

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÕES EM UMA SEÇÃO DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO, NA CIDADE DE IPORÁ – GO

Gleydston Goulart da Silva¹; Jessica Beatriz Martins dos Santos¹; Gabriel Henrique Santos Toledo¹; Guilherme Rodrigues Milhomem¹; Jefferson Eduardo Silveira Miranda^{2,3}

1. Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá - FAI.

2. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Goiás, Iporá-Goiás.

* gleydston07@gmail.com

Resumo: O crescimento urbano impermeabiliza a superfície terrestre e, com isso, aumenta as chances de inundação. Assim, é preciso estudar as áreas propensas a ocorrências de inundações e avaliar o risco dessas áreas. Com isso, o presente estudo teve como objetivo analisar áreas de risco de inundação em uma seção do Ribeirão Santo Antônio, em que a cidade de Iporá (GO) está avançando. Foi feita uma análise de risco de inundação conforme as indicações do Ministério das Cidades, analisando ocupação e relevo das áreas. Notou-se que a área apresenta risco de inundação baixo e médio para a área de estudo. Desse modo é preciso que a população e os gestores municipais se atentem ao planejamento urbano da região para evitar danos futuros à população.

Palavras-chave: Sociedade; Cerrado; Precipitações.

ANALYSIS OF OCCUPATION OF FLOOD RISK AREAS IN A SECTION OF RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO, IN THE CITY OF IPORÁ – GO

Abstract: Urban growth makes the earth's surface impermeable and, as a result, increases the chances of flooding. Thus, it is necessary to study the areas prone to occurrences of floods and to assess the risk of these areas. Thus, the present study aimed to analyze areas at risk of flooding in a section of Ribeirão Santo Antônio, in which the city of Iporá (GO) is advancing. A flood risk analysis was carried out as indicated by the Ministry of Cities, analyzing the occupation and relief of the areas. It was noted that the area presents low and medium flood risk for the study area. Thus, it is necessary that the population and municipal managers pay attention to urban planning in the region to avoid future damage to the population.

Keywords: Society; Cerrado; Precipitation.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano passou a criar padrões de concentração urbana que acarreta diversos problemas, dentre eles o problema de inundação (TUCCI, 2008). Os corpos d'água geralmente possuem dois leitos, um menor, em que a água escoava normalmente, e um maior, que pode ser inundado e oferecer risco às pessoas que ali habitam, configurando assim como áreas de risco de inundação (TUCCI, 2003).

Geralmente esses processos de inundações são resultados da impermeabilização do solo com precipitação intensa, em que a quantidade de água nos canais de drenagem ultrapassam a capacidade de suporte da estrutura (TUCCI, 2003). No entanto, há diversos



atores e processo na heterogeneidade urbana que resulta em diversas conexões sobre as áreas de risco de inundação, por isso essa é uma questão que deve ser tratada por diversas áreas, tal como planejamento urbano, saúde pública e outros (SPINK, 2014).

O Brasil sofre um grande processo de urbanização em que rios se transformam em canalizações e cedem espaços para vias de tráfego veicular, ocasionando problemas em períodos de chuvas intensas (CHRISTOFIDIS et al., 2019). Esses autores apontam que esse processo de impermeabilização do solo influencia no escoamento e, por consequência, no transbordamento dos rios, oferecendo risco à população.

As inundações caracterizam-se por eventos de alta frequência, pouca relação com óbitos, mas altamente relacionadas com danos em infraestruturas, habitações, condições de vida da sociedade de baixa renda (FREITAS; XIMENES, 2012). Desse modo, o conflito entre urbanização, desenvolvimento e meio ambiente cresce com o aumento de riscos (MARANDOLA JR. et al., 2013).

Estudos que estimem o fluxo de água durante inundações, ou mesmo que delimitem as áreas suscetíveis/vulneráveis, servem como ferramentas de políticas públicas para mitigar tais efeitos (ZHANG et al., 2020). Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar áreas de risco em uma seção do Ribeirão Santo Antônio, em que a cidade de Iporá (GO) está avançando. O intuito é contribuir para o planejamento do município.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Esse trabalho foi realizado em uma seção de 5,36 km do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá, Goiás (Figura 1). A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio é definida como de 5ª ordem, tem 652,28 km² de área de drenagem, 168,68 km de perímetro, com 29,39% da sua área considerada plana (declividade entre 0% e 3%) e apresenta suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação (BATISTA et al., 2017). Além disso, a área de estudo foi escolhida por se tratar de um local próximo ao curso d'água onde há um forte crescimento demográfico, conforme o que foi tratado no estudo de Gomes, Mendonça e Miranda (2019).



