

Áreas urbanas suscetíveis às inundações do Rio Taquari em Lajeado/RS

Sofia Royer Moraes[†], Rafael Rodrigo Eckhardt^{††*}, Guilherme Garcia de Oliveira[†], Cláudio Wilson Mendes Junior[†], Jerusa da Silva Peixoto[†]

Resumo

O objetivo deste estudo foi realizar o mapeamento e a análise das áreas urbanas e das edificações suscetíveis às inundações do Rio Taquari na cidade de Lajeado/RS. Foram utilizados os registros das enchentes e das inundações ocorridas no município de Lajeado, no período de 1980 até 2015, ajustados de acordo com Greiner (2014). O mapeamento das áreas e das edificações suscetíveis às inundações foi realizado no *software* ArcGis, a partir de uma base digital de informações espaciais, organizada pela empresa BASE S.A. em 2013. A referida base digital foi organizada em escala 1:2.000, sendo composta por curvas de nível, com equidistância vertical de 1 m, pontos notáveis, sistema viário e uma ortofotomosaico, com resolução espacial de 16 cm. Com base no Modelo Digital do Terreno (MDT), gerado a partir das curvas de nível da referida base digital, foram mapeadas as áreas atingidas pelas inundações do nível de 19 m até o nível de 30 m na cidade de Lajeado. A validação do mapeamento foi realizada com a inundação ocorrida em 10 de outubro de 2015, que alcançou o nível de 23,81 m, sendo 11,51 m acima do nível de referência de 12,30 m. O nível de inundação de 19 m inunda 25,98 ha da área urbana da cidade de Lajeado, enquanto as inundações que alcançaram o maior nível histórico, próximo ao nível de 30 m, inundam 1.036 ha, representando 11,50% da área total do município. A inundação utilizada para validar o presente estudo, ocorrida em 10 de outubro de 2015, gerou uma área de inundação de 324 ha (3,24 km²). O erro altimétrico médio entre a modelagem espacial e o nível observado da inundação no terreno foi de 0,74 m, com desvio padrão (σ) de 0,79 m. Por sua vez, o erro horizontal médio da inundação de 23,81 m mapeada por geoprocessamento em relação à área inundada observada *in loco* foi de 6,77 m e σ de 6,06 m. O mapeamento ainda indicou que 466 edificações foram atingidas pela inundação analisada, refletindo na remoção de 97 famílias desabrigadas e ainda 55 desalojadas.

Palavras-chave

Desastres Naturais. Cartas de Inundações. Geoprocessamento.

Urban areas susceptible to the flooding of Taquari River in city of Lajeado / RS

Abstract

The objective of this study is to map and analyze the urban areas and buildings susceptible to the floods of the Taquari River in the city of Lajeado / RS. We used in our study flood data of the municipality of Lajeado, from 1980 to 2015, adjusted according to Greiner (2014). The mapping of areas and buildings susceptible to flooding was carried out in ArcGis software, by using a spatial database surveyed in 2013 from BASE aerophotogrammetry. These digital database were analyzed in a scale of 1: 2000, and it was composed of contours, with vertical equidistance of 1 m, road system data and by an orthophotomosaic with a spatial resolution of 16 cm. Based on a Digital Terrain Model generated from these contour lines, we identified flood areas between the altimetry of 19 m and 30 m in the city of Lajeado. We validated this flood map with flood records measured in October 10, 2015, which reached an altitude of 23.81 m, being 11.51 m above the reference level of 12.30 m. The flood level of 19 m reached 25.98 ha of the urban area of Lajeado, while floods that reached the highest historical level, close to the 30 m level, flood 1,036 ha, representing 11.50% of the total area of the city of Lajeado. The flood data used to validate the present study, from October 10, 2015, covered an area of 324 ha (3.24 km²). The mean altimetric error between the spatial modeling and the observed flood level in the terrain was 0.74 m, with a standard deviation (σ) of 0.79 m. On the other hand, the mean horizontal error of flood of 23.81 m mapped by geoprocessing in relation to the flooded area observed *in loco* was of 6.77 m and with a σ of 6.06 m. Our analysis also indicated that 466 buildings were affected by the flood analyzed, resulting in a removal of 97 homeless families and a number of 55 evacuations.

Keywords

Natural disasters. Flood Charts. Geoprocessing.

