

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DE ÁREA DE INUNDAÇÃO ÀS MARGENS DO RIACHO SALGADO NO MUNICÍPIO DE CARUARU - AGRESTE PERNAMBUCANO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.96111251803>

Data de aceite: 18/03/2025

Mirelly de Oliveira Farias

João Pedro do Nascimento e Silva

Josielly Braz da Silva

Sara Sintia Cibelle da Silva Medeiros

José Almir Cirilo

RAS (*Hydologic Engineering Center – River Analysis System*) determinando o alcance da área inundada num evento pluviométrico de grande intensidade, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões, visando combater os problemas futuros no local.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, Inundação, HEC-RAS.

RESUMO: Enchentes são eventos naturais que ocorrem as margens de cursos de água, e em períodos de chuvas intensas o nível da água pode atingir a população, causando as inundações. Práticas humanas como impermeabilização do solo e ocupação irregular de leitos dos rios problemas no sistema de drenagem intensificam as cheias. O município de Caruaru, no Agreste Pernambucano possui rios e canais cortando diferentes bairros, onde durante o período concentrado de chuvas o nível da água se eleva causando inundações em diversas áreas da cidade. Esse artigo tem o objetivo de analisar a inundação de um trecho localizado no Município de Caruaru, do Riacho Salgado, situado entre o bairro do Maurício de Nassau e o bairro Universitário, utilizando imagens de alta resolução do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) e o software HEC-

USE OF GEOTECHNOLOGIES IN THE ANALYSIS OF FLOOD AREAS ON THE BANKS OF THE SALGADO STREAM IN THE MUNICIPALITY OF CARUARU - AGRESTE PERNAMBUCANO

ABSTRACT: Floods are natural events that occur on the banks of watercourses, and in periods of intense rain the water level can reach the population, causing flooding. Human practices such as waterproofing the soil and irregular occupation of riverbeds and drainage system problems intensify the floods. The municipality of Caruaru, in Agreste Pernambucano has rivers and canals crossing different neighborhoods, where during the concentrated rainy season the water level rises causing flooding in several areas of the city. This article aims to analyze the inundation of a stretch located in

the Municipality of Caruaru, of Riacho Salgado, located between the neighborhoods, Maurício de Nassau and Universitário, using high resolution images from Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) and HEC-RAS software (*Hydologic Engineering Center – River Analysis System*) determining the range of the flooded area in a high intensity rainfall event, with the purpose of assisting in decision making, to tackle future problems on the spot.

KEYWORDS: Geotechnologies, Flooding, HEC-RAS.

INTRODUÇÃO

Os rios são constituídos por dois tipos de leitos: o menor e o maior. O leito menor constitui a área de escoamento da vazão normal do rio, local ocupado pela água durante a época de estiagem. Já o leito maior, corresponde à zona que é inundável em tempos de cheias. De acordo com Tucci (2008), inundações ocorrem quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, atingindo o leito maior, que na maioria dos casos está urbanizado. Uma das formas de prevenção, que será usada nesse artigo, é o estudo da área por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

O auxílio das geotecnologias que possibilitam a identificação de área de risco de inundação, bem como, os Modelos Digitais de Terreno (MDT) adquirem cada vez mais importância no estudo de áreas afetadas por alagamentos. Estes dados, quando bem estruturados e tratados adequadamente, dão importante suporte a decisão, permitindo a previsão de cenários extremos e, conseqüentemente o planejamento de medidas mitigadoras. Particularmente nas áreas urbanas, onde a concentração populacional é elevada, a previsão destes cenários e o estabelecimento de medidas apropriadas, como isolamento e preservação de áreas de risco, rede de drenagem de água pluvial mais robusta, e até planos de evacuação se tornam preponderantes para garantir uma minimização no impacto das enchentes.

