não somente à susceptibilidade, devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema econômico-social-político-cultural sob impacto (ALCÁNTARA-AYALA, 2002). Por vulnerabilidade entende-se a incapacidade de uma comunidade de “absorver” os efeitos de determinada alteração em seu meio, ou seja, a incapacidade de adaptar-se às modificações (WILCHES-CHAUX, 1993). A vulnerabilidade determina a intensidade dos danos que produz a ocorrência efetiva de um risco sobre essa comunidade. O risco trata-se da probabilidade da “perda”, enquanto o desastre é a perda concretizada (MASKREY, 1998).

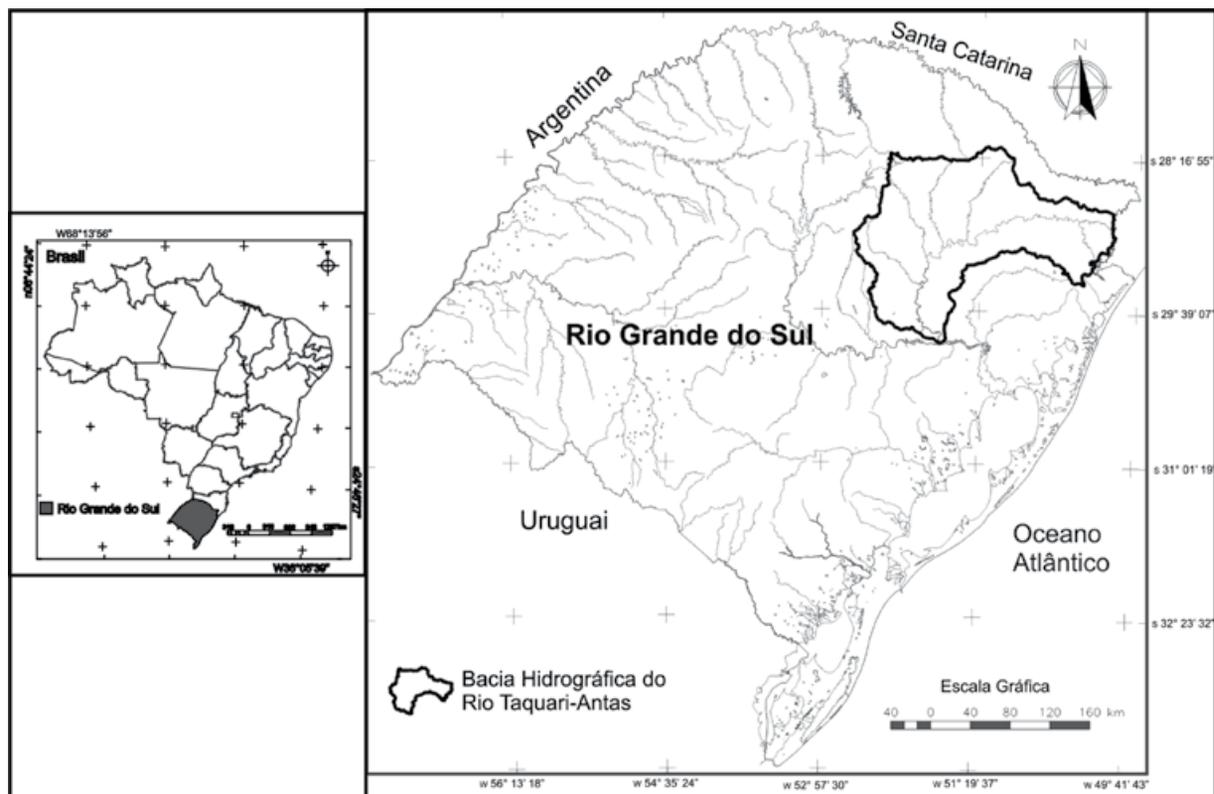
Uma das regiões do Estado que mais tem sido afetada por esse processo é o Vale do rio Taquari (FERRI, 1991). A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas está localizada a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 28° 10' a 29° 57' de latitude sul e 49° 56' a 52° 38' de longitude oeste (figura 01).

Com relação a distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul, Araújo (1930) afirma que apesar da região sul do país ser uma das regiões mais chuvosas e cuja distribuição espacial se faz de forma uniforme, a orografia tem sensível influência, caracterizando o aumento do movimento ascensional do ar, que é um dos causadores de chuva. Deste modo, a região com maior ocorrência de precipitação no estado é a parte mais alta da Serra do Nordeste, atingindo valores superiores a 2000 mm anuais.

Sendo assim, entende-se que as chuvas que ocorrem nas cabeceiras de drenagem têm grande influência na determinação das cheias, sendo intensificada pelas condições estruturais do relevo que favorecem o escoamento das águas nas áreas a montante da bacia hidrográfica e intensificando a ocorrência de inundações nas porções de vale.

O presente trabalho tem como objetivo, realizar um levantamento das inundações ocorridas entre os anos de 1980 e 2007 nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas permitindo uma análise temporal e espacial da ocorrência do fenômeno.

Figura 01: Mapa de localização da bacia do rio Taquari-Antas.



## Metodologia

Para a elaboração do mapa base utilizou-se as cartas topográficas do Exército na escala de 1:250.000 de Caxias do Sul: SH-22-V-D-MIR-535; Cruz Alta: SH-22-V-A-MIR-527; Gravataí: SH-22-X-C-MIR-536; Passo Fundo: SH-22-V-B-NIR-528; Santa Maria: SH-22-V-C-MIR-532 e Vacaria: SH-22-X-A-MIR-529, das mesmas foi extraído a rede de drenagem e determinado o limite da bacia. Para o georreferenciamento e interpolação dos dados utilizou-se o *software* SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A base com a divisão municipal foi extraída do banco de dados disponibilizada pelo INPE através do site <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html>.

A análise altimétrica e da declividade da bacia, foram obtidas tendo como base, os dados gerados pelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90m. Para a geração do modelo digital de elevação (MDE). Estes dados que originalmente tem resolução espacial de 90m foram reamostrados para 30m, processo realizado usando o interpolador bicúbico disponível no *software* SPRING.

