

# CORRELAÇÃO ENTRE O NÍVEL ATINGIDO E OS PREJUÍZOS CAUSADOS PELAS INUNDAÇÕES DO RIO TAQUARI NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL-RS

Augusto Alves<sup>1</sup>, Cleberton Diego Bianchini<sup>2</sup>, Marcelo Malheiros<sup>3</sup>, Marli Teresinha Quartieri<sup>4</sup>, Paulo Fernando Salvador<sup>5</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>6</sup>

**Resumo:** Este trabalho busca correlacionar o nível atingido pelas inundações do rio Taquari com os prejuízos por elas causados no município de Cruzeiro do Sul-RS, área-foco deste estudo. Para estabelecer tal relação, foram escolhidos dois eventos recentes de diferentes magnitudes que atingiram a cidade: a inundação de 27 de outubro de 2008, de magnitude grande, que atingiu a cota de 26,65 m, e a inundação de 04 de janeiro de 2010, de magnitude média, com cota de 23,95 m. A análise dos impactos desses eventos foi feita com base nos Formulários de Avaliação de Danos – AVADANs, elaborados pela Defesa Civil e permitiu observar as zonas e os setores mais atingidos no município em inundações de diferentes portes e os respectivos danos e prejuízos materiais, econômicos, sociais e ambientais. A avaliação das consequências desses desastres pode contribuir para a elaboração de medidas de prevenção contra inundações.

**Palavras-chave:** Inundações. Rio Taquari. AVADAN.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta resultados parciais dos estudos desenvolvidos na pesquisa intitulada “*Modelagem das cheias do rio Taquari com vistas à criação de um plano de gerenciamento das áreas inundáveis*”, que está em desenvolvimento no Centro Universitário UNIVATES, Lajeado-RS. A área de estudo foca o município de Cruzeiro do Sul-RS, uma vez que este sofre intensamente os problemas das inundações e ainda não possui trabalhos dessa natureza, além de dispor de uma base de dados e informações planialtimétricas para o embasamento da pesquisa.

Segundo Saito e Sausen (2011), somente as inundações ocorridas no período entre novembro de 2009 e janeiro de 2010 afetaram mais de 960 mil pessoas no Estado do Rio Grande do Sul, ocasionando prejuízos de mais de três bilhões de reais e evidenciando a vulnerabilidade de diversos

---

1 Arquiteto e Urbanista, mestre e doutorando em Planejamento Urbano e Regional. Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário UNIVATES.

2 Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNIVATES.

3 Bacharel em Engenharia da Computação. Mestre em Engenharia Elétrica. Professor do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário UNIVATES.

4 Licenciada em Matemática. Mestre em Matemática Aplicada. Doutora em Educação. Professora do curso de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES.

5 Arquiteto e Urbanista. Mestre e doutor em Engenharia Civil. Professor dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário UNIVATES.

6 Biólogo. Mestre e doutorando em Sensoriamento Remoto. Professor do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNIVATES.

municípios gaúchos. No entanto, estima-se que este valor seja muito maior, tendo em vista se referir somente às perdas sofridas pelos municípios que decretaram *situações de emergência*. Esses autores ainda destacam que os recursos direcionados à recuperação dos municípios atingidos deixam de ser aplicados em setores essenciais, como saúde, habitação e educação, ou mesmo para a prevenção de eventos adversos. Dessa forma, é importante que medidas efetivas sejam adotadas para minimizar os prejuízos socioeconômicos e ambientais, além de preparar melhor as comunidades para enfrentar os efeitos dos desastres naturais.

Diante desse contexto, o presente artigo tem por objetivo analisar a correlação entre os prejuízos socioeconômicos e ambientais causados pelas inundações do rio Taquari no município de Cruzeiro do Sul-RS com o nível atingido pelo rio em alguns eventos e a velocidade de elevação das águas. Procurou-se com isso avaliar o grau de impacto que inundações de diferentes magnitudes causam no município. Este estudo pode contribuir para a elaboração de um sistema de alertas e de prevenção contra cheias, assim como para o desenvolvimento de um sistema de planejamento e gestão de áreas de risco e de situações de crise ocasionadas por esses eventos.

Destaca-se que, no período de 2000 a 2013, o ponto de medição do porto de Estrela registrou 24 eventos de cheias e inundações, os quais geraram importantes impactos socioeconômicos que variaram na intensidade em função da magnitude do nível da inundação. O presente estudo selecionou dois eventos para análise: a inundação ocorrida no dia 27 de outubro de 2008, que atingiu a cota de 26,65 m, e a inundação de 04 de janeiro de 2010, que chegou à cota de 23,95 m. Ambas as medições tomam como nível referencial a cota atingida pelas águas no porto de Estrela, onde existe uma régua para a tomada dos registros oficiais do nível do rio para as cidades de Lajeado, Estrela e Cruzeiro do Sul. Mesmo que esse ponto de aferição esteja localizado seis quilômetros a montante do centro da cidade de Cruzeiro do Sul, parte-se do pressuposto de que o nível seja o mesmo, dado que o rio Taquari sofre ação do represamento da barragem de Bom Retiro do Sul, sem apresentar corredeiras nesse trecho.

Os critérios para a seleção dos eventos foram a disponibilidade de registros por meio de Formulários de Avaliação de Danos – AVADANs; a magnitude dos eventos, um de média magnitude (2010) e outro de grande magnitude (2008); e a atualidade dos eventos, visto que nas inundações recentes podemos observar a situação atual da cidade.

Não foram selecionadas inundações de pequena magnitude uma vez que esse porte dificilmente gera os AVADANs, pois têm impacto muito reduzido. Por outro lado, inundações de tamanho extremo não foram registradas na última década. Optou-se então por selecionar uma inundação de média magnitude e outra de grande magnitude.