O município de Caruaru enfrenta problemas recorrentes com enchentes em diversas localidades. As inundações acontecem às margens de cursos de água, alagando ruas, moradias e deixando pontes submersas, causando danos financeiros, transtorno e impedindo a mobilidade, além da disseminação de doenças transmitidas pela água em alguns casos. Tendo em vista os problemas enfrentados no município, este artigo tem como objetivo utilizar as geotecnologias para mapear áreas suscetíveis a inundações.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os avanços das geotecnologias ocorrido principalmente nas últimas duas décadas, tem proporcionado sensíveis ganhos de qualidade e redução de tempo para o desenvolvimento de estudos que dependem da caracterização do solo. Por meio de ferramentas computacionais e análise espacial, integradas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), juntamente com dados oriundos de Sensoriamento Remoto é possível analisar e cruzar dados de diversas fontes, facilitando a extração de informação e a tomada de decisão.

Dentre as tecnologias que merecem destaque, tem-se o perfilamento a LASER onde é realizado uma varredura de pontos na superfície do terreno, obtendo com rapidez e qualidade dados espaciais. O processo de perfilamento a LASER é conhecido mundialmente como *Light Detection and Ranging - LiDAR* e consiste na utilização de um pulso de laser na direção do terreno para obtenção de coordenadas tridimensionais de pontos sobre uma superfície (BALTSAVIAS, 1999).

O estado de Pernambuco, através do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) utilizando tecnologia LiDAR, disponibiliza cerca de 75 bilhões de pontos (com coordenadas planimétricas e altimétricas) cotados e imagens aéreas, bem como, Modelos Digitais do Terreno e Elevação (MDT's e MDE's) para auxiliar o desenvolvimento de estudos para modelagem do comportamento hidrodinâmico e planejamento urbano.

Mengue et al. (2016), utilizaram o Modelo Digital de Terreno e Modelo Digital de Elevação para mapear áreas de risco de inundação no município de Itaquí-RS, as análises serviram de base para as políticas públicas de planejamento e gestão territorial.

Aplicada a drenagem urbana, mais especificamente a eventos de pluviométricos de grande intensidade, muitos trabalhos foram realizados no sentido de analisar as áreas de alagamentos, determinando o alcance da inundação, a altura de inundação, velocidade da correnteza, entre outros fatores.

Quanto ao uso de imagens aéreas para análise da drenagem, Matgen et al. (2007) apresentaram o uso de imagens de satélite de alta resolução para determinação de área de inundação, utilizando um estudo de caso específico ocorrido em janeiro de 2003, no rio Alzette, de Luxemburgo. Os níveis de água calculados pelo modelo hidráulico combinado com os dados das imagens e comparados com o resultado real da inundação resultaram em uma altura de inundação bem próxima da real. A composição do modelo pode ser utilizada para entrada de dados reais, possibilitando a simulação dos efeitos da chuva em tempo real.

Tsubaki e Kawahara (2013) apresentaram uma simulação fluxo de água rasas, utilizando um modelo bidimensional e imagens obtidas com tecnologia LiDAR, verificando a variação de fluxo segundo a densidade da malha e os parâmetros associados ao fluxo. Verificou-se que para grandes localidades a topografia tem uma influência preponderante, onde pequenos erros podem causar variações significativas na velocidade e direção do fluxo e um mapeamento de alta resolução pode apresentar diferenças significativas nos resultados de simulação de fluxos de água, na determinação das áreas alagadas e da altura final atingida pelo alagamento.

Cehn et al. (2017) apresentaram um estudo de inundação utilizando tecnologia LiDAR, com análises durante um evento de inundação e após o evento de inundação. Neste estudo foram feitos Modelos Digitais do Terreno (MDT) durante e após a inundação e especificamente de pontos de inundação, com posterior tratamento destes dados e subtração das elevações dos dois modelos, resultando na profundidade de inundação. Os resultados obtidos se mostraram consistentes, com erro médio da ordem de 30 cm, demonstrando o potencial da tecnologia LiDAR no processamento de dados e no uso para determinação de superfície de inundação em eventos pluviométricos extremos.