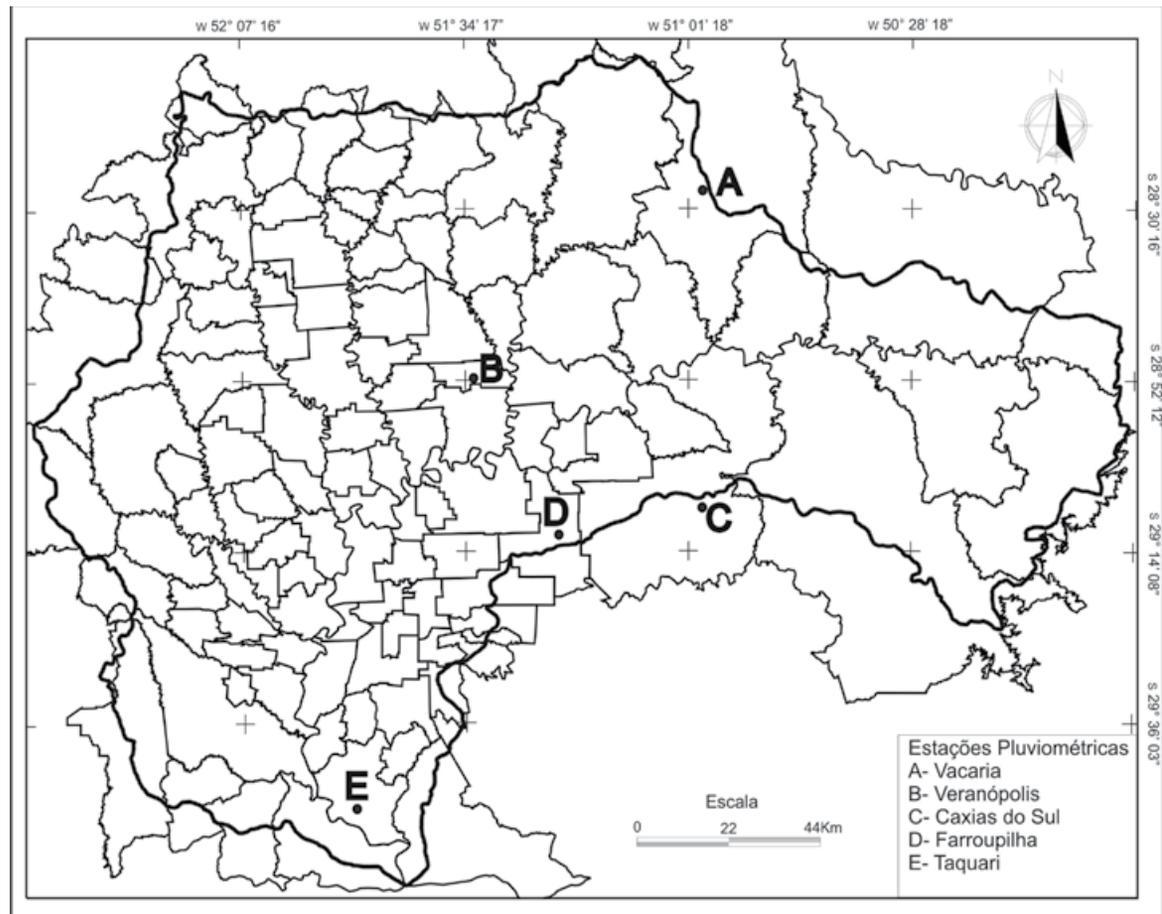
O levantamento dos anos nos quais ocorreram inundações na bacia Taquari-Antas, teve como base os dados da pesquisa realizada por Reckziegel, W. B. (2007), complementados com informações junto a Defesa Civil e jornais de circulação local e regional.

Para calcular o nível normal do rio Taquari utilizou-se o modelo matemático apresentado por Eckhard (2008, p. 82). Com base na função  $y = (-1450,39 / x) + 57,6062$ , que indica a correlação entre o nível atingido pela água do Rio Taquari na cidade de Encantado ( $x$  = valores independentes) e de Lajeado ( $y$  = valores dependentes), foi possível determinar o nível médio do rio Taquari nestas duas cidades.

Os dados pluviométricos, diários, nos meses que ocorreram os eventos de interesse, foram disponibilizados pela Fundação Estadual de Pesquisas Agrônômicas (FEPAGRO/RS) para as estações de Vacaria, Veranópolis, Farroupilha, Caxias do Sul e Taquari. (figura 02).

A edição final dos mapas temáticos foi realizada com auxílio do software Corel Draw 12, desenvolvido pela Corel Inc.

Figura 02: **Espacialização das estações Pluviométricas**



## Discussão dos Resultados

A área da bacia é equivalente a 9% do território do Rio Grande do Sul, abrangendo 116 municípios, 89 totalmente e 27 parcialmente, e concentra uma população em torno de 1.134.600 habitantes, (IBGE 2007).

As nascentes do rio Taquari localizam-se no extremo leste da bacia, sob o nome de rio das Antas, nos municípios de Cambará do Sul, Bom Jesus e São José dos Ausentes, em uma região que apresenta altitudes em torno de 1200 metros, sob o nome de rio das Antas. Nessa porção o rio escoar no sentido leste/oeste percorrendo uma distância de 390 km até a confluência com o rio Guaporé, nas imediações da cidade de Muçum. A partir daí, passa a denominar-se rio Taquari, com o curso passando a correr no sentido norte/sul, por mais 140 km, até desembocar no rio Jacuí, próximo à cidade de Triunfo, com altitude inferior a 20 metros.

A amplitude da bacia, de mais de 1000m, é um fator importante na regulação das cheias, pois o relevo fortemente ondulado e solos pouco desenvolvidos favorecem o escoamento das águas, que percorrem vales encaixados de alta declividade até as imediações da cidade de Muçum.

Figura 03: Fotografia aérea mostrando a planície de inundação tomada pelas águas, da inundação de setembro de 2007, à montante da cidade de Bom Retiro do Sul.



À montante de Muçum, já nas cotas em torno de 60 metros, o curso principal do rio perde velocidade e passa a se portar como rio de planície, alargando suas margens e formando meandros pelo vale.

Nessa porção, de médio curso, caracterizada por um maior adensamento populacional e concentração industrial, o rio apresenta declividade menos acentuada, média de 1,6 m/km, mas ainda com vales encaixados e algumas corredeiras.