Para avaliar os impactos causados por essas inundações, foram utilizados os AVADANs do município de Cruzeiro do Sul, organizados pelo Conselho Municipal da Defesa Civil desse município após a ocorrência dos eventos. Os referidos relatórios apresentam informações sobre as características da área afetada, as causas do desastre, os danos humanos, danos materiais (referentes às edificações e infraestruturas), danos ambientais e os prejuízos econômicos e sociais. Além das informações quantitativas, o AVADAN apresenta uma avaliação conclusiva sobre a intensidade do desastre.

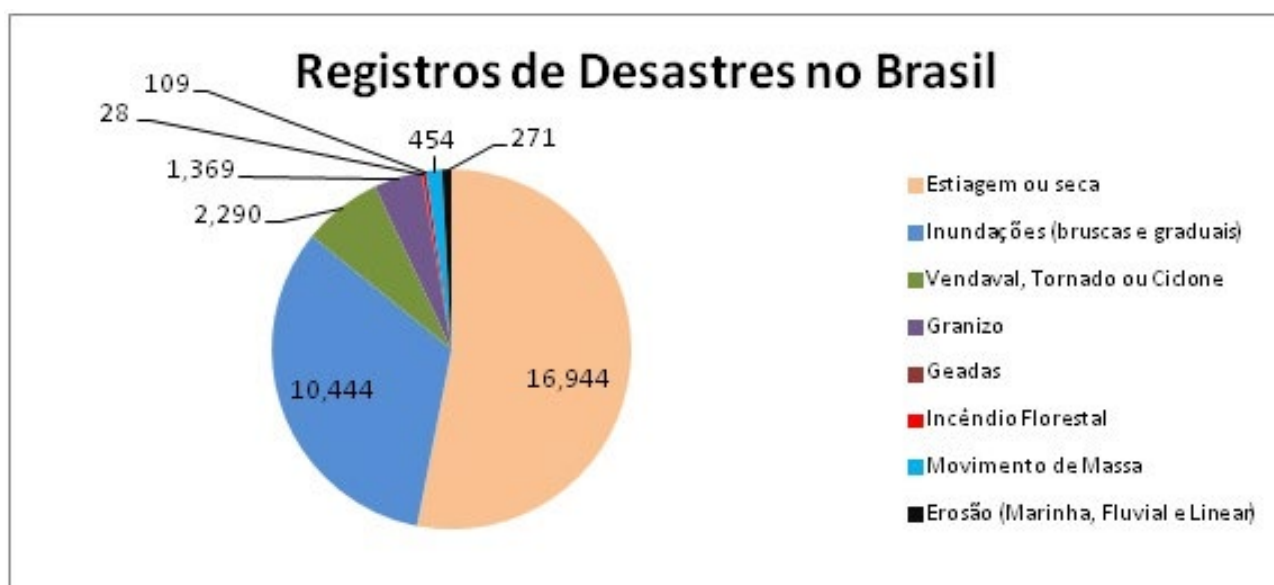
## 2 INUNDAÇÕES

Os fenômenos naturais fazem parte da dinâmica do planeta e são imprescindíveis para a existência humana, pois são importantes agentes transformadores do relevo e da paisagem e responsáveis pela manutenção dos ecossistemas, mas também são causadores de desastres que trazem grandes prejuízos para as comunidades atingidas. Os desastres, naturais ocorrem quando

regiões ou áreas habitadas pelo homem são afetadas por fenômenos naturais, causando-lhes prejuízos e danos muitas vezes de difícil superação.

No Brasil, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, as estiagens e as secas são os desastres naturais que mais afetam a população, por serem mais recorrentes e duradouros. Entretanto, as inundações bruscas são as maiores causadoras de mortes. O Gráfico 1 mostra a ocorrência de desastres naturais no período de 1991 a 2010, que correspondem a eventos com significativa relevância nacional, computados a partir de documentos oficiais.

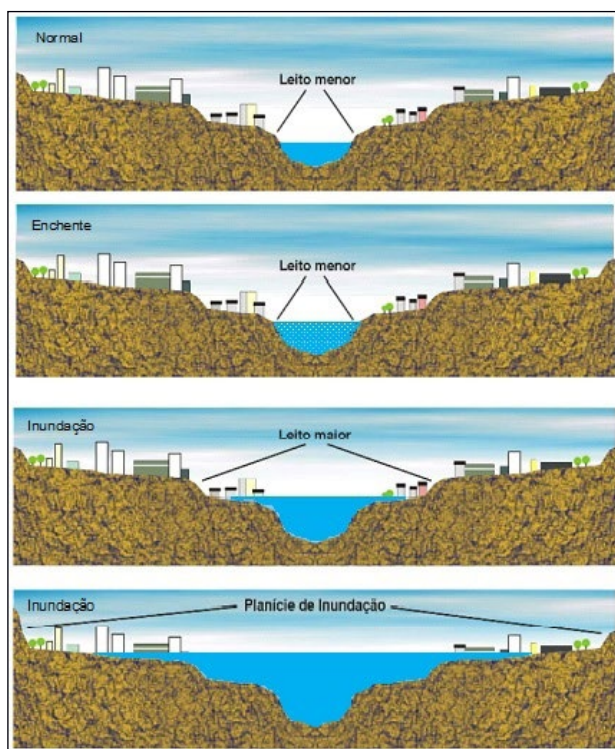
Gráfico 1: Tipos de desastres registrados no Brasil entre 1991 e 2010



No Brasil, as regiões Sul e Sudeste são as mais afetadas por desastres decorrentes de inundações, o que se deve à grande rede hidrográfica e às altas taxas de urbanização e de densidade populacional. No Vale do Taquari, o fenômeno natural que mais afeta a população são as inundações, causando grandes impactos socioeconômicos e ambientais, principalmente nas dez cidades banhadas pelo rio Taquari. No decorrer da história, o homem sempre ocupou os espaços próximos a cursos d'água, para obtenção de água para consumo e como forma de escoamento de seus dejetos (TUCCI et al., 1995). As cidades surgiram e se desenvolveram às margens dos rios ou no litoral utilizando os recursos hídricos como principal meio de transporte.