Tsubaki e Fujita (2010), utilizaram o MDE obtido através de tecnologia LiDAR para determinar a inundação na bacia do rio Shin-minato, na cidade de Kobe, Japão, utilizando dados de eventos pluviométricos extremos passados. O modelo criado tem a capacidade de levar em consideração estruturas complexas devido a qualidade das informações, diferenciando edifícios e árvores, onde os edifícios constituem barreiras ao fluxo enquanto as árvores são levadas em conta na rugosidade do trecho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Caruaru situa-se na região do Agreste do estado de Pernambuco, tendo clima predominantemente semiárido, com um período concentrado de chuvas entre os meses de março a julho. A média da pluviosidade na cidade é de 600 mm ao ano, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), onde cerca de 74% dessas chuvas se concentram na estação chuvosa, sobrecarregando o sistema de drenagem durante esta época do ano. Os locais de alagamento da cidade de Caruaru foram fornecidos pela Defesa Civil. Destes dados, escolheu-se como local de estudo o trecho do Riacho Salgado.

O Riacho Salgado, afluente do Rio Ipojuca, é constituído por dois eixos, que dividem 3 bairros de Caruaru: Maurício de Nassau, Universitário e Salgado, tendo sua calha constituída por solo natural, em zonas afastadas, e por canais de concreto nas áreas urbanizadas, onde o trecho estudado é composto por canais naturais. O acesso entre os bairros é estabelecido por pontes onde, em períodos de fortes chuvas, o nível de água ultrapassa o nível da passagem, impedindo a passagem de veículos e pedestres.

Durante eventos pluviométricos extremos, a calha do Riacho Salgado não é capaz de suportar a vazão e parte desta extravasa para o leito maior, inundando as áreas vizinhas. Entre as áreas de risco de inundações presentes às margens do Riacho Salgado, foram selecionados alguns pontos representados na figura 1, estes pertencentes ao trecho 2 e trecho final. O trecho 2 está situado no bairro Maurício de Nassau, o trecho final está posicionado na divisa dos bairros Maurício de Nassau e Universitário, e ambos possuem diversas pontes cruzando o Riacho.

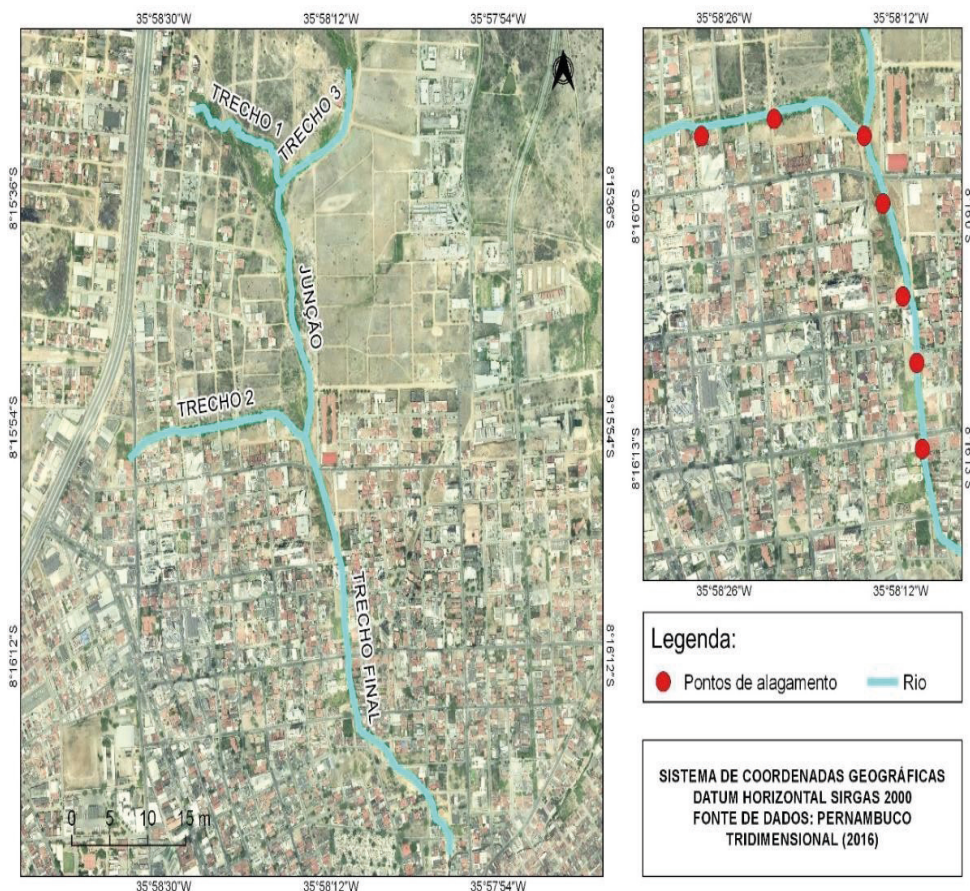


Figura 1 – Eixo de estudo do Riacho Salgado e pontos de alagamento.