[†]Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

^{††*} UNIVATES - Universidade do Vale do Taquari

E-mails: sofiaroyermoraes@gmail.com, rafare@univates.br, g.g.oliveira10@gmail.com, geoclaudio@yahoo.com.br, jerusa.peixoto@ufrgs.br

Data de envio: 04/10/2018

Data de aceite: 10/04/2019

I. INTRODUÇÃO

As enchentes e inundações são mais antigas que a existência do homem, pois estas são fenômenos naturais dos regimes dos rios, presentes no ciclo hidrológico de qualquer curso hídrico [10, 1]. Ao ocupar as várzeas dos cursos de água e as planícies fluviais para fins residenciais é comum o enfrentamento, por parte da população, de problemas com o regime fluvial dos rios, onde se verifica variados problemas e prejuízos materiais em decorrência das inundações [6, 1].

Cabe destacar que as enchentes consistem na elevação do nível dos cursos de água, podendo ou não causar inundações. Quando os rios se elevam até o limite do canal principal ou leito menor, caracteriza-se o evento como uma enchente. As inundações ocorrem quando há o transbordamento das águas para as áreas adjacentes do canal principal, atingindo edificações e outras infraestruturas localizadas nas áreas sujeitas às inundações periódicas [5].

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, define no Art. 3º, parágrafo único, que “a PNPDEC deve integrar-se às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável”. Nesse contexto ainda, o Art. 4º, Inc. III da PNPDEC, estabelece “a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres”, ações que objetivam melhorar a convivência das pessoas residentes nas áreas suscetíveis às inundações. Estão incluídas nas ações preventivas de inundações de acordo com a PNPDEC “realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco” e “identificar e mapear as áreas de risco de desastres”, especialmente no âmbito municipal.

Os desastres naturais podem ter magnitudes variadas, exigindo a realização de estudos preventivos e de contingência e a alocação de recursos nem sempre disponíveis. O desenvolvimento de sistemas de monitoramento, a consolidação das séries históricas de inundações, a disponibilidade de bases digitais de informações e de imagens de satélite de alta resolução espacial favorecem o acompanhamento do desenvolvimento de determinado evento em períodos de elevada precipitação pluviométrica, o mapeamento das áreas afetadas pelas inundações, a definição de estratégias preventivas e de contingência para a Defesa Civil, além de estratégias para o planejamento da ocupação das áreas de risco. A utilização de mapas de inundação é essencial para definir as regras de construção e ocupação das áreas de alto risco, devendo obrigatoriamente ser implementados no Plano Diretor e no Código de Obras dos municípios [11].

O município de Lajeado (Figura 1) está localizado no Vale do Taquari, na região centro-leste do RS, à margem direita do Rio Taquari, onde as inundações ocorrem de origem natural e de forma periódica, causando diversos impactos e prejuízos no âmbito social, econômico e ambiental.

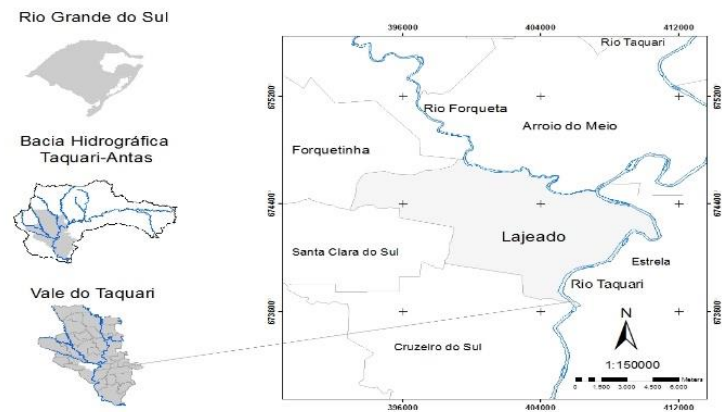


Fig. 1 - Localização do município de Lajeado/RS

Como a maioria dos municípios brasileiros, o crescimento populacional da cidade ocorreu sem o planejamento da expansão da infraestrutura urbana, resultando na ocupação das áreas suscetíveis às inundações [3].

Com base na série histórica dos níveis das inundações registrada e aferida nas réguas linimétricas do porto fluvial de Estrela, localizado em frente à cidade de Lajeado, o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) de Lajeado define que “Fica vedado o parcelamento do solo, para fins urbanos em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas ou a proteção para as cheias e inundações” (Art. 135, Inc. I, da Lei Municipal nº 7.650, de 10 de outubro de 2006). O § 1º do Art. 135, da mesma legislação, determina que “Imóveis sujeitos a cheias e inundações, para os efeitos do inciso I deste art., são os que estiverem localizados em cota de nível inferior a 27,00 m positivos em relação ao sistema oficial de referência de nível do Mar” (Altitudes Ortométricas). Nesse sentido, no ano de 2012, foi implantada uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) pela empresa Base no município de Lajeado, contemplando 18 marcos materializados em diferentes locais do município, aos quais foi amarrado o levantamento planialtimétrico municipal, em escala 1:2000 e disponibilizado em formato digital (Figura 2).