As enchentes e inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial e são mais antigas que a existência humana. Entende-se por enchente a elevação das águas de um rio acima da sua capacidade natural até a altura de suas margens, enchendo seu leito menor, mas sem extravasar para as áreas adjacentes (ver Figura 1). Já a inundação ocorre quando o rio transborda do seu leito menor e alcança as áreas adjacentes, atingindo seu leito maior, que, por longos períodos, permanece seco e, eventualmente, por causa de intensas e persistentes precipitações, sofre inundação (GOERL; KOBIYAMA, 2005).

Figura 1: Esquema representativo de fenômenos de enchentes e inundações de um rio



Fonte: Adaptado de Eckhardt (2008).

Em ambientes naturais, as inundações são fenômenos hidrológicos importantes na morfodinâmica dos ambientes fluviais, promovendo grandes mudanças na mata ciliar e no comportamento da fauna aquática e ribeirinha. Nesse ambiente, o fluxo d'água é retido pela vegetação, infiltra-se no subsolo e o restante escoar pela superfície de forma lenta e gradual (TUCCI et al., 1995)

Em áreas urbanas, as inundações podem causar sérios danos materiais e até perda de vidas. Elas ocorrem devido ao ciclo natural dos rios, podendo ser ampliadas pelas alterações produzidas pelo homem nas cidades, como a impermeabilização do solo, a canalização dos rios ou a ocupação das várzeas.

## 2.1 Análise de risco e frequência de inundações

Dentro de um processo natural, em períodos chuvosos os rios saem de seu leito menor e ocupam seu leito maior, evento que ocorre em média a cada dois anos (TUCCI, et al. 1995). Como esses eventos não ocorrem em intervalos de tempo regulares, a população esquece dos danos causados pelas inundações e passa a ocupar e habitar as áreas vulneráveis dos rios, ignorando os riscos (TUCCI; BERTONI, 2003). Quando não há planejamento urbano que define claramente as áreas próprias para urbanização, os relatos históricos são as únicas informações para orientar as pessoas.

Um fator muito importante na prevenção de desastres é o estudo da probabilidade das inundações. Tucci (2012) afirma que o risco é definido de acordo com o tipo de uso e ocupação, com as vazões máximas e com o alcance do nível do rio. Os danos materiais e humanos podem ser reduzidos se os riscos de ocorrência das inundações forem considerados nos planejamentos de uso

e ocupação do solo (SANTOS, 2007). Mas é importante ressaltar que os valores estabelecidos são hipóteses estatísticas que relacionam variáveis aleatórias, já que se trata de eventos e fenômenos naturais (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

O período de retorno significa o intervalo de tempo, em média, com que um evento hidrológico extremo, precipitação ou vazão, pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez. Pode ser obtido pelo inverso da probabilidade de superação de um dado valor. Períodos de retorno elevados são adotados para estruturas que, em caso de falha, possam causar danos elevados. Por outro lado, mesmo com danos menores, inundações de magnitude reduzida também geram transtornos à população, devido a sua maior recorrência.

Quando uma situação anormal provocada por desastres causa danos e prejuízos que impliquem o comprometimento parcial da capacidade de resposta do poder público, necessitando de medidas excepcionais e de urgência, declara-se *Situação de Emergência*. No caso de um evento comprometer toda a capacidade administrativa, então se declara *Estado de Calamidade Pública*.

Sempre que um município decretar situação de emergência deverá ser elaborado o Formulário de Avaliação de Danos – AVADAN. Esse relatório é um estudo de situação que permite identificar os danos e prejuízos em um cenário de desastre, com o objetivo de definir sua intensidade e extensão. Ele é realizado por uma equipe multidisciplinar experiente e com conhecimentos técnicos, que se desloca em menor tempo possível para o cenário dos desastres para dar início ao levantamento e à quantificação dos danos e prejuízos causados. Cabe destacar que os maiores prejuízos decorrentes das inundações devem-se principalmente à alta concentração de núcleos urbanos implantados nas margens do rio.

### **3 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E PLANEJAMENTO NO BRASIL**

Nas principais cidades da América do Sul a urbanização apresenta um ritmo de crescimento acima do de outras regiões do mundo. Esse elevado crescimento urbano foi impulsionado pelo êxodo rural e pelo crescimento natural da população, mas os serviços e as infraestruturas urbanas não conseguiram acompanhar essa dinâmica.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a população brasileira praticamente triplicou em 50 anos, saltando de 70.992.343 habitantes em 1960 para 190.755.799 em 2010. A população urbana, que em 1960 era de 32.004.817 habitantes (46% do total), passou para 160.925.792 habitantes (85%) em 2010.

Esse intenso processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas e as intervenções antrópicas em áreas com características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis a ocupações têm favorecido a ocorrência de desastres com maiores proporções. Apesar de avanços pontuais em algumas áreas, persiste no Brasil uma sensação generalizada de caos urbano, tornando a cada dia mais urgente a adoção de práticas de planejamento urbano para ordenar o espaço, evitando os problemas gerados pelos assentamentos humanos ou remediando as situações desfavoráveis dos já consolidados.

### **4 O VALE DO TAQUARI E O MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL: CARACTERIZAÇÃO E CRESCIMENTO URBANO**

O Vale do Taquari, localizado na região centro leste do estado do Rio Grande do Sul, é formado por 36 municípios, com uma área total de 4.821,1 km<sup>2</sup> (1,71% da área do estado). Possui população de 327.822 habitantes (3,07% da população do Estado), segundo censo de 2010 realizado pelo IBGE.