Método de Análise

A análise da área de estudo foi feita por meio de simulações no software *Hydrologic Engineers Corps – River Analysis System (HEC-RAS)*, criado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos. O programa utiliza como base a geometria do local e condições de contorno considerando as características do solo e dados relacionados ao fluxo do curso de água.

Nesse artigo, será empregado como base as vazões de diferentes trechos, determinando-se a mancha de inundação no local considerando chuvas com diferentes tempos de retorno. Para determinação das contribuições de todos os trechos a montante da área de estudo, foi utilizado o método racional, que considera a área da microbacia, extensão do rio, declividade e o coeficiente de escoamento superficial. Na aplicação do método foi utilizada a equação de curva idf de Caruaru determinada por Coutinho ET AL.(2013).

A delimitação da microbacia hidrográfica e sua rede de drenagem foram feitas a partir dos produtos cartográficos gerados pelo Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D), e todo processamento foi realizado pelo software Quantum GIS (QGIS) por meio do conjunto de ferramentas *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), que realiza análises hidrológicas com base no Modelo Digital de Terreno (MDT). A partir das delimitações, foi obtida a área da microbacia e a extensão do rio, a vazão de contribuição de cada trecho foi estimada pelo método racional, considerando o coeficiente de escoamento superficial de 0,6 e chuvas com tempos de retorno de 10, 25 e 50 anos.

Para determinar a mancha de inundação foi feita uma simulação no software HEC-RAS. O software utiliza um modelo geométrico que considera o curso da água e diferentes seções do rio. Foi utilizado o HEC-RAS 5.0.7 para determinar a geometria e realizar a simulação.

O perfil geométrico e as seções foram determinadas manualmente e tiveram como base as análises realizadas com o TauDEM no QGIS. Todas as seções foram avaliadas, individualmente, a fim de corrigir os possíveis erros. A geometria utilizada na simulação está representada na figura 2.

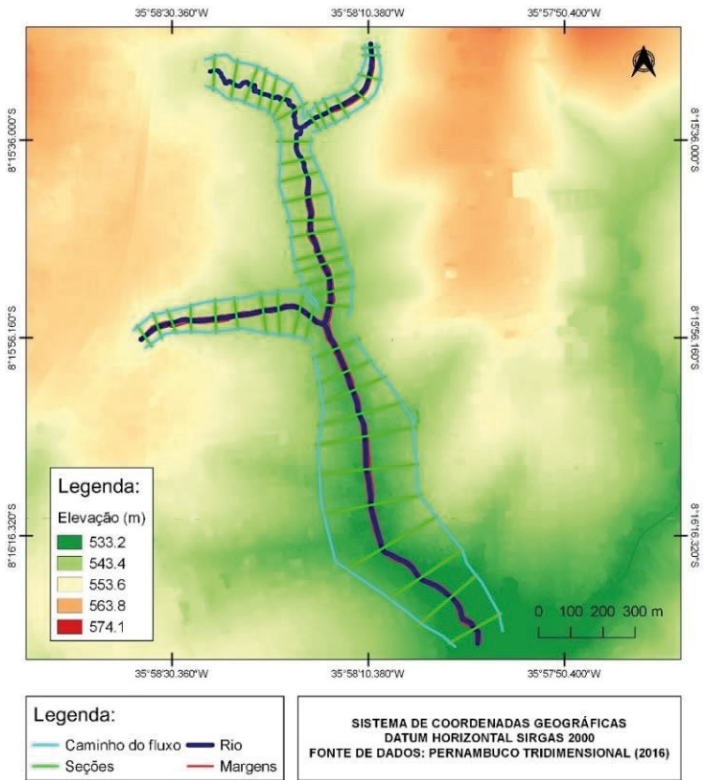


Figura 2 – Geometria criada no HEC-RAS para a simulação na área do Riacho Salgado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da geometria gerada no TauDEM foram obtidas as características físicas das bacias geográficas usadas no método racional para determinar as vazões dos diferentes trechos do riacho.