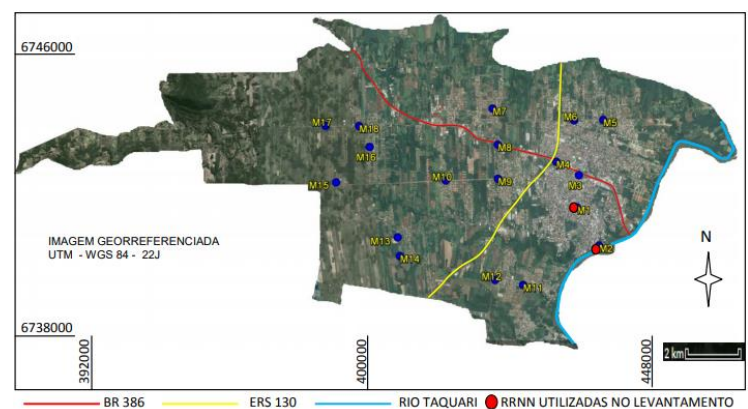


Fig. 2 - Localização dos 18 marcos da Rede de Referência Cadastral Municipal [4].

O estudo de [4] avaliou o nível de referência da água do Rio Taquari nas réguas linimétricas do Porto Fluvial de Estrela com os marcos da RRCM de Lajeado. As réguas linimétricas são utilizadas desde 1977 na organização da série histórica

dos níveis das inundações de Lajeado e Estrela. A avaliação foi realizada pelo autor com medições topográficas e foi importante em virtude dos registros dos níveis das inundações estarem vinculados ao nível de referência de 13 m no referido porto. O autor concluiu que o nível de referência do Rio Taquari ajustado com a RRCM de Lajeado corresponde à altitude ortométrica de 12,30 m, representando uma diferença de -0,70 m.

A conclusão do autor é que todos os níveis das inundações registradas pelo porto de Estrela estão 70 cm acima do nível ajustado com a RRCM de Lajeado. O autor recomenda subtrair 0,70 m de todos os registros dos níveis das inundações para consolidar uma nova série histórica das inundações ajustada com os marcos da RRCM. Sem efetuar as correções recomendadas por [4] por exemplo, inundações com o nível de 24,0 m no porto de Estrela, atingirão o terreno de Lajeado em altitudes de 23,3 m, aspecto que gera distúrbios e incompreensões sociais e técnicas na aplicação do Plano

II. MATERIAL E MÉTODOS

Na cidade de Lajeado, o nível de referência do Rio Taquari corresponde à altitude de 12,30 m. Para a ocorrência de inundações no referido município, é necessária uma elevação mínima das águas do Rio Taquari em 7 m, ou seja, que o Rio Taquari supere a altitude de 19 m. A elevação máxima registrada pelo rio Taquari em Lajeado foi de cerca de 17 m, quando alcançou o nível de 29,22 m, em 06 de maio de 1941.

A série histórica consolidada das inundações de Lajeado, corrigida em observação às recomendações de [4] é apresentada no trabalho de [8]. De acordo com a autora, no período de 1980 a 2015 ocorreram 57 inundações independentes, todas superando o nível altimétrico de 19 m, a partir do qual o Rio Taquari extravasa suas águas além do canal principal, causando inundações na cidade de Lajeado.

O estudo foi realizado com a utilização de uma base digital de informações, organizada pela empresa BASE, em 2013 e disponibilizada pela Secretaria de Planejamento do município de Lajeado com a finalidade de gerar o mapeamento das áreas e das edificações atingidas pelas inundações. A referida base digital foi organizada em escala 1:2.000, sendo composta por curvas de nível, com equidistância vertical de 1 m, pontos notáveis, sistema viário e fotografias aéreas com resolução espacial de 16 cm. A integração geodésica da base digital foi realizada com os 18 marcos da RRCM implantada no município, no sistema de referência terrestre SIRGAS2000.

As curvas de nível e os pontos notáveis da base digital foram utilizados para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT), em formato matricial, pela ferramenta *Topo to Raster*, do *software* ArcGis. Em virtude do represamento do Rio Taquari pela Barragem Eclusa de Bom Retiro do Sul, localizada à jusante de Lajeado, o avanço das inundações sobre o terreno foi considerado de forma plana sobre a área de estudo de [3].

Com base no MDT foram mapeadas as áreas atingidas pelas inundações do nível altimétrico de 19 m até o nível de 30 m, que excede ao nível máximo de inundação já registrado no município de Lajeado. A validação do mapeamento e das

Moraes [8] realizou uma análise detalhada da probabilidade de ocorrência e do tempo de retorno das inundações de

Diretor de Desenvolvimento Integrado de Lajeado. Como pode um terreno localizado na altitude de 23,3 m não ser atingido por uma inundação de 24,0 m?