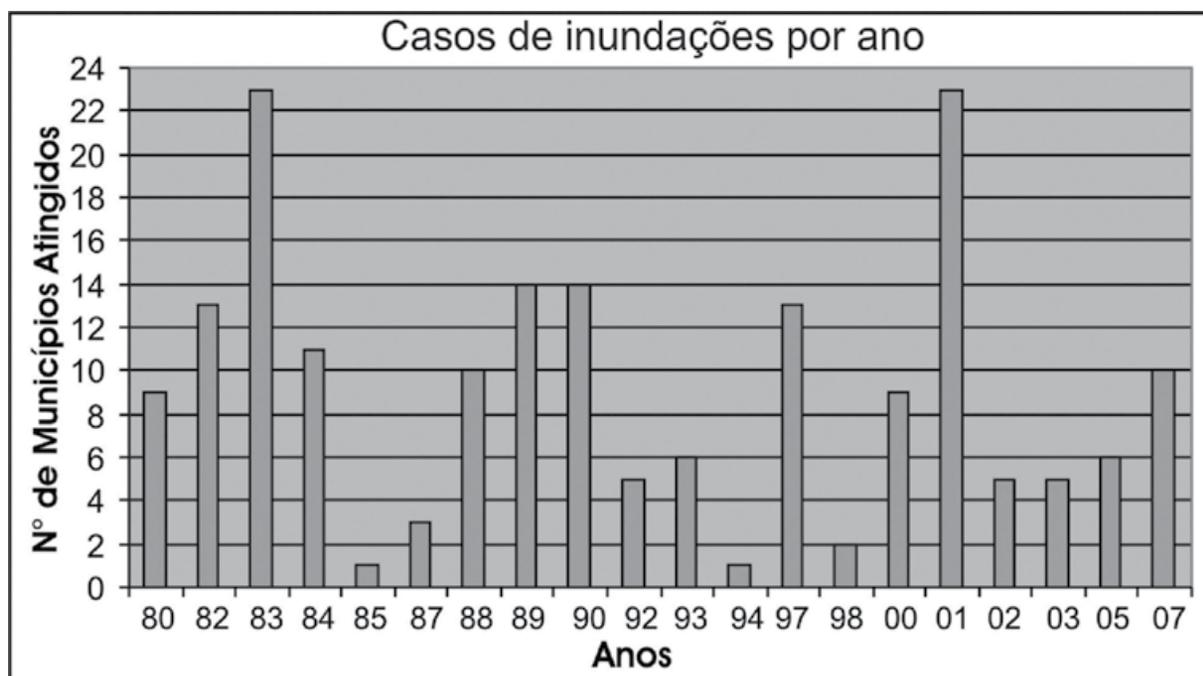
À jusante da cidade de Muçum, a partir da cidade de Lajeado, o vale do rio Taquari começa a ganhar forma, com declividade média de 0,2 m/km, poucas corredeiras e amplas áreas da planície de inundação. O rio ganha identidade de rios de planícies com várzeas planas e baixas declividades, (figura 3).

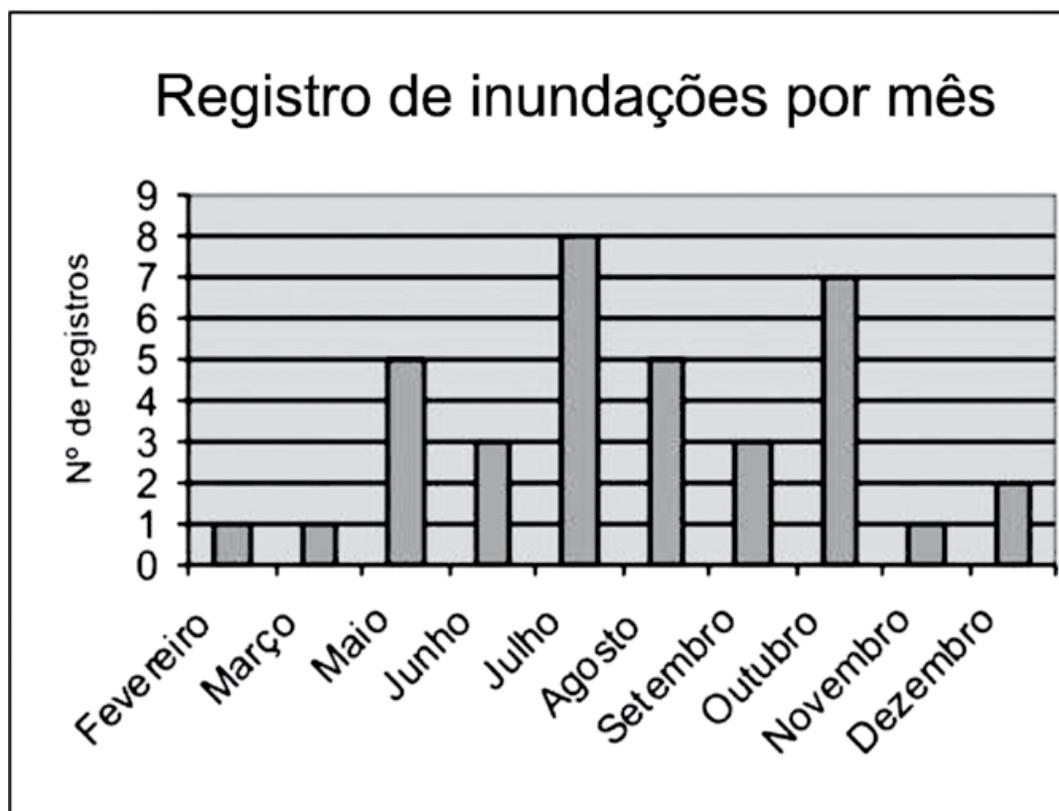
### Análise dos eventos causadores de desastres

O total de casos de inundações registrados nos anos pesquisados é de 183, tendo afetado 34 municípios. No período, ocorreram inundações em 20 anos, em muitos casos, com registros de municípios atingidos por mais de um evento durante o mesmo ano.

Os anos que mais contabilizaram municípios atingidos foram os anos de 1983, 1989, 1990, 1997 e 2001 (figura 4), e os meses, julho e outubro (figura 5).

Figura 4 Gráfico anual do número de municípios atingidos pelas inundações nos últimos 27 anos.





Com relação aos municípios atingidos, observa-se na figura 06, que as cidades de Lajeado e Estrela foram as mais afetadas, pois, juntas somam mais de 27% do total de casos, seguidas pelas cidades de Taquari, General Câmara e Encantado.

A vulnerabilidade da população pode ser determinada pelo número de decretos de situação de emergência e calamidade pública registrados. Do total de eventos, 55% dos casos tiveram como consequência, o decreto de Situação de Emergência Municipal. Isso evidencia que, o crescimento urbano e a falta de planejamento tornam as cidades vulneráveis a eventos de maior magnitude. Os municípios de Estrela com 14 casos, Lajeado com 12 e Taquari com 10, foram os mais afetados. (figura 07).

As inundações que tiveram como consequência, o registro de Estado de Calamidade Pública, ocorreram nas cidades de Estrela no ano de 1992, General Câmara e Camargo em 1993 e no município de Encantado, na grande inundação de outubro de 2001.

Figura 06 Gráfico apresentando o número de enchentes por município.