A região do Vale do Taquari pertence à bacia do Taquari-Antas, que apresenta características fisionômicas bastante diversificadas. A parte inicial dessa bacia está localizada nos Campos de Cima da Serra, fora da região do Vale do Taquari. A parte intermediária encontra-se na encosta inferior do Planalto Meridional, caracterizado por grandes aclives provocados pela dissecação do curso inferior do rio Taquari e porções com os típicos morros testemunhos. Por fim, a porção mais ao sul, onde o rio deságua no Jacuí, está localizada na Depressão Central, onde se formam terraços aluviais.

Conforme a Classificação Internacional de Köppen, o clima do Vale do Taquari encontra-se dentro da zona fundamental temperada úmida "Cf". Esta pode ser dividida em duas variedades: "Cfa" (subtropical) apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano e possuindo a temperatura média no mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio superior a 3°C, abrange a maior parte da bacia, com exceção do extremo norte; "Cfb" (temperado), caracterizada também por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo de todos os meses do ano, com a temperatura média no mês mais quente superior a 22°C, porém abaixo dos 3°C no mês mais frio, tem atuação na região localizada no extremo norte da bacia, nos municípios de Arvorezinha, Ilópolis e Putinga. A média anual da temperatura no Vale do Taquari é de 18,7°C, a média da umidade relativa do ar é de 76% e a média anual das precipitações pluviométricas é de 1600 mm, bem distribuídos durante todos os meses do ano, porém com maior intensidade nas estações de inverno e primavera.

Assim como as cidades brasileiras, as cidades do Vale do Taquari também sofreram intenso crescimento e ocupação desordenada em áreas de risco ambiental nas últimas décadas. A ocupação humana intensiva do Vale do Taquari iniciou em meados do século XIX, a partir do processo de colonização europeia da região por imigrantes alemães e italianos. Um século antes, colonos açorianos já ocupavam de forma esparsa a parte sul do Vale do Taquari. Até aquele momento, a região era habitada por populações indígenas nômades que não constituíram núcleos urbanos perenes e pouco modificaram o meio natural.

Entre os fatores que levaram à ocupação humana do Vale do Taquari, destacamos as terras férteis das várzeas do rio Taquari e afluentes, que servia de caminho natural para o escoamento da produção e a comunicação da região com a capital. Em função desses fatores e do desenvolvimento econômico e populacional das colônias, foram surgindo diversos núcleos urbanos ao longo do rio Taquari, que acabou por constituir a espinha dorsal que estruturou a rede urbana da região.

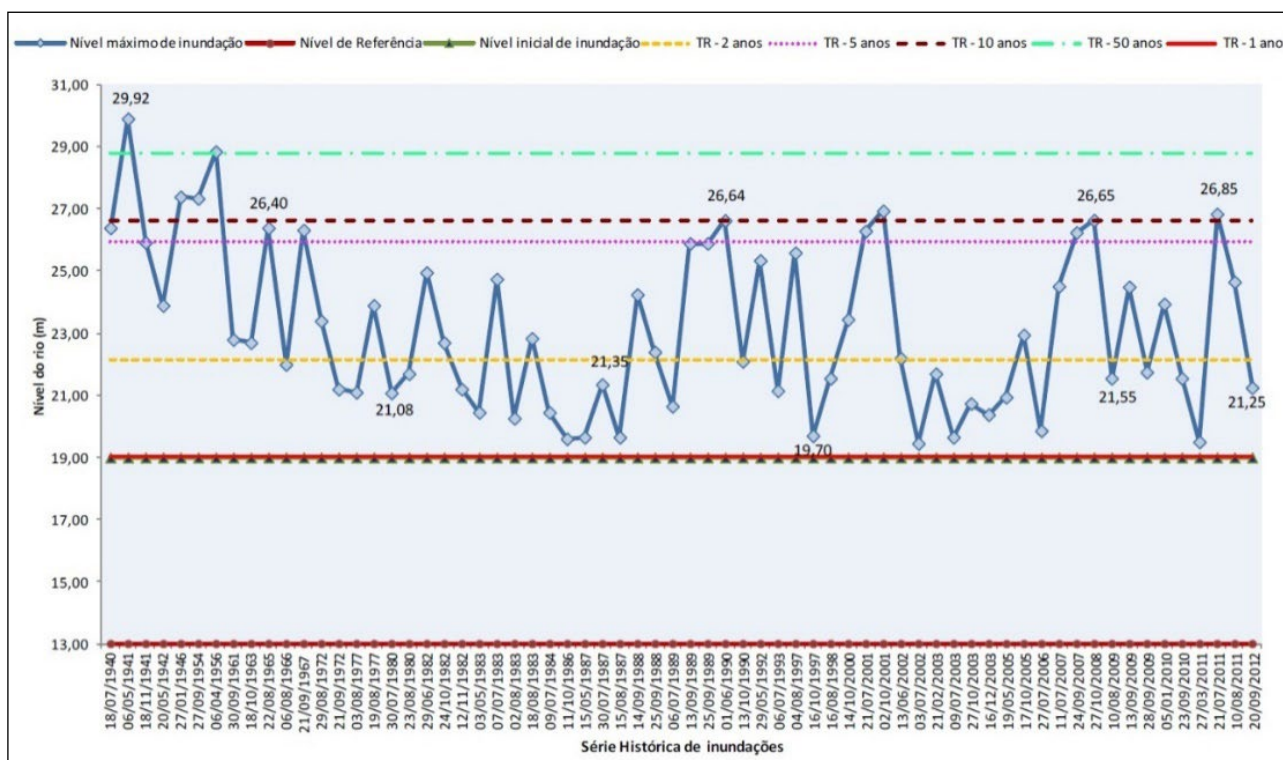
Nos primeiros períodos, a navegação foi de vital importância para o comércio e o transporte de passageiros, sendo virtualmente o único meio de comunicação da região com a capital e com outras regiões. Por esse motivo, os núcleos urbanos das atuais cidades de Taquari, Bom Retiro do Sul, Cruzeiro do Sul, Estrela, Lajeado, Arroio do Meio, Colinas, Roca Sales, Encantado e Muçum surgiram junto ao rio, na área portuária. Com a abertura das estradas, a navegação entrou em decadência e a relação direta dessas cidades com o rio foi gradativamente se perdendo até quase desaparecer.