Com base nos resultados obtidos por [4] e para resolver situações reais como esse colocado na pergunta acima, torna-se importante corrigir a série histórica das inundações de Lajeado e atualizar o mapeamento das áreas afetadas pelas inundações do Rio Taquari na cidade, utilizando a base cartográfica digital ajustada com a RRCM.

O objetivo do presente trabalho consiste em atualizar o mapeamento das áreas urbanas e das edificações suscetíveis às inundações do Rio Taquari no município de Lajeado/RS. Os resultados do estudo poderão auxiliar no planejamento e no apoio à decisão da ocupação urbana de Lajeado, principalmente dos lotes desocupados localizados em altitudes com restrições pelo PDDI, e no planejamento e execução de ações preventivas e de contingência de desastres naturais pela Defesa Civil.

cartas de inundação geradas foi realizada com a inundação ocorrida em 10 de outubro de 2015, que alcançou o nível altimétrico de 23,81 m, sendo 10,81 m acima do nível de referência do rio Taquari ajustado para 12,30 m. A validação das áreas de inundação mapeadas com os recursos computacionais e observadas *in loco* ocorreu com a marcação de 77 pontos em campo com GPS, durante o pico da referida inundação. Foi analisada a diferença vertical e horizontal do alcance da inundação mapeada e observada no terreno.

As edificações localizadas abaixo da altitude ortométrica de 30 m, em áreas de risco de serem atingidas pelas inundações do Rio Taquari, foram mapeadas por vetorização manual em tela no *software* ArcGis sobre a ortofotomosaico disponibilizada pelo município de Lajeado. A ortofotomosaico foi gerada para o município pela empresa Base Aerofotogrametria e Projetos S.A., envolvendo a tomada de fotografias aéreas na escala 1:8.000, em uma área de aproximadamente 80 km², em 2013, restituídas para a escala 1:2000, com resolução espacial de 16 cm.

O levantamento aerofotogramétrico foi realizado com uma câmara analógica de grande formato, marca Leica, modelo RC-10. Os negativos das fotografias foram digitalizados em scanner de alta precisão, modelo UltraScan 5000, marca VEXCEL, calibrado radiometricamente e geometricamente para esta finalidade. As fotografias digitalizadas apresentam as seguintes características: formato 23 por 23 cm; resolução geométrica mínima: 20 micras; resolução radiométrica: 24 bits; e precisão mínima: 5 µm.

Todas as edificações mapeadas localizadas nas áreas de risco de inundações de Lajeado foram categorizadas nas seguintes classes temáticas: residencial, comercial, industrial, lazer e públicas. Foram utilizadas ferramentas de análise espacial disponíveis no ArcGis para quantificar as edificações e tipologia das mesmas em cada nível de inundação.

III. RESULTADOS

Lajeado considerando os registros da série histórica no período de 1940 - 2015 (registros históricos e observados) e

também de 1980 - 2015, período considerado com registros mais consistentes, por terem sido observados e documentados pelo Porto Fluvial de Estrela. A Tabela 1 apresenta a