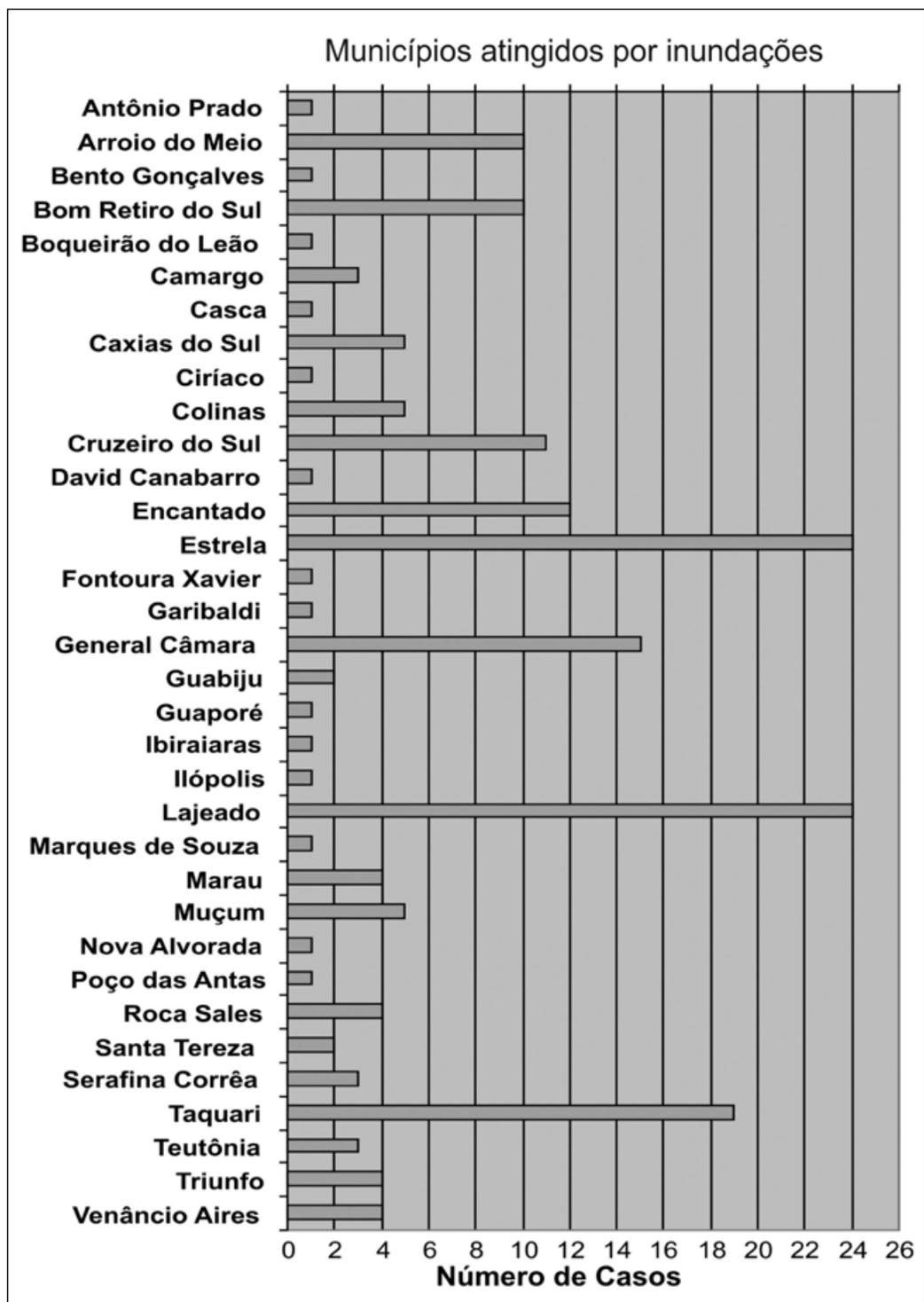
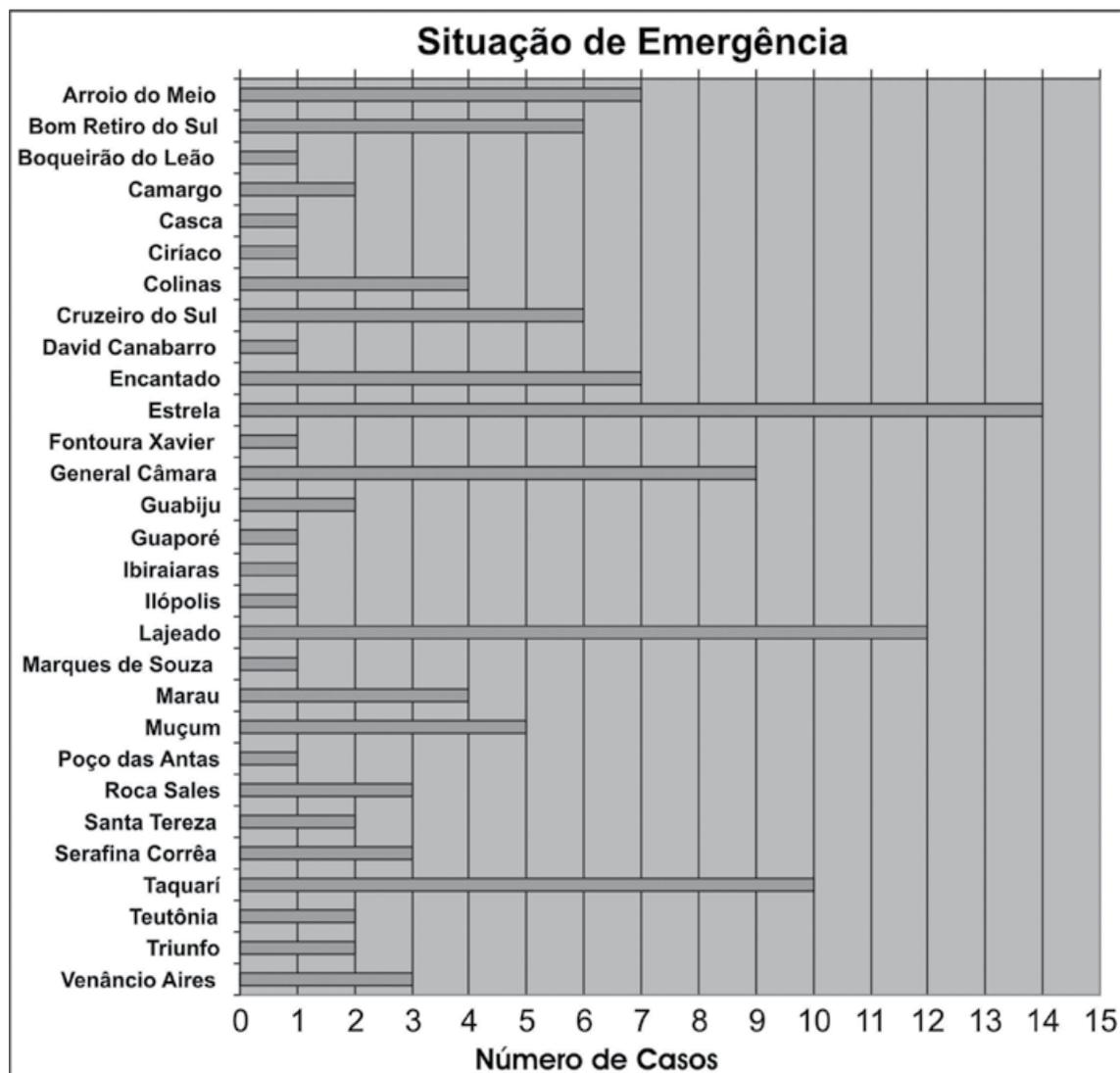


Figura 07 Gráfico dos municípios com decretos de Situação de Emergência em decorrência das inundações.