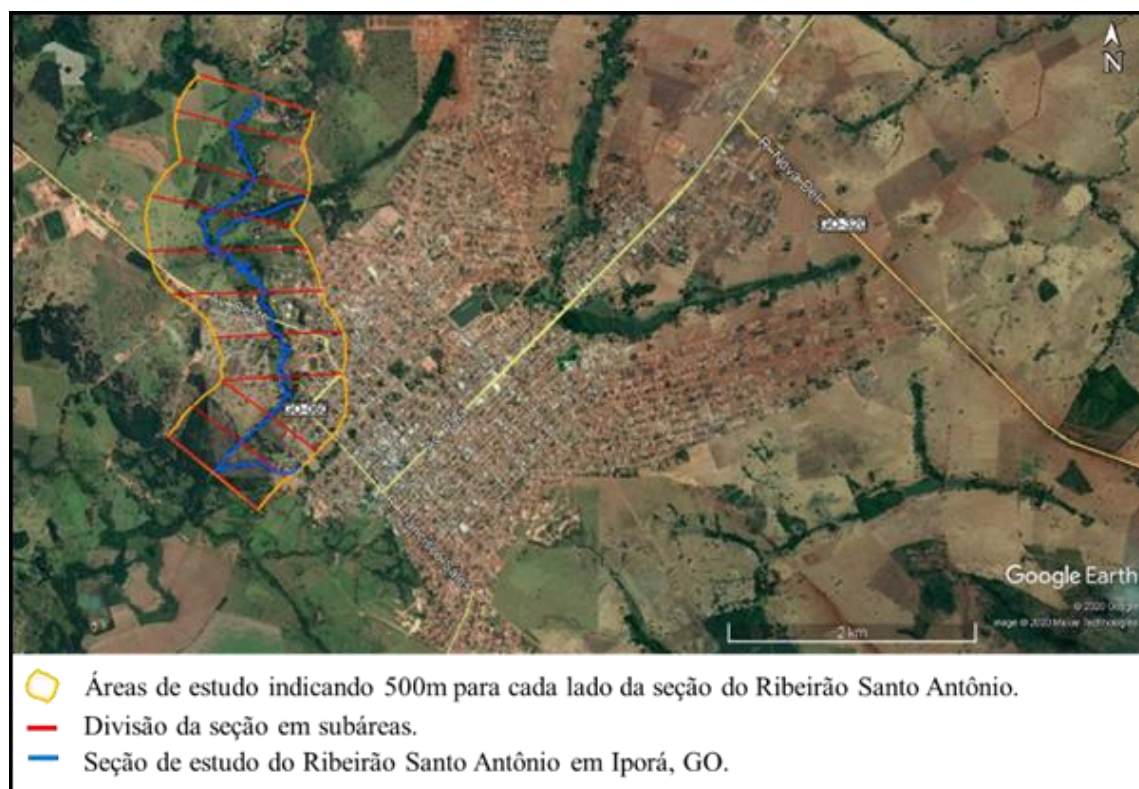


Figura 1. Representação da área de estudo, uma seção do Ribeirão Santo Antônio, na cidade de Iporá, Goiás. Fonte da imagem: Google Earth, editado pelos autores.

Coleta de dados

Para a coleta dos dados foi analisado um raio de 500 m ao longo e perpendicular ao curso d'água. Além disso, a seção de estudo foi dividida em dez subáreas para análise do risco de inundação. Cada subárea foi analisada separadamente. As variáveis foram analisadas com auxílio da ferramenta *Google Earth*.

Para elevação e inclinação do terreno em cada subárea utilizou-se a ferramenta “Mostrar perfil de elevação” do *Google Earth Pro* (Figura 2). Essa ferramenta fornece o perfil de elevação de uma linha e por isso foi utilizada em cada linha que dividia as subáreas. Assim, foi possível encontrar a elevação inicial e final de cada subárea. O *Google Earth* difundiu-se bastante na atualidade e atualmente é amplamente utilizada em pesquisas, principalmente pela definição espacial e características de tonalidade das imagens, que possibilita a avaliação de feições do relevo (LIMA, 2012).