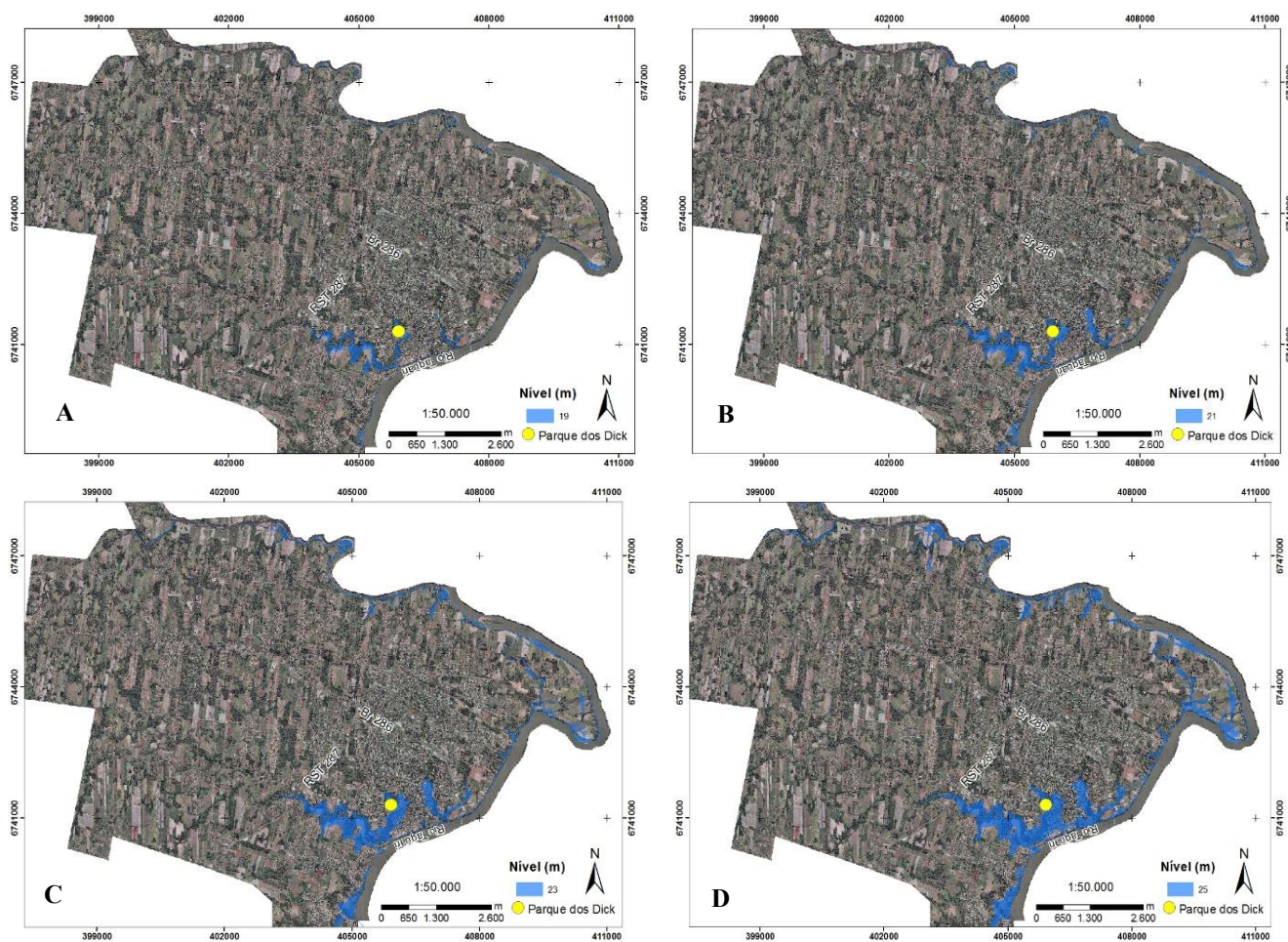
probabilidade de ocorrência e o tempo de retorno de diferentes níveis de inundações, calculados com base nos registros das inundações no período de 1980 - 2015 (36 anos).

Tabela 1. Probabilidade de ocorrência e tempo de retorno dos diferentes níveis de inundações de Lajeado.

Nível de Inundação	Probabilidade de ocorrência	Tempo de Retorno (anos)
19	77,44%	1,29
20	69,65%	1,44
21	59,94%	1,67
22	48,48%	2,06
23	35,90%	2,79
24	23,47%	4,26
25	12,86%	7,78
26	5,49%	18,21
27	1,65%	60,61
28	0,30%	333,33
29	0,03%	3448,28
30	0,01%	16666,67

A área máxima atingida pelas inundações no município de Lajeado é igual a 10,36 km², considerando como nível máximo de inundação o nível altimétrico de 30 m. A área de inundação de 10,36 km² corresponde a 11,50% da área total

do município de Lajeado, que totaliza 90,08 km² (IBGE, 2010). As Figuras 3A a 3F apresentam as cartas de inundação de Lajeado, geradas com intervalo de 2 em 2 m, do nível de 19 até 30 m.