As características físicas e o tempo de concentração das microbacias são apresentados na tabela abaixo de acordo com o trecho do rio:

	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Junção entre os Trechos 1 e 3	Trecho Final
Área (km²)	0,74	0,25	0,77	1,98	3,56
L (m)	0,43	0,61	0,39	1,08	2,28
ΔH (m)	13,90	16,80	16,50	19,90	30,40
t_c (min)	7,80	10,77	6,43	29,32	59,17

Tabela 1 – Características físicas e tempo de concentração das microbacias.

A partir das características físicas das microbacias de cada trecho apresentadas na tabela 1, foram calculadas as vazões utilizadas na simulação. As vazões calculadas, de acordo com o tempo de retorno, são apresentadas na tabela 2:

	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Junção entre os Trechos 1 e 3	Trecho Final
Tr 10 anos	4,53	1,54	4,71	12,08	21,90
Tr 25 anos	5,51	1,88	5,73	14,68	26,61
Tr 50 anos	6,38	2,17	6,64	17,01	30,84

Tabela 2 – Vazões dos trechos utilizadas nas simulações (m³/s).

As vazões dos trechos apresentam uma baixa variação entre os diferentes tempos de retorno, isso acontece pelo fato do rio e da microbacia possuírem uma pequena extensão, pois a metodologia utilizada para determinar as vazões baseia-se, principalmente, nas características físicas de ambos.

Aplicando as vazões obtidas pelo método racional (tabela 2), à geometria criada no HEC-RAS (figura 2), foram obtidos os resultados apresentados nas figuras 4, 5 e 6.

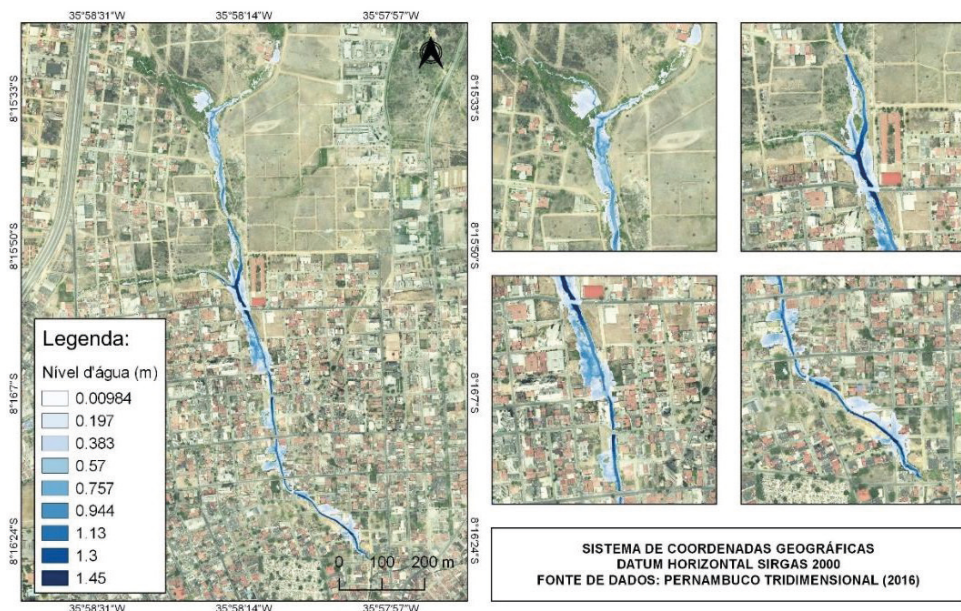


Figura 4 – Mancha de inundação para o tempo de retorno de 10 anos.