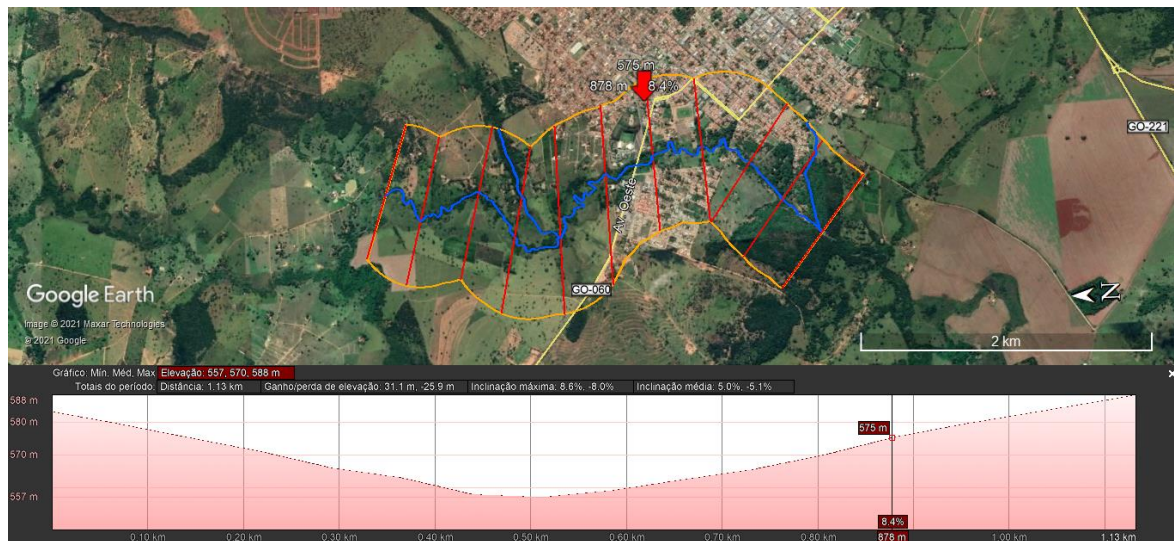


Figura 2. Demonstração da ferramenta “Mostrar perfil de elevação” do Google Earth Pro, que foi utilizada para coleta das variáveis elevação e declividade. Linha laranjada: área de estudo; Linha vermelha: divisão das seções; Linha azul: corpo d’água; Seta vermelha: demonstração do método de perfil de elevação.

Após esta etapa e tendo informações de declividade e uso e ocupação, empregou-se o modelo de análise de risco utilizado pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2007). Primeiro se analisa o potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes, que é chamado “C” e permite classificar a área em uma das três classes: enchente e inundação branda de planície fluviais; enchente e inundação com elevada energia cinética; ou enchente e inundação com elevada potência de escoamento e competência de transporte de material sólido. Depois se faz análise da vulnerabilidade da ocupação urbana, chamada de “V”. Nessa etapa, as áreas podem ser classificadas em uma das seguintes categorias: elevada vulnerabilidade de acidentes; ou baixa vulnerabilidade de acidentes. Por fim, analisa a distância das moradias ao eixo da drenagem, chamado de “P”, que permite classificar as áreas em elevada ou baixa periculosidade (Quadro 1).

Ao final da etapa de análise faz-se o confronto dos dados em matriz. Primeiro cria-se uma matriz (matriz CV) em que os dados de “C” e “V” para cada área são confrontados e relacionados para obter o resultado da relação entre cenário de risco e vulnerabilidade (Quadro 2). Depois os dados da matriz “CV” são confrontados com os dados de “P” (Matriz CVxP), e assim chega-se ao resultado final. Esse confronto de dados e ordem de análise obedeceu aos critérios do Ministério das Cidades (2007) e permitiu chegar a estimativa final do risco de inundação para cada subárea da seção de estudo, que indica risco baixo, médio ou alto de inundação (Quadro 3).