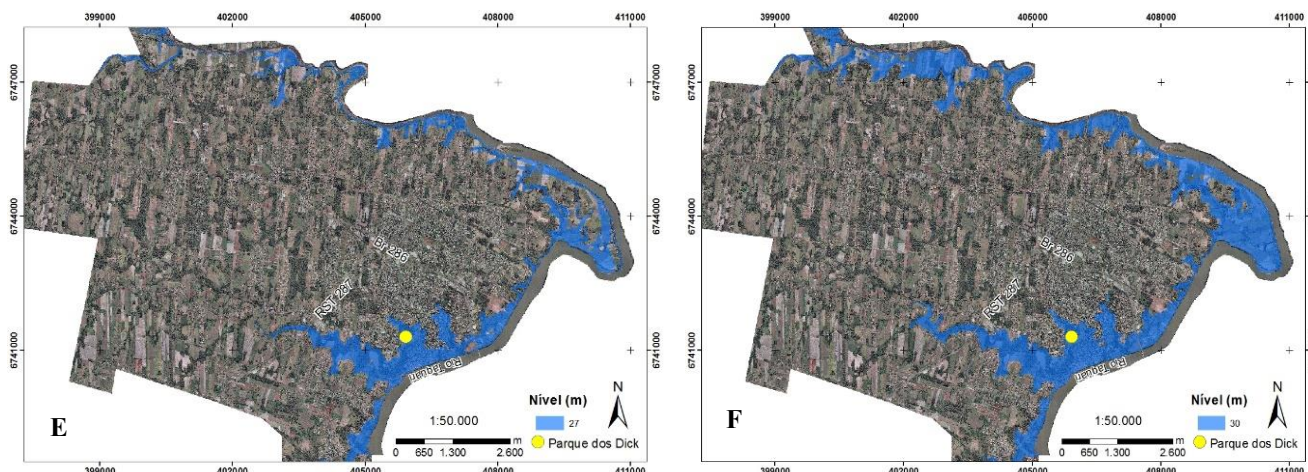


Fig. 3 - Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações no município de Lajeado.

A Tabela 2 apresenta a área atingida por cada nível de inundação, no intervalo de 13 até 30 m. Cabe ressaltar que do nível de referência de 12,30 m até 19 m não ocorrem inundações, ocorrendo somente a variação do nível da água do Rio Taquari no canal principal, caracterizado como cheia ou enchente. Somente a partir do nível altimétrico de 19 m começa ocorrer o transbordamento do rio Taquari, atingido edificações e outras infraestruturas urbanas.

Tabela 2. Área urbana atingida por cada nível de inundação no município de Lajeado.

Nível (m)	Área (ha)	Incremento (ha)	%
13	6,43	-	0,07
14	13,22	6,79	0,15
15	21,90	8,68	0,24
16	24,10	2,20	0,27
17	43,35	19,25	0,48
18	60,43	17,08	0,67
19	86,41	25,98	0,96
20	119,41	33,00	1,33
21	179,56	60,15	1,99
22	209,42	29,86	2,32
23	323,62	114,20	3,59
24	341,32	17,70	3,79
25	427,16	85,84	4,74
26	532,76	105,60	5,91
27	654,63	121,87	7,27
28	788,92	134,29	8,76
29	923,85	134,93	10,26
30	1.036,00	112,15	11,50

A Tabela 2 indica que há 654,63 ha de área urbana localizada abaixo da altitude de 27 m, nível vedado ao parcelamento do solo pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) de Lajeado. Somente acima da altitude de 27 m está liberado o parcelamento do solo e a construção de edificações e outras infraestruturas. A Tabela 3 apresenta o número de edificações mapeadas por nível de inundação.

Tabela 3. Edificações delimitadas e atingidas em cada nível de inundação mapeado.

Magnitude da inundação	Nível	Edificações	Incremento de Edificações	Subtotal
Pequena	19	14	14	98
	20	31	17	
	21	98	67	
Média	22	187	89	545
	23	335	148	
	24	545	210	
	25	781	236	
Grande	26	928	147	1.015
	27	1.015	87	
Extrema	28	1.033	18	1.039
	29	1.037	4	
	30	1.039	2	

Ao analisar a Tabela 3, verifica-se que o número de edificações atingidas em Lajeado pelas inundações aumenta de forma exponencial até o nível de inundação de 25 m. Acima desse nível, as edificações atingidas aumentam de forma irregular. Abaixo do nível de 27 m, de acordo com a análise realizada no município, há 928 edificações que são atingidas, em média, a cada 6 anos. Essas edificações estão localizadas abaixo do nível altimétrico autorizado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) para a realização de parcelamento do solo e a construção de edificações. Desta forma, quando ocorre uma inundação em Lajeado, é necessário um conjunto de ações preventivas antes dos eventos e de resposta e contingência durante e após às inundações para reduzir os impactos materiais e econômicos e melhorar a convivência dos moradores nessas áreas de risco.

As Figuras 4 e 5 apresentam o mapeamento da inundação ocorrida em 10 de outubro de 2015 sobre o MDT e a ortofotomosaico, quando a mesma atingiu o nível de inundação de 23,81 m (11,51 acima do nível de referência). As figuras também apresentam o ajuste do mapeamento com os pontos de validação marcados em campo, refletindo o momento de pico da inundação.