### Inundações na bacia do Rio Taquari-Antas

Dos anos estudados são destaques, pelo número de municípios atingidos, as inundações que ocorreram em julho de 1983, maio de 1990, agosto de 1997, julho e outubro de 2001 e setembro de 2007.

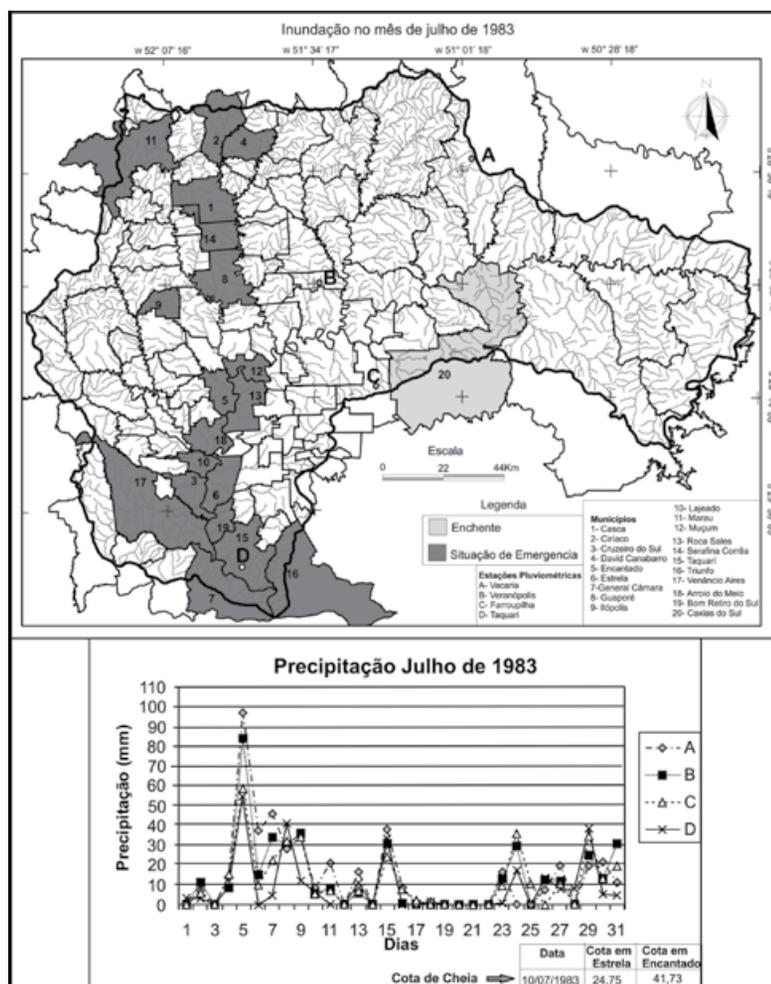
No ano de 1983 a inundação aconteceu no mês de julho e trouxe danos a 20 municípios, sendo que 19 dos municípios decretaram Situação de Emergência. O evento ocorreu de forma gradual, com as chuvas começando nos primeiros dias do mês. No dia 10 de julho foi registrada a cota topográfica máxima do rio Taquari, nas cidades de Estrela e Encantado, com 24,75 metros e 41,73 metros, respectivamente.

As maiores precipitações foram registradas nas estações pluviométricas de Vacaria, localizada ao norte da bacia, com cotas altimétricas em torno de 850 metros, com um volume de chuva acumulada de 271mm e na estação de Veranópolis, localizada no centro da bacia, em cotas em torno de 600 metros, que registrou um acumulado de 224mm (figura 8).

Na espacialização dos municípios atingidos (figura 8), percebe-se que 7 dos 19 municípios, que decretaram Situação de Emergência, estão localizados na porção norte da bacia, em locais que apresentam cotas altimétricas superiores a 500 metros. O evento nestes municípios não está ligado diretamente ao rio Taquari-Antas, mas indiretamente, pelo represamento de tributários importantes.

Em maio de 1990, as precipitações, causadoras do evento de inundação, ocorreram de forma intensa, em um curto período de tempo (figura 09). O evento foi registrado no último dia de maio e

Figura 08 Municípios atingidos pela inundação de julho de 1983.

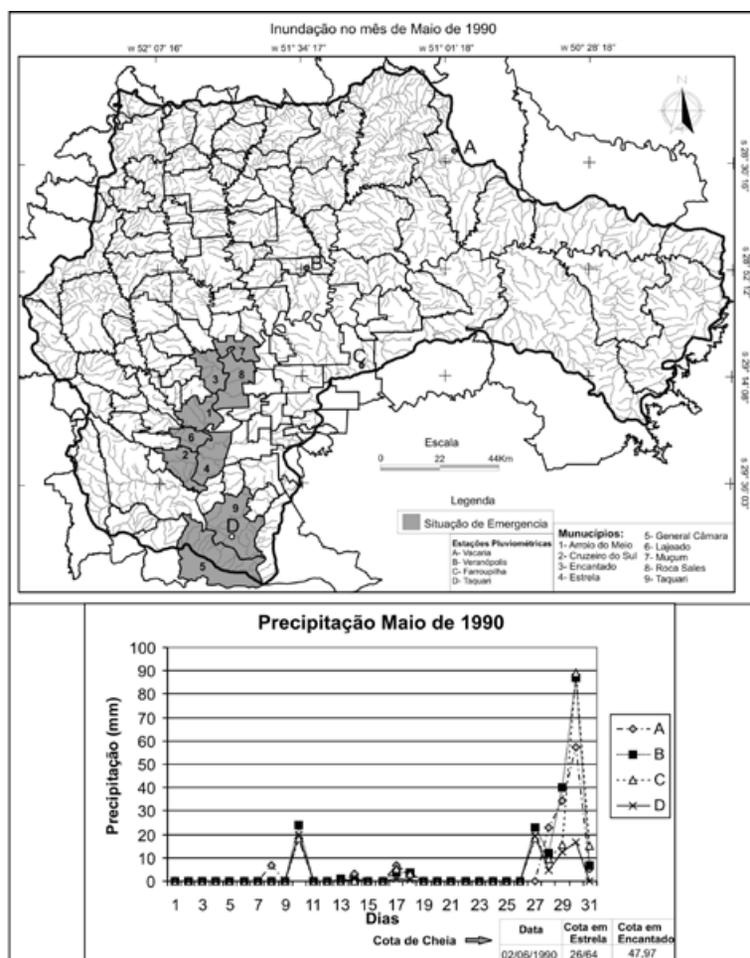


nos dois primeiros dias de junho, atingindo cota máxima no dia 2 de junho, nas cidades de Encantado com 15,42 metros acima do nível normal, e Estrela com 13,65 metros acima do nível normal, sendo esta uma das maiores enchentes já registrada.