Quadro 1. Descrição e explicação das variáveis e das classes de cada variável analisada, conforme indica o método de Brasil (2007).

C - Cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes
a) Método hidrológico 1: enchente e inundação branda de planícies fluviais - C1;
b) Método hidrológico 2: enchente e inundação com elevada energia cinética - C2;
c) Método hidrológico 3: enchente e inundação com elevada potência de escoamento e competência de transporte de material sólido - C3.
V - Vulnerabilidade da ocupação urbana
a) Elevada vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo modelo construtivo onde distinguir-se moradias construídas com madeira, Madeirit e destroços de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos;
b) Baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.
P - Distância das moradias ao eixo da drenagem
a) Elevada periculosidade (P1): alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;
b) Baixa periculosidade (P2): baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

Quadro 2. Matriz de confronto dos dados “C” e “V” para análise do risco de inundação. A matriz resulta nos seguintes possíveis resultados (de cinza no quadro): B – Baixo; M – Médio; A- Alto; MA – Muito alto. Adaptado de Brasil (2007).

Matriz “CV”		Classes de “C”		
		C1	C2	C3
Classes de “V”	V1	M	A	MA
	V2	B	M	A

Quadro 3. Matriz de confronto dos dados entre a variável “P” com os resultados da matriz “CV” para análise final do risco de inundação da área de estudo. A matriz resulta nos seguintes possíveis resultados (de cinza no quadro): B – Baixo; M – Médio; A- Alto; MA – Muito alto. Adaptado de Brasil (2007).

Matriz “CVxP”		Classes de “P”	
		P1	P2
Resultados da interação na Matriz “CV”	C1xV1	M	B
	C1xV2	B	B
	C2xV1	A	M
	C2xV2	M	B
	C3xV1	MA	A
	C3xV2	A	M



RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as informações obtidas, foi notado que na região de estudo algumas variáveis interferem diretamente no grau de risco de cada ponto estudado, estas variáveis são: naturais (relevo, inclinação) e padrão urbano da área (proximidade das construções em relação ao rio). O risco tende a ser maior conforme aumenta a quantidade de residências nas subáreas (Figura 4).



Figura 3. Representação da seção de estudo do Ribeirão Santo Antônio, Iporá (GO), e das subáreas com maior risco de inundação.

Nota-se que a área de estudo apresenta riscos de inundações em níveis médio e baixo, nenhuma das subáreas apresentou risco alto de inundação. Conforme Brasil (2007), cenários de risco médio podem apresentar enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo, atingindo moradias de bom padrão construtivo, situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo; já os cenários de risco baixo apresentam enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo, que podem atingir



moradias de bom padrão construtivo, mas situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto.

De modo geral, as áreas apresentaram risco baixo à inundação, pois há pouca ocupação próxima ao rio e bastante área verde, seja por agropecuária ou vegetação natural. No entanto, atividades agropastoris podem aumentar o escoamento superficial, por conta do desmatamento e pisoteio do gado que compacta o solo, e contribuir com os processos de inundações (AMORIM et al., 2017). Assim, essas áreas podem contribuir para aumentar a vazão de pico do ribeirão e provocar inundações nas áreas à jusante.

Esse processo de escoamento poderá ocasionar prejuízos econômicos e transtornos para as pessoas que vivem ou trabalham na região, principalmente se não houver planejamento adequado para a ocupação. Isso é algo preocupante, tendo em vista que nas áreas mais baixas (como as áreas 6 e 7) há pequenas empresas e uma Instituição de Ensino Superior.

As subáreas que apresentaram risco médio são aquelas em que as ocupações se encontram relativamente próximas às margens do ribeirão. Como demonstrado por Cunha et al. (2017), a falta de planejamento urbano, com destruição da mata ciliar, pode ocasionar inundações e expor a população a riscos. O mesmo pode acontecer com as ocupações próximas ao ribeirão Santo Antônio, caso não haja planejamento adequado. Assim, futuramente essas áreas que hoje apresentam risco médio, poderão apresentar risco alto de inundação.

É preciso investir em políticas e práticas na gestão de risco de inundação, tendo em vista que não são eventos inesperados, para assim haver o manejo adequado das águas urbanas (CHRISTOFIDIS et al., 2019). Nesse sentido, a presente área de estudo revela um cenário favorável para minimizar enchentes e inundações, tendo em vista que ainda se encontra parcialmente ocupada e há tempo para se pensar a ocupação de novas áreas e planejar melhor os novos loteamentos.