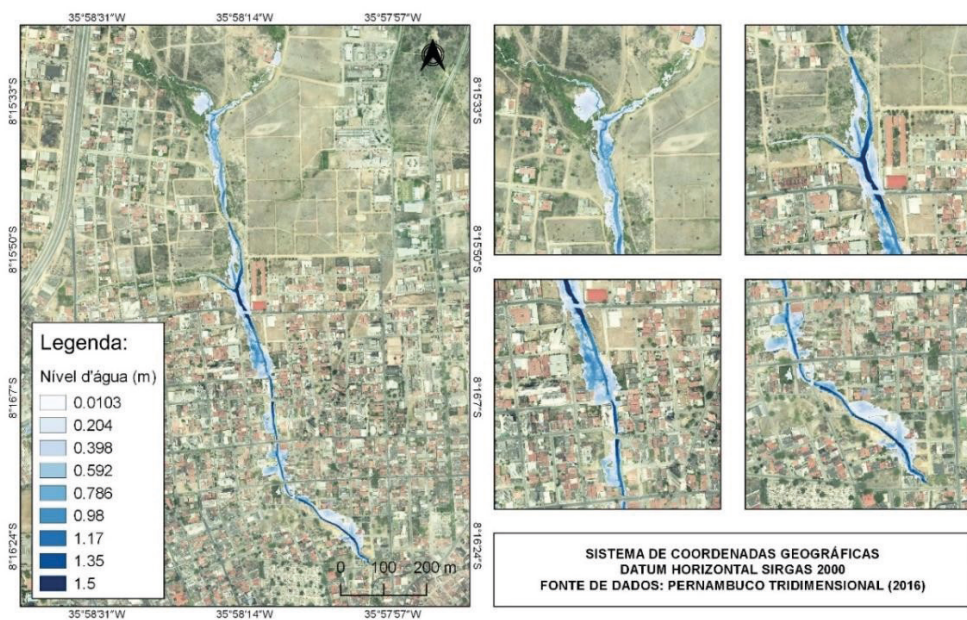


Figura 5 – Mancha de inundação para o tempo de retorno de 25 anos.

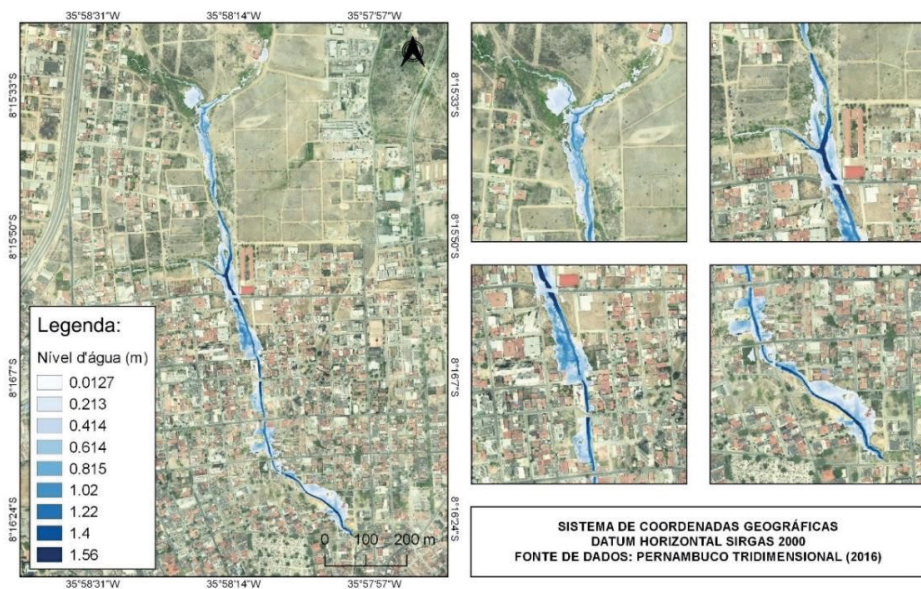


Figura 6 – Mancha de inundação para o tempo de retorno de 50 anos.

Nas figura 4, 5 e 6 são apresentados os resultados das simulações para os 3 diferentes tempos de retorno. Em cada uma delas, é apresentada visão geral da mancha de inundação ao longo de todo o percurso do riacho e a aproximação dos 4 trechos de maior propagação da água. É apresentado, para cada tempo de retorno, a legenda com a classificação, de acordo com a cor, do nível d'água dos diferentes trechos, onde há uma variação de apenas 11 centímetros entre os nível máximo dos tempos de retorno de 10 a 50 anos.