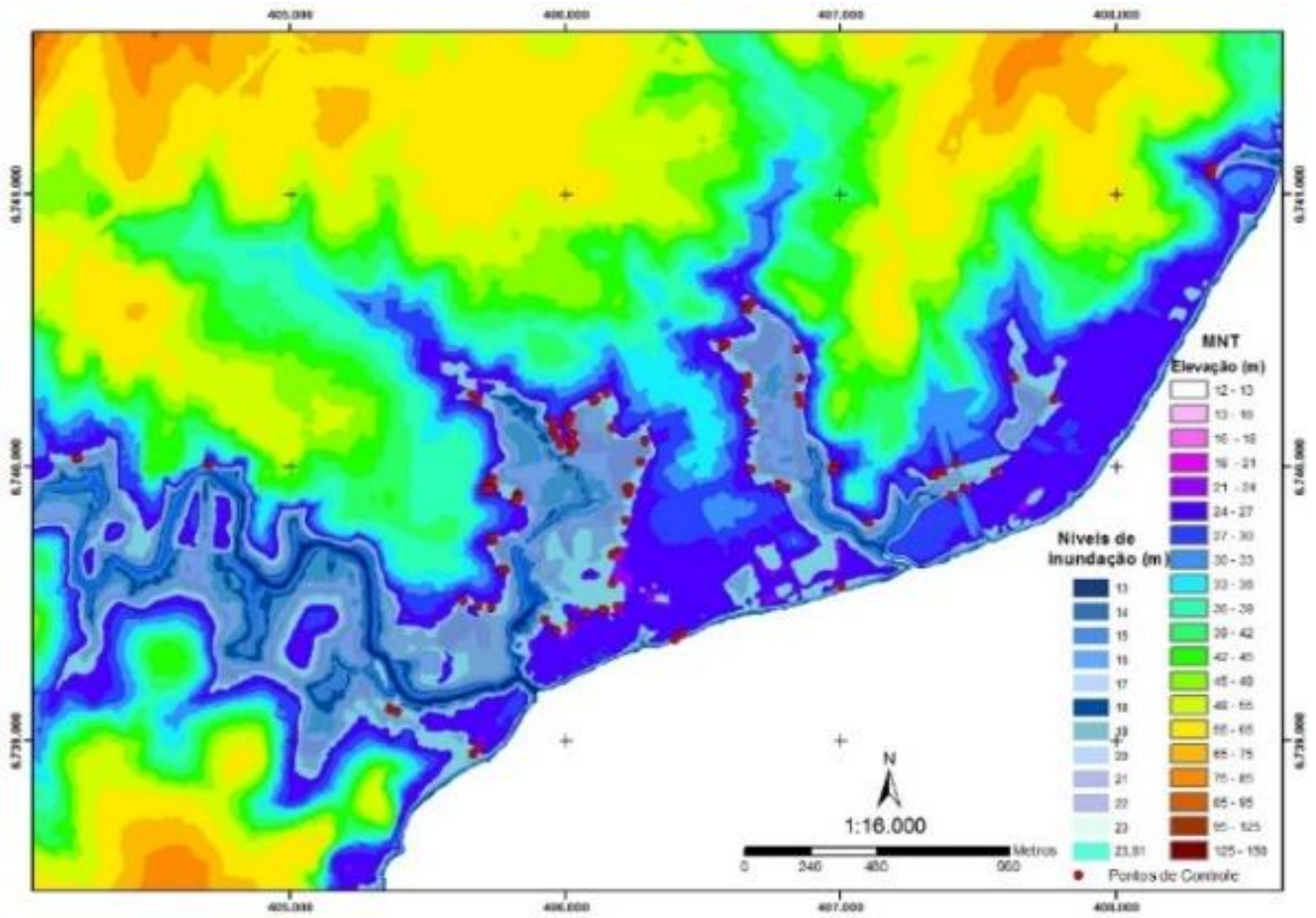


Fig. 4 - Ajuste do mapeamento da inundação de 10 de outubro de 2015 sobre o MDT e os pontos de validação.



Fig. 5 - Mapeamento da inundação de 10 de outubro de 2015 sobre a ortofotomosaico e os pontos de validação.

Em todos os pontos de validação foi analisado o erro altimétrico (ϵ_a) com o MDT e o erro horizontal (ϵ_d), definido pela diferença do mapeamento da inundação com o local observado na realizado, no pico do evento (Figura 6). A partir da análise do ajuste dos 77 pontos de validação da 10 de outubro de 2015, que alcançou o nível de 23,81 m, o erro altimétrico médio (ϵ_a) foi de 0,74 m, com desvio padrão (σ) de 0,79 m. O erro horizontal médio (ϵ_d) do nível da inundação mapeada de 23,81 m, em relação à área de inundação observada *in loco* foi de 6,77 m e σ de 6,06 m. O coeficiente de Pearson (r) entre ϵ_a e ϵ_d foi de 0,78, indicando a existência de uma relação linear entre o ϵ_a e ϵ_d .