Os acidentes se concentraram no Vale do rio Taquari, entretanto, pode se verificar no gráfico da figura 09, que as chuvas responsáveis, concentraram-se na parte alta da bacia. Estas foram drenadas através dos vales encaixados, característicos do curso superior e médio do Taquari-Antas, acumulando-se no baixo curso, onde o rio tem características de rios de planície e baixa declividade. O tempo entre o pico máximo de chuva e o registro da cota máxima de inundação, nas cidades de Encantado e Estrela, no Vale do Taquari, foi de 3 dias.

Os efeitos desse fenômeno se refletiram de forma significativa, pois na ocasião todos os municípios atingidos decretaram Situação de Emergência.

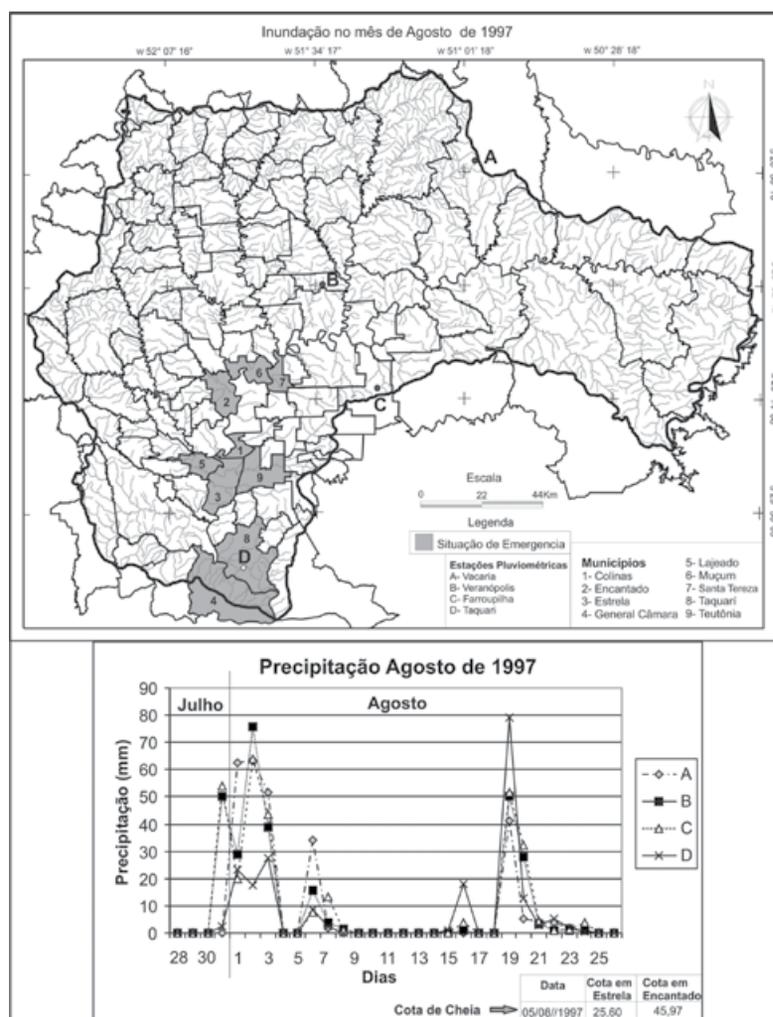
Figura 09 Municípios atingidos pela inundação de maio de 1990.



No ano de 1997 a inundação ocorreu no mês de agosto, registrada com cota topográfica de inundação de 45,97 metros na cidade de Encantado e 25,60 metros na cidade de Estrela. Observando o gráfico da distribuição diária de chuvas, percebe-se que as precipitações responsáveis pelo desenvolvimento do fen meno aconteceram entre os dias 31 de julho e 3 de agosto e a onda de cheia no vale do Taquari atinge seu pico em 5 de agosto.

No referido fen meno, foram nove os municípios atingidos pelas águas, todos sofreram grandes prejuízos e decretaram Estado de Emergência. Os municípios de Muçum e Santa Tereza, afetados nesse evento, estão localizados na parte superior do baixo curso do rio Taquari, onde começa a se formar o Vale do Taquari. A parte urbana dos municípios está localizada em cotas topográficas em torno de 50 metros, o que indica que quando estes municípios são atingidos pelas águas, a inundação nos municípios mais a jusante atingem grande magnitude, (figura 10).

Figura 10 Municípios atingidos pela inundação de agosto de 1997.



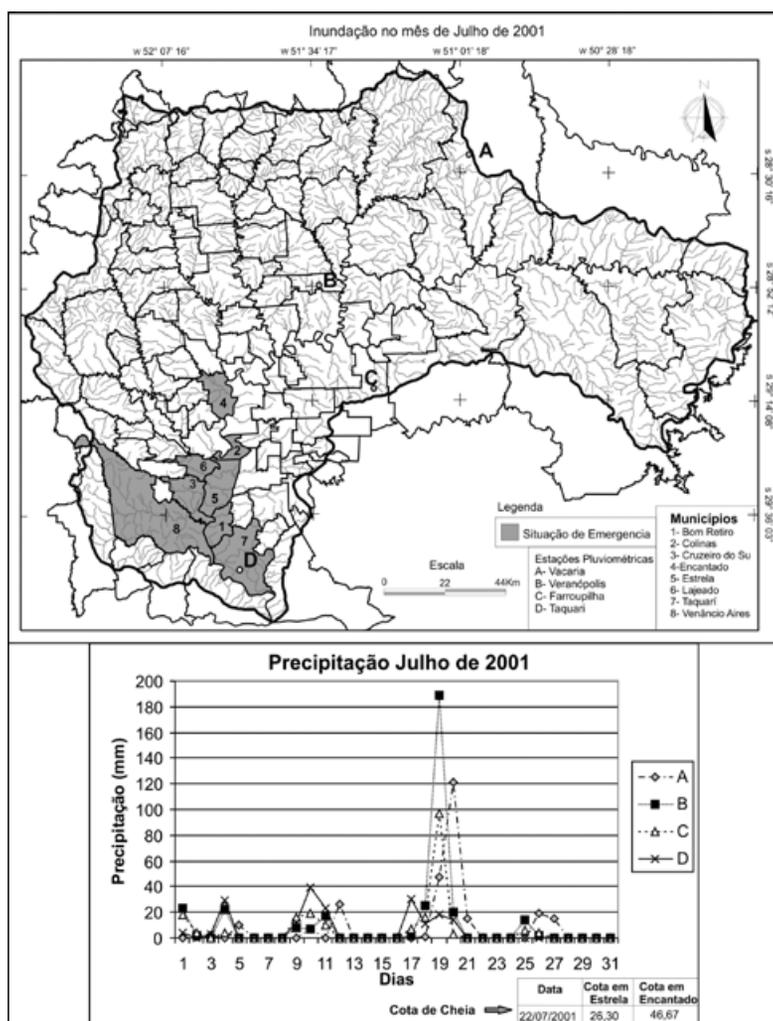
O ano de 2001 foi marcado por desastres no Vale do Taquari, ocorrendo inundações nos meses de julho e outubro.