No Vale do Taquari, as inundações ocorrem ao longo de toda a bacia, pois os rios afluentes caracterizam-se por intensas e bruscas variações em suas vazões (FERRI, 1991). Mas é no baixo curso do rio que são observados os maiores prejuízos decorrentes das inundações, devido principalmente à maior concentração de núcleos urbanos junto às margens. As inundações são decorrentes de fatores naturais dessa bacia hidrográfica (FERREIRA; BOTH, 2001) e caracterizam-se como eventos lentos e graduais. Segundo Ferreira e Both (2001), as ações antrópicas (desmatamento, impermeabilização do solo, obras no canal fluvial) tendem a intensificar o alcance das cotas de inundações e agravar os problemas decorrentes das inundações.

O tempo de retorno ou a recorrência das inundações está ligada à cota ou ao nível de inundação. Segundo Kurek (2012), para a cidade de Estrela as inundações com nível abaixo de 22

metros possuem recorrência inferior a dois anos. No Gráfico 2 podemos observar a série histórica com tempo de retorno de 1, 2, 5, 10 e 50 anos.

Gráfico 2: Tempo de retorno das inundações

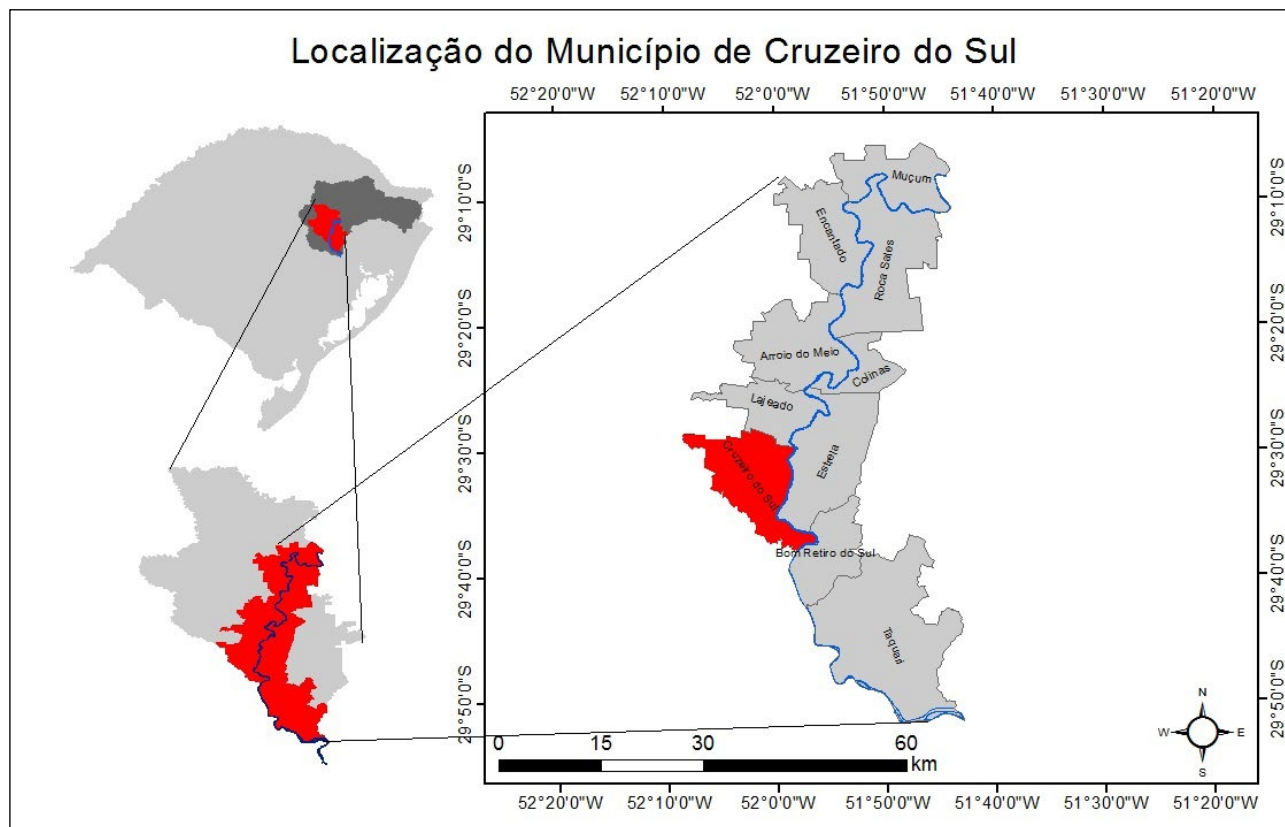


Fonte: Kurek (2012).

No Vale do Taquari, as inundações são os desastres naturais que mais geram situações de emergência, mas não há um nível específico que gere tal alerta, uma vez que ele depende de outros fatores associados. Observa-se que a maior probabilidade de decreto de situação de emergência ocorre com águas acima da cota de 23 metros.

Considerando os municípios banhados pelo rio Taquari, a área de estudo deste artigo abrange apenas o município de Cruzeiro do Sul, cuja localização é apresentada na Figura 2.

Figura 2: Localização do município de Cruzeiro do Sul e dos municípios do Vale do Taquari banhados pelo rio Taquari



O núcleo urbano do município de Cruzeiro do Sul se formou em uma estreita área entre a margem direita do Taquari e um morro, ficando cercada por terras baixas inundadas periodicamente. Enquanto a ocupação se restringia ao núcleo original, os impactos das inundações eram pequenos, já que não atingiam grandes extensões urbanas. Mas na medida em que a cidade cresceu, a pressão imobiliária fez surgir novos bairros e ocupações populares em áreas de cotas baixas impróprias para urbanização, gerando sérios problemas sociais nos períodos de elevação das águas do rio.