Fig. 6 - Detalhe do ajuste dos pontos de validação aferidos em campo com o mapeamento da inundação.

A presença de erros altimétricos nas bases topográficas em terrenos com declividades planas aumenta o erro no mapeamento da área de inundação, uma vez que variações de alguns centímetros na altitude pode resultar em vários metros de avanço da lâmina de inundação. Essas considerações também foram apresentadas por Eckhardt (2008), que ainda afirma que os erros nas simulações e nos mapeamentos por geoprocessamento aumentam na medida que aumenta a impressão ou os erros nas bases topográficas e cartográficas.

Apesar das limitações apresentadas nos resultados, a análise heurística e matemática realizada revela que há um ótimo ajuste entre os locais observados da inundação e a mancha de inundação correspondente mapeada sobre o MDT e a ortofotomosaico. Os resultados gerados pelo presente estudo podem ser utilizados na implementação do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado e na adoção de ações preventivas e de resposta pela Defesa Civil para reduzir os impactos materiais e econômicos das inundações em Lajeado.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu atualizar os níveis das inundações do município de Lajeado, marcados no Porto Fluvial de Estrela, com os níveis dos marcos da Rede de Referência Cadastral Municipal. O referido ajustamento também permitiu compatibilizar o mapeamento dos diferentes níveis das inundações com as condicionantes e as restrições do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) de Lajeado. É importante destacar que bases cartográficas e topográficas na escala 1:2000 geram resultados satisfatórios na simulação e no mapeamento de inundações em áreas urbanizadas. No

presente estudo, a diferença média horizontal de 77 pontos de validação utilizados para analisar as diferenças entre a área de inundação mapeada por geoprocessamento e observada na *in loco* foi de apenas 6,77 m. Essa diferença representa a largura de uma rua, representando uma imprecisão inferior ao tamanho de um terreno ou de uma edificação.

Os resultados apresentados evidenciaram um ajustamento muito bom entre o mapeamento da área de inundação sobre o MDT com a verdade terrestre para a inundação de 10 de outubro de 2015, que alcançou o nível altimétrico de 23,81 m em Lajeado. Da mesma forma, o mapeamento das edificações localizadas nas áreas de inundação se mostrou fidedigno com os registros oficiais da Defesa Civil Municipal.

Em termos finais, cabe ainda um destaque que a simulação computacional de fenômenos naturais, como as enchentes, inundações e enxurradas, e o mapeamento das áreas e das infraestruturas localizadas nas áreas de risco, é essencial para o gerenciamento dessas áreas. O reconhecimento que há áreas, infraestruturas e pessoas ocupando áreas suscetíveis aos desastres naturais, constituindo áreas de vulnerabilidade, permite aos gestores municipais estabelecer estratégias preventivas e de contingência para melhorar a segurança e convivência nessas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Lajeado pela disponibilização da base cartográfica, base topográfica e a ortofotomosaico e à Universidade do Vale do Taquari pelo apoio acadêmico.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] Alves, A.; Bianchini, C. D.; Malheiros, M.; Quartieri, M. T.; Salvador P. F.; Eckhardt, R. R. Correlação entre o nível atingido e os prejuízos causados pelas inundações do Rio Taquari no Município de Cruzeiro do Sul-RS. Revista Destaques Acadêmicos, vol. 5, n. 4, - CETEC/UNIVATES, 2013.
- [2] CIH - Centro de Informações Hidrometeorológicas. Dados sobre Enchentes no Vale do Taquari (informações não publicadas). Lajeado: UNIVATES, 2015.
- [3] 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) – CEPSSRM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.
- [4] GREINER, C. Avaliação do Referencial de Nível das Inundações da Cidade de Lajeado/RS. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Centro Universitário (UNIVATES), Lajeado, 2014.
- [5] GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2005.
- [6] GUASSELLI, L. A.; OLIVEIRA, G. G de; ALVES, R. de C. M. (orgs.) Eventos Extremos no Rio Grande do Sul: Inundações e Movimentos de Massa. Porto Alegre: Evangraf, 2013.
- [7] KOBİYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. de O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. de M. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos – Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.
- [8] MORAES, Sofia Royer. "Mapeamento das áreas e edificações atingidas pelas inundações do Rio Taquari na área urbana do município de Lajeado/RS". 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 24 nov. 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/997>
- [9] TUCCI, C. E. M. (org.) Hidrologia: ciência e aplicação. 4 ed. 5ª reimpr. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2013.
- [10] TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (ORG.) Inundações Urbanas da América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p.
- [11] TUCCI, C. M. Inundações urbanas – Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos: 2007. 393p.