Percebe-se que para os resultados das 3 simulações, que as manchas de inundação geradas coincidem com os pontos de risco disponibilizados pela defesa civil, além de apresentar novos possíveis locais de inundação. O trecho final é o que apresenta maiores problemas, pois o nível d'água atinge pontes, vias e residências, independente do tempo de retorno.

CONCLUSÕES

Por meio dos resultados da simulação computacional, foi possível confirmar as áreas de inundações propostas pela Defesa Civil e mapear as áreas de risco do local. Percebe-se também, avaliando os resultados, que há mais locais no curso do riacho que podem apresentar problemas com alagamentos, sendo elas áreas urbanizadas e regiões ainda não habitadas.

Nos resultados das simulações, para todos os tempos de retorno, o nível da água atingiu algumas moradias e passou pontes que ligam os bairros, o que pode trazer danos e problemas de locomoção para os moradores. Os mapas gerados podem ser usados no auxílio da tomada de decisões quanto ao planejamento e gestão da ocupação desse local, visando prevenir futuras complicações.

Estes resultados mostram a eficiência da metodologia e do uso dos dados do mapeamento de alta qualidade para previsão dessas áreas de alagamento, onde a método pode de ser aplicado em outras regiões que enfrentam o mesmo tipo de problema, podendo até mesmo ser utilizado para elaboração de planos diretores e medidas mitigadoras dos efeitos das chuvas extremas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Mapa interativo da precipitação média anual e tempo de retorno”. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=da8c9edf91804682b269e9d631117619>>. Acesso em 8 de julho de 2020.

BALTSAVIAS, E. P.. Airborne Laser Scanning: Basic Relations and Formulas. In: **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**. V. 54, p. :199–214, 1999.

CHEN, B.; KRAJEWSKI, W. F.; GOSKA, R.; YOUNG, N. USING LIDAR SURVEYS TO DOCUMENT FLOODS: A CASE STUDY OF THE 2008 IOWA FLOOD. **JOURNAL OF HYDROLOGY**, V. 553, P. 338-349, 2017.

COUTINHO, A.P.; LEITE, L.L.; RIBAS, L.V; ANTONINO, A.C; CABRAL, J.J.; MONTENEGRO, S.M. (2013). “Coletânea de equações de chuvas intensas para o estado de Pernambuco” in Anais do XX Simpósio de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves - RS, Nov. 2013, pp. 5-6.

LEE, C. W.; LU, Z.; KIM, J. W.; PARK, S. J. Mapping Pyroclastic Flow Inundation Using Radar and Optical Satellite Images and Lahar Modeling. **Journal of Sensors**, v. 2018, 2018.

MATGEN, P.; SCHUMANN, G.; HENRY, J. B.; HOFFMANN, L.; PFISTER, L. Integration of SAR-derived river inundation areas, high-precision topographic data and a river flow model toward near real-time flood management. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 9, n. 3, p. 247-263, 2007.

MENGUE, V. P.; SCOTTÁ, F. C. ; SILVA, T. S. da; FARINA, F. Utilização do Modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no Rio Uruguai. **Pesquisas em Geociências**, 43 (1): 41- 53, jan./abr. 2016. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PALENICHKA, R.; DOYON, F.; LAKHSSASSI, A.; ZAREMBA, M. B. Multi-scale segmentation of forest areas and tree detection in LiDAR images by the attentive vision method. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 6, n. 3, p. 1313-1323, 2013.

PERNAMBUCO TRIDIMENSIONAL. (2016). Mapeamento do território pernambucano. Desenvolvido pela equipe de TI da ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A. Disponível em: <<http://www.pe3d.pe.gov.br>>. Acesso em 05 de julho 2020.

TSUBAKI, Ryota; KAWAHARA, Yoshihisa. The uncertainty of local flow parameters during inundation flow over complex topographies with elevation errors. **Journal of Hydrology**, v. 486, p. 71-87, 2013.

TSUBAKI, Ryota; FUJITA, Ichiro. Unstructured grid generation using LiDAR data for urban flood inundation modelling. **Hydrological Processes: An International Journal**, v. 24, n. 11, p. 1404-1420, 2010.

TUCCI, C. E. M. (2008). “Águas urbanas”. Estudos Avançados, 22(63), 97-112. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 9 de julho de 2020.