Analisar o uso do solo e planejar a ocupação do mesmo vinculando projetos de gerenciamento de eventos hídricos extremos permite conciliar melhor atividades econômicas e infraestrutura regional (FABBRO-NETO; GOMEZ-MARTIN, 2021). É por isso que se deve pensar no planejamento das áreas que ainda não foram ocupadas.

Também é necessário trabalhar com planos de mitigação com base em coleta de dados imediatamente após eventos de inundação, pois possibilita encontrar resultados mais exatos do impacto desses eventos (RIBEIRO et al., 2020). Assim, trabalhos como esse



poderão dar base para a busca e identificação dessas áreas que devam ser atendidas após fortes eventos de precipitação.

CONCLUSÃO

A seção estudada apresenta baixo risco a inundações, não obstante, já se identifica potencial em algumas áreas. As áreas com maior ocupação tendem a oferecer maior risco, bem como aquelas em que há mais construções próximas ao corpo d'água.

Com o presente estudo observou-se que o crescimento da cidade poderá provocar aglomerações entorno do Ribeirão Santo Antônio e provocar desastres sociais por meio de inundações. Assim, quanto mais aumenta a concentração de moradias próximas ao corpo d'água, maior será o risco de inundação.

Mesmo que a área de estudo apresente baixo risco de inundação, é preciso que o poder público e a população fiquem atentos, pois conforme a malha urbana se desenvolve a ocupação nas proximidades do Ribeirão Santo Antônio poderá aumentar. Assim, sugere-se atenção aos planos de gestão urbana e melhoria do plano diretor para mitigar futuros problemas à população iporaense.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. R.; REIS, C. H.; FERREIRA, C. Mapeamento dos geossistemas e dos sistemas antrópicos como subsídio ao estudo de áreas com riscos a inundações no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé (Rio de Janeiro – Brasil). **Revista Territorium**. n. 4, p. 89 – 114, 2017. ISSN: 0872-894. https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_7

BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio - GO. **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 29, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i29.50882. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/50882>. Acesso em: 11 abr. 2021.

BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 p. 2007.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCAO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. esp. 3, p. 94-108, Dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307>

CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 30, mai. 2017. ISSN 2318-8472. <http://dx.doi.org/10.17271/2318847253020171538>.



GOMES, A. L.; MENDONÇA, T. B.; MIRANDA, J. E. S. Mudanças na paisagem da bacia hidrográfica do Córrego Tamanduá, em Iporá, Goiás. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1317-1331>

LIMA, R. N. S. Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da geomorfologia. **Revista de Ensino de Geografia, Uberlândia**, v. 3, n. 5, p. 17-30, 2012. ISSN 2179-4510

MARANDOLA JR., E. et al . Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **Rev. bras. estud. popul.**, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 35-56, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982013000100003>.

FABBRO NETO, FRANCISCO; GOMEZ-MARTIN, MARIA BELÉN. Comparative Analysis of Water Stress Management's Tools Between Alicante - Spain and Caraguatatuba - Brazil. **An. Acad. Bras. Ciênc**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 1, e 20190704, 2021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190704>

FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública - uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciênc. saúde coletiva**, v.17, n. 6, Rio de Janeiro, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600023>

RIBEIRO, A. A. S. et al. Floodplain reconstitution based on data collected via smartphones: a methodological approach to hydrological risk mapping. **Revista Brasileira de Recurso Hídricos**, Porto Alegre, v. 25, e.41, 2020. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312020000100238&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 de Out. de 2020.

SPINK, M. J. P. Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco no cotidiano. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 3743-3754, 2014. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.01182014>.

SANTIAGO, L.; FLORES, D.; HONG, C. The impact of extreme weather events on community risk planning and management: the case of San Juan, Puerto Rico after hurricane Maria. **Urbe. Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba, v. 12, e20190062, 2020. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190062>

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>

ZHANG et al. Assessment of Flood Inundation by Coupled 1D/2D Hydrodynamic Modeling: A Case Study in Mountainous Watersheds along the Coast of Southeast China. **Water**, v. 12, n. 3, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12030822>