## 5 ANÁLISE DOS AVADANs

Apresentamos no Quadro 1 o resumo dos dados dos AVADANs do município de Cruzeiro do Sul referentes a duas inundações analisadas: 27 de outubro de 2008 e 4 de janeiro de 2010, considerados, respectivamente, eventos de grande e média magnitude.



Quadro 1: Síntese dos AVADANs de 2008 e 2010 para o município de Cruzeiro do Sul

MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL - RS										
Descrição dos danos causados pelas inundações nos anos de 2008 e 2010										
Data da inundação	Nível (m)	Danos humanos	Danos materiais (mil R\$)	Danos ambientais (mil R\$)	Danos econômicos (mil R\$)	Danos sociais (mil R\$)	Total de prejuízos por município (mil R\$)	Orçamento anual do município (mil R\$)	Percentual do orçamento	
		Pessoas afetadas	Edificações	Infraestrutura						
27/10/2008	26,65	3.464	603	180	0	6.264	5,3	7.052,3	12,8	55%
04/01/2010	23,95	4.397	0	1.822	3.215	967,3	0	6.004,3	15,6	38%
<b>Total</b>	-	<b>7.861</b>	<b>603</b>	<b>2.002</b>	<b>3.215</b>	<b>7.231,3</b>	<b>5,3</b>	<b>13.056,6</b>	-	-

A partir da observação dos dados sintetizados no Quadro 1, foi possível avaliar os danos causados por essas inundações no município de Cruzeiro do Sul em diferentes setores e os valores dos prejuízos materiais. Constatou-se que esses eventos afetaram grande quantidade de pessoas e somaram elevados prejuízos econômicos.

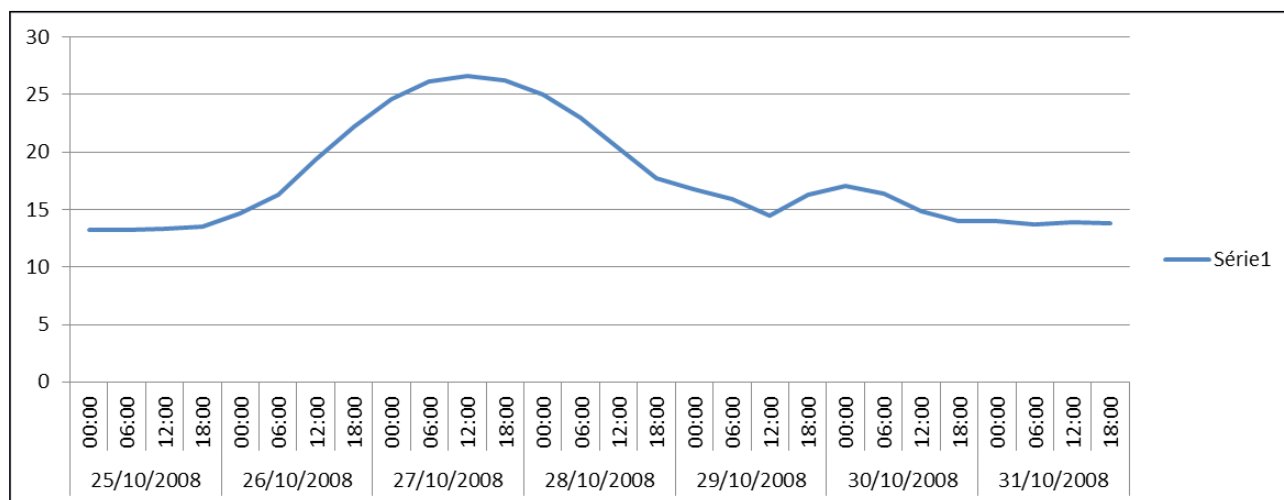
Na inundação de 27 de outubro de 2008, o rio Taquari atingiu a cota de 26,65 m, enquanto em 04 de janeiro de 2010 a cota atingida foi de 23,95 m. Ambos registros foram realizados na régua de medição instalada no porto de Estrela. A relação dos danos está baseada nos Formulários de Avaliação de Danos – AVADANs que o Conselho Municipal da Defesa Civil emitiu para decretar o estado de emergência.

### 5.1 Inundação de 2008

A inundação ocorrida em 27 de outubro de 2008 no município de Cruzeiro do Sul foi caracterizada no formulário do AVADAN como “enchente ou inundações graduais”. Atingindo a cota de 26,65 m no porto de Estrela, o evento foi classificado com nível de intensidade “II”, porte “médio” e padrão evolutivo “gradual e previsível”.

Foi, portanto, um evento com características típicas e já esperadas para esse tipo de fenômeno, com elevação gradual das águas no espaço de tempo de aproximadamente 42 horas e lento retorno para o nível normal em aproximadamente 78 horas.

Gráfico 3: Elevação das águas do rio Taquari durante a inundação de outubro de 2008



Apesar da subida gradual das águas, essa foi considerada uma inundação de grande magnitude, atingindo tanto a zona rural quanto a zona urbana do município. Os prejuízos globais por ela causados em de Cruzeiro do Sul foram de pouco mais de sete milhões de reais, comprometendo o equivalente a 55% do orçamento do município para aquele ano.

Um total de 3.464 pessoas foram afetadas, o equivalente a 28% da população do município, das quais, 2.725 ficaram desalojadas e foram transferidas para casas de parentes ou amigos, mas sem perder a casa, e 256 pessoas ficaram desabrigadas, tendo perdido a casa e sendo transferidas para abrigos públicos. Foram sete os bairros atingidos na zona urbana da cidade: Centro, Vila Zwirtes, Passo Estrela, Cascata, Vila Célia, Vila Rosa, Glucostarck, além de várias localidades na área rural, como Bom Fim, São Miguel, Maravalha, Desterro, Santarém e Lotes.