A inundação, de julho de 2001, afetou 8 cidades do Vale do Taquari e a cidade de Venâncio Aires, que não faz parte dos municípios que compõem o vale, mas   banhada por tributários ligados ao rio Taquari. Na ocasião as cidades decretaram Situa o de Emergência, (figura 11).

O evento pluviométrico que desencadeou tal situa o ocorreu entre os dias 18 e 20 do referido mês. As chuvas que caíram a montante da bacia novamente foram as de maior amplitude, e provavelmente foram as maiores responsáveis pela inunda o.

A cota topográfica máxima referente à onda de cheia, no vale, foi registrada no dia 22, atingindo a magnitude de 46,67 metros e 26,30 metros na cidade de Encantado e Estrela, respectivamente, caracterizando um tempo de resposta, de dois dias no vale.

Figura 11 Municípios atingidos pela inunda o de julho de 2001.

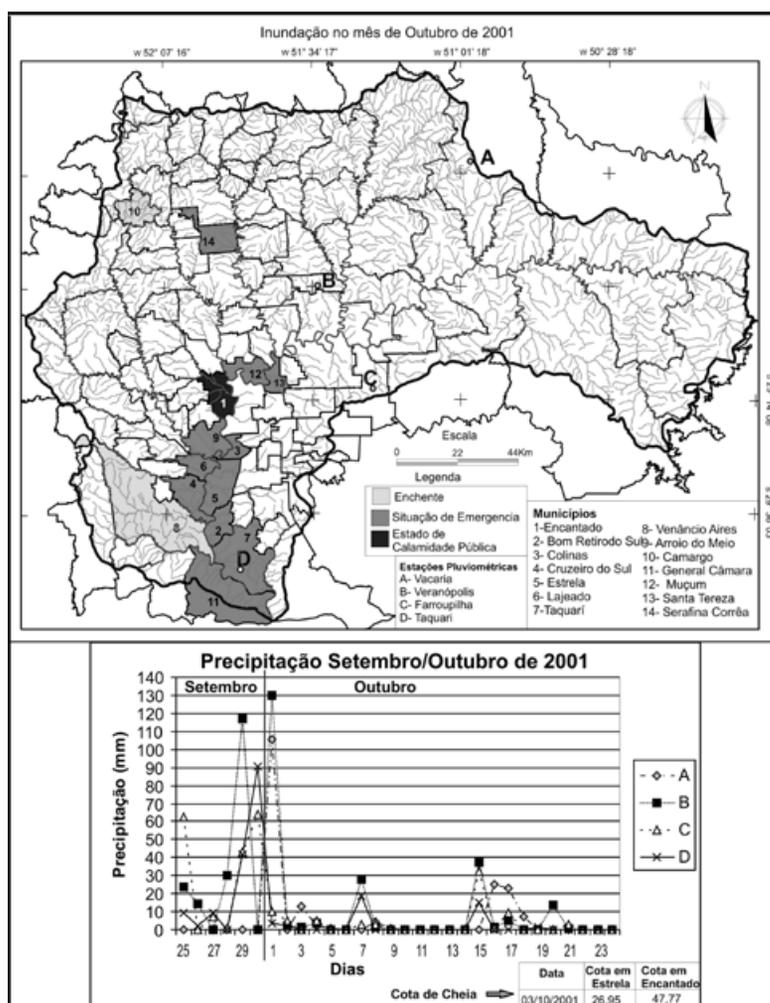


Em outubro, a enchente ocorrida nos primeiros dias do mês atingiu 14 municípios da bacia do rio Taquari-Antas. (figura 12)

Dos 11 municípios localizados no Vale do Taquari, que sofreram danos com a inundação, sete já haviam sido atingidos pelas águas da enchente do mês de julho. Bom Retiro do Sul, Colinas, Cruzeiro do Sul, Estrela, Lajeado e Taquari tiveram que decretar novamente Estado de Emergência, enquanto o município de Encantado, não suportou as vultosas perdas e decretou Estado de Calamidade Pública.

Nessa enchente o rio Taquari elevou-se em torno de 15,30 metros acima do seu nível normal na cidade de Encantado, atingindo a cota topográfica de 47,77 metros, uma das maiores já registradas na história. Na cidade de Estrela o nível do rio subiu 14 metros atingindo a cota de inundação de 26,95 metros. O evento foi caracterizado como precipitações de longa duração e com grandes volumes pluviométricos.

Figura 12 Municípios atingidos pela inundação de outubro de 2001.