Dos prejuízos causados pela inundação, 783 mil reais foram de natureza material, abrangendo danos em edificações na ordem de 603 mil reais, sendo 578 mil reais em residências nas zonas urbana e rural e em duas edificações públicas de ensino. Infraestruturas como bueiros, pontilhões, estradas e vias de acesso também sofreram danos, somando um prejuízo de mais de 180 mil reais.

Segundo o formulário, as atividades comerciais e industriais não foram afetadas, mas a agricultura e a pecuária, importantes ramos da economia do município, foram fortemente atingidos com o avanço das águas na zona rural.

Os prejuízos econômicos no setor primário chegaram à cifra de 6,26 milhões de reais. Dentre eles, a agricultura acumulou um prejuízo de 4,85 milhões de reais, com perdas de 3.464 toneladas de grãos, 660 toneladas de fumo e 350 toneladas na horticultura. Na pecuária as perdas com rebanhos bovinos somaram 648 mil reais. Além disso, os gastos com assistência às famílias demandou a distribuição de 1.532 itens de alimentação e assistência no valor de 760,74 mil reais.

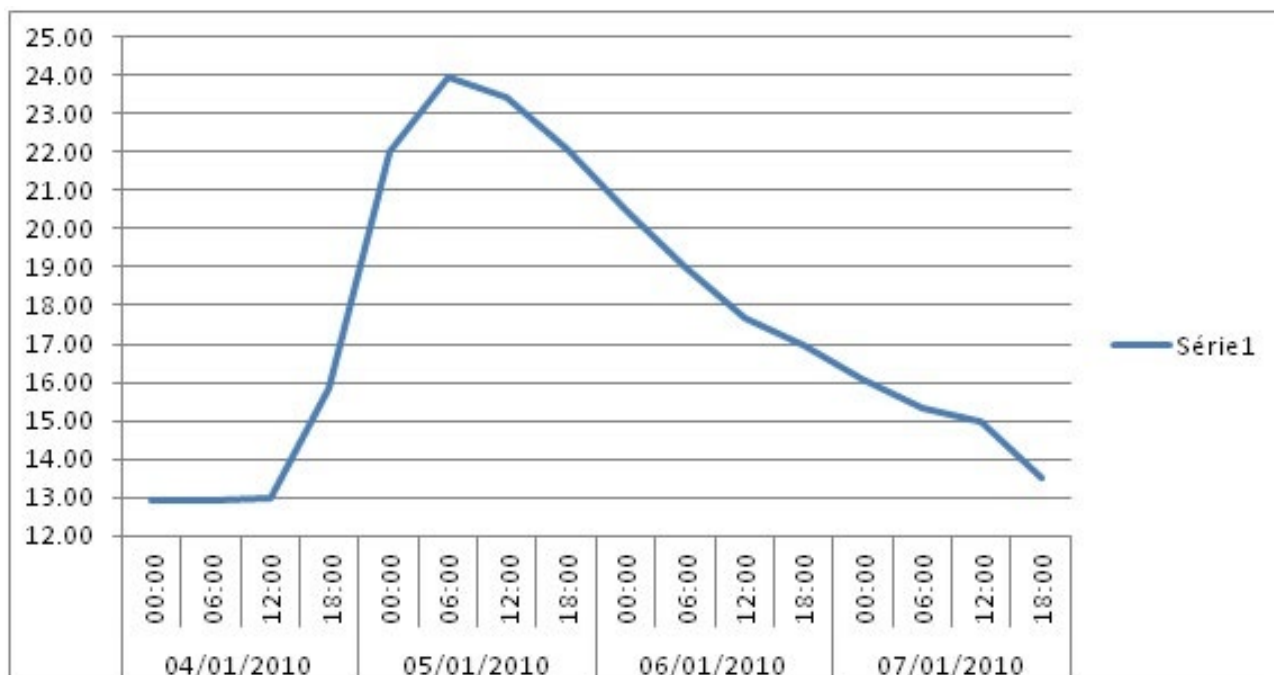
Apesar das grandes perdas no setor agropecuário, não foram registrados danos ambientais.

## 5.2 Inundação de 2010

No início de 2010 ocorreu no município de Cruzeiro do Sul uma inundação com características atípicas, uma vez que a elevação das águas ocorreu de forma brusca e repentina. A elevação das águas ocorreu em apenas 18 horas, tempo bastante curto, enquanto o retorno ao nível normal se

deu de forma gradual, em aproximadamente 60 horas. No entanto, o nível atingido não foi muito elevado, chegando a 23,95 m no ponto de medição no porto de Estrela.

Gráfico 4: Elevação das águas do rio Taquari em Cruzeiro do Sul durante a inundação de janeiro de 2010



Esse comportamento fora do padrão se deve às enxurradas que ocorreram na microbacia do rio Forqueta, onde elevados índices de precipitação ocorridos em um curto espaço de tempo causaram a maior inundação já registrada nesse rio. Foi essa contribuição, mais do que as chuvas na bacia principal Taquari-Antas, que ocasionou a elevação abrupta das águas nos municípios a jusante do rio Forqueta.

Esse evento foi registrado no AVADAN como “enxurradas ou inundações bruscas”, sendo classificado com nível de intensidade “II”, porte “médio” e padrão evolutivo “súbito e previsível”.

Trata-se de uma inundação de magnitude média, que atingiu principalmente a zona rural, causando ao município de Cruzeiro do Sul um total de 6 milhões de reais em prejuízos, o correspondente a 38% do orçamento municipal daquele ano.

Foram afetadas 4.397 pessoas, o equivalente a 35% da população, dentre as quais 15 ficaram desabrigadas e foram removidas para abrigos públicos. Mas o relatório aponta que os tipos de ocupação residencial, comercial e industrial não foram afetados, o que se deve ao fato de a cota de cheia ter sido relativamente baixa (23,95 m). Mesmo assim, alguns bairros na zona urbana foram atingidos com baixa intensidade, como o Centro, Glucostarck, Cascata, Passo de Estrela, Vila Rosa, Vila Célia e Vila Zwirtes.