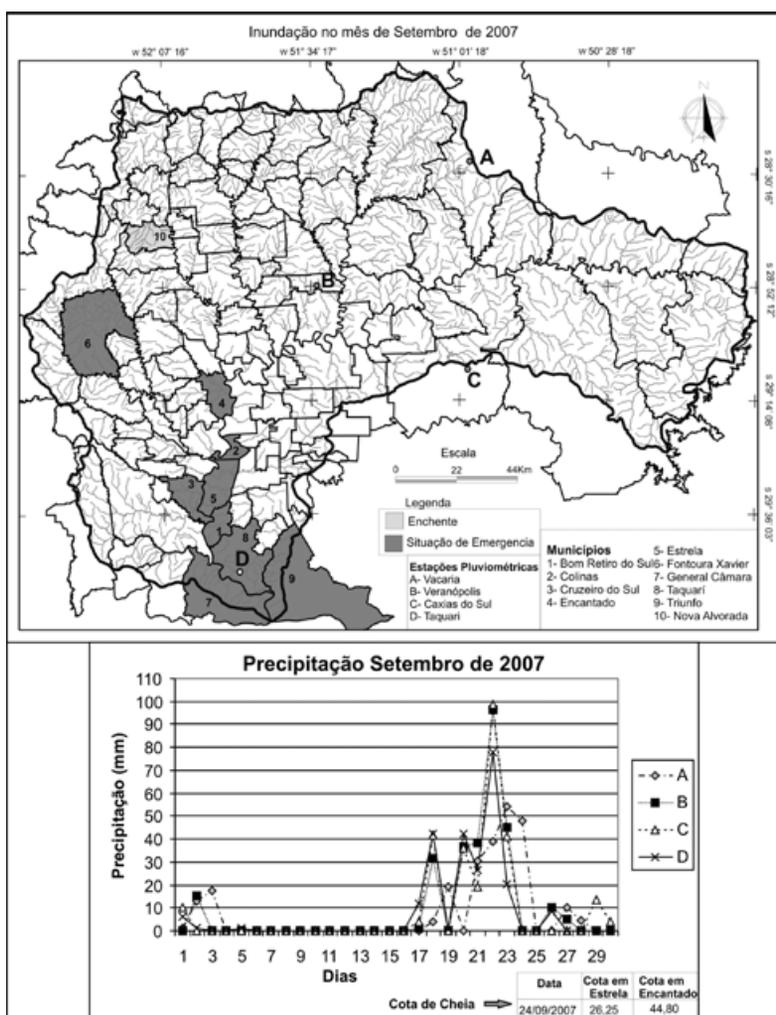


Analisando a distribuição das chuvas registradas pelas estações pluviométricas é possível perceber que, na referida enchente, as chuvas se prolongaram por 7 dias, entre o dia 25 de setembro e primeiro de outubro. No entanto, a cota máxima de cheia só foi registrada no dia 3 de outubro.

O gráfico da figura 12 mostra que as precipitações alcançaram grandes picos, como as registradas pela estação de Veranópolis, nos dias 29 de setembro, com 117mm, e no dia 01 de outubro com 130,3mm. Na soma do acumulado entre o dia 25 de setembro e primeiro de outubro tem-se 319mm, valor superior a precipitação média para dois meses normais.

No ano de 2007, o mês de setembro, foi marcado por mais um desastre relacionado a inundações. Nesse evento 10 municípios foram atingidos pelas águas, sendo que 9 sofreram grandes avarias, tendo que decretar Situação de Emergência, (figura 13).

Figura 13 Municípios atingidos pela inundação de setembro de 2007



Nesta inundação o nível das águas do rio Taquari, se elevou 12,30 metros acima do seu nível normal na cidade de Encantado, atingindo a cota Topográfica de 44,80 metros e na cidade de Estrela essa cota elevou-se 26,25 metros, tendo o rio atingido 13,25 metros a mais que o seu nível normal, inundando assim, grande parte da área urbana da cidade (figura 14).

Analisando a distribuição das chuvas ao longo do mês de setembro, observa-se uma concentração entre os dias 18 e 24 do referido mês. Nesse período a estação de Veranópolis registrou um montante de 250mm de chuva, sendo que somente no dia 22 a chuva precipitada alcançou a marca de 97mm. Acompanhando a distribuição das chuvas na bacia, observa-se que esta aconteceu de forma homogênea.

Neste evento, também, o pico da onda de cheia, no vale do rio Taquari, ocorreu dois dias após as maiores precipitações.

Figura 14 Inundação de setembro de 2007 na cidade de Estrela-RS.



## Conclusões e Considerações Finais

Com base na análise histórica de ocorrência de inundações, das características de relevo e as precipitações na bacia, pode-se concluir que as inundações que afetam a bacia do Taquari, apresentam os maiores prejuízos a partir da cidade de Encantado, sendo as cidades de Lajeado e Estrela onde o fenômeno natural é mais recorrente.

O comportamento topográfico da bacia, com uma amplitude máximas em torno 1000 metros, declividade superiores a 15%, em praticamente 90% da bacia, associados com solo pouco desenvolvido favorecem o escoamento superficial e a ocorrência de significativos eventos de inundações, especialmente no vale do rio Taquari, predominantes nos períodos de inverno e primavera.

Na maior parte dos eventos registrados, foi decretado Situação de Emergência ou Calamidade Pública, indicando uma alta vulnerabilidade social frente aos fenômenos.

Quando ocorrem períodos de chuvas intensas no alto curso forma-se uma onda de cheia, que tem resposta no canal principal, no vale do Taquari, de dois a três dias.

Nesse contexto, é cada vez mais necessário um adequado planejamento de ocupação territorial e de drenagem urbana, com objetivo de oferecer à população, subsídios para futuras construções. Medidas como mapeamento de uso e ocupação do solo urbano, de áreas sujeitas a inundações são fundamentais para que o Poder público possa ordenar a ocupação urbana de forma eficiente.

## Referências

- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. *Geomorphology*, v.47, p.107 – 124, 2002.
- ARAÚJO, L. C. de. *Memória sobre o Clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Directoria de Meteorologia, 1930.100 p.
- COSGROVE, D. Elemental divisin: water control and engineered landscape. In: COSGROVE, D. *Water, engineering and landscape*. London: Belhaven Press, 1990, 192p.
- ECKHARDT, R. R. *Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado / RS*. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FERRI, G. A. *História do Rio Taquari – Antas*. Encantado: GRAFEN, 1991.
- FERRAZ, F. E. Previsão de áreas inundadas na cidade de Piracicaba (SP) através de um sistema de informações geográficas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 3, p. 17-27, julho/setembro, 1998.
- INPE. *Sistemas de informação geográfica*. São José dos Campos. INPE, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapeamento das Unidades Territoriais. *Malha Municipal Digital 2005*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/)>. Acesso em: 10 nov. 2007.

MASKREY, A. El  
Riesgo. Capítulo 1 en:  
*Navegando entre Brumas. La aplicación de los Sistemas de Información geográfica al análisis de riesgos en América Latina.*  
Andrew Maskrey  
(Editor) ITDG/  
LA RED. Colombia,  
1998. Disponível  
em <[http:// www.  
desenredando.org/  
public/libros/1998/  
neb/ index.html](http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/index.html)>.  
Acesso em jul 2010.

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. 261f.  
Dissertação (Mestrado  
em Geografia) –  
Universidade Federal  
de Santa Maria, Santa  
Maria, 2007.

TUCCI, C. E. M. Plano  
diretor de drenagem  
urbana: princípios e  
concepções. *Revista  
Brasileira de Recursos  
Hídricos*, v. 2, n. 2, p.  
5-72, julho/dezembro,  
1997.

WILCHES-CHAUX,  
G. *La Vulnerabilidad  
Global.* Capítulo 2 en:  
Los Desastres no son  
Naturales. Andrew  
Maskrey (Compilador).  
Colombia, 1993.  
Disponível em <[http://  
www.desenredando.org/  
public/libros/1993/  
ldnsn/html/](http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/)>. Acesso  
em jul 2010.