Nas áreas afetadas, o único tipo de ocupação que o relatório aponta como tendo sido afetado foi a agricultura em que os prejuízos somaram 967 mil reais, com a perda de 777 toneladas de grãos, 840 toneladas de hortaliças e 20 toneladas de outros produtos. Isso se explica pelo fato de o município de Cruzeiro do Sul ter uma grande extensão de sua área rural situada na várzea do rio

Taquari, em áreas muito planas e baixas que são facilmente atingidas, mesmo em inundações de média e baixa, magnitude.

Essa mesma explicação serve para justificar o motivo pelo qual o AVADAN cita no item “danos materiais” prejuízos em infraestruturas no valor de 1,822 milhão de reais, incluindo 644 km de estradas danificadas que necessitaram de reparos a um custo de 1,4 milhão de reais, além de 26 obras danificadas (bueiros, pontes, pontilhões, entre outros) com prejuízo de 422 mil reais. Essas infraestruturas encontram-se em grande parte na zona rural atingida.

A rápida subida das águas também foi responsável por significativos danos ambientais, como deslizamentos de terra, que causaram prejuízo avaliado em 3,215 milhões de reais segundo o formulário, o que equivale a mais da metade de todo o prejuízo causado por esse evento.

## 6 CONCLUSÕES

A partir da análise dos AVADANs de duas inundações dois eventos de diferentes magnitudes e dinâmicas e seu impacto no município de Cruzeiro do Sul, foi possível traçar algumas conclusões preliminares.

Na avaliação dos danos causados por um evento de inundação, não é somente sua magnitude que deve ser levada em conta. Além da cota atingida, outro fator que contribui de maneira fundamental para o impacto de um evento é sua dinâmica, ou seja, a velocidade de subida do nível das águas. Uma inundação que sobe abruptamente pode ser caracterizada como enxurrada e causar outros danos, como erosão e destruição, que uma enchente gradual não causaria.

Foi o caso observado nos dois eventos analisados: mesmo atingindo uma cota menor, o evento de 2010 causou importantes danos ambientais, como desbarrancamentos, erosão e carreamento de solo, além de ocasionar maiores danos à infraestrutura, que não foram observados no evento de 2008, que atingiu uma cota 2,70 m maior.

Por outro lado, a cota mais elevada da inundação de 2008 atingiu áreas mais extensas, tanto na zona rural como na zona urbana, afetando maior número de residências e edificações em geral e causando maiores danos econômicos e prejuízos de forma global. Chama atenção o fato de uma inundação maior causar menos danos em infraestruturas e não registrar danos ambientais, o que pode ser creditado à subida lenta e gradual das águas.

Um dado que causa estranhamento é o número maior de pessoas atingidas no evento de 2010, 933 pessoas a mais que na inundação de 2008. Parece à primeira vista, um dado discrepante, mas mais uma vez a explicação pode estar na velocidade com que as águas subiram, estando as pessoas desprevenidas. A justificativa também poderia estar no aperfeiçoamento do próprio AVADAN, que poderia ter registrado de forma mais abrangente as pessoas atingidas no último evento.

Já os danos econômicos parecem seguir a proporção da magnitude dos eventos: 6.264 mil reais em 2008 contra 967 mil reais em 2010. Esse fato parece evidenciar que a magnitude dos eventos tem papel decisivo nos prejuízos causados ao município de Cruzeiro do Sul, sobretudo na zona rural, que é a área mais atingida. As edificações atingidas também seguem essa proporção: 603 edificações em 2008 e nenhuma em 2010.

Esse fato mostra que apesar de a zona urbana não ser a mais afetada, um número considerável de edificações foi atingido em 2008. Também é preciso lembrar que em eventos de magnitude maior, em que a cota do rio atinge níveis mais elevados, os danos na zona urbana tendem a crescer de forma exponencial.

Por esse motivo, planejar o crescimento urbano, regulamentando o uso e a ocupação do solo, é de fundamental importância na prevenção dos desastres naturais causados pelas inundações, uma

vez que esses fenômenos não são passíveis de controle e as soluções estruturantes por meio de obras de engenharia são economicamente inviáveis.

No caso de Cruzeiro do Sul, o controle das áreas urbanas é relativamente simples, dependendo de ações políticas no sentido de regulamentar os instrumentos de planejamento e gestão das áreas de risco. Quanto à zona rural, a solução não é tão simples e os prejuízos causados pelas inundações são difíceis de contornar, uma vez que as plantações ocupam as várzeas férteis e estão à mercê das águas. Não ocupar essas áreas planas e baixas com atividade agrícola é um prejuízo certo para o município e parece estar fora de cogitação; sofrer com as inundações das lavouras torna-se um prejuízo eventual, que deve ser assumido como parte da dinâmica natural do rio.

## REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- ECKHARDT, R. R. **Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado / RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.
- FERREIRA, E. R.; BOTH, G.C. **Estudo das enchentes no Vale do Taquari**: causas e propostas de controle. In: MEEP, 4., 2001, Lajeado. **Anais...** Lajeado: UNIVATES, 2001. 171 p.
- FERRI, G. **História do Rio Taquari-Antas**. 1. ed. Encantado: Grafen, 1991.
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil**. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 16, 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2005.
- KUREK, Roberta Karinne Mocva. **Avaliação do tempo de retorno dos níveis das inundações no Vale do Taquari/RS**. 2012. 90 f. f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental, do Centro Universitário UNIVATES, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.
- SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M. **Análise dos prejuízos socioeconômicos e ambientais causados pelas inundações no Rio Grande do Sul**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**, 13, 2011. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2011.
- SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília, 2007.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 428 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos)
- TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Orgs.) **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.