

ANALISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ENCHENTES E INUNDAÇÕES PELO RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

ANALYSIS OF AREAS SUSCEPTIBLE TO FLOODING BY THE TOCANTINS RIVER IN THE MUNICIPALITY OF TUCURUÍ-PA

ANÁLISIS DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES POR EL RÍO TOCANTINS EN EL MUNICIPIO DE TUCURUÍ-PA

Cleriston Levy Wanzeler Ranieri¹

Dacio Janio da Costa Souza²

Laudeci de Abreu Costa³

Paulo Victor Corrêa Rosa⁴

Carla Fabiane Lima da Silva⁵

RESUMO: Eventos extremos como as inundações têm-se intensificado, tornando-se cada vez mais frequentes, causando prejuízos socioeconômicos. O objetivo desse trabalho é contribuir para avançar o conhecimento sobre a relação da expansão urbana no município de Tucuruí e as áreas suscetíveis à inundação pelas cheias do rio Tocantins. Este diagnóstico pode nortear o planejamento e a implementação de medidas mitigadoras para se evitar prejuízos causados por alagamentos. Como procedimento metodológico foi utilizado a aplicação de técnicas de geoprocessamento para fazer a identificações de áreas suscetíveis a enchentes e inundações.

1686

Palavras-chave: Expansão Urbana. Áreas suscetíveis. Inundações. Geoprocessamento. Área urbana.

ABSTRACT: Extreme events such as floods have intensified, becoming more and more frequent, causing socioeconomic damage. The objective of this work is to contribute to advancing knowledge about the relationship between urban expansion in the municipality of Tucuruí and areas susceptible to flooding by the floods of the Tocantins River. This diagnosis can guide the planning and implementation of mitigating measures to avoid damage caused by flooding. As a methodological procedure, the application of geoprocessing techniques was used to identify areas susceptible to floods.

Keywords: Urban Expansion. Susceptible areas. Floods. Geoprocessing. Urban area.

¹ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, campus Tucuruí da Universidade Federal do Pará, UFPA. e-mail: cleriston.ranieri@tucurui.ufpa.br.

² Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, campus Tucuruí da Universidade Federal do Pará, UFPA.

³ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, campus Tucuruí da Universidade Federal do Pará, UFPA.

⁴ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, campus Tucuruí da Universidade Federal do Pará, UFPA.

⁵ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, campus Tucuruí da Universidade Federal do Pará, UFPA.

RESUMEN: Los eventos extremos como las inundaciones se han intensificado, siendo cada vez más frecuentes, causando daños socioeconómicos. El objetivo de este trabajo es contribuir al avance del conocimiento sobre la relación entre la expansión urbana en el municipio de Tucuruí y las áreas susceptibles de inundación por las crecidas del río Tocantins. Este diagnóstico puede guiar la planificación e implementación de medidas de mitigación para evitar daños causados por inundaciones. Como procedimiento metodológico se utilizó la aplicación de técnicas de geoprosesamiento para identificar áreas susceptibles a inundaciones.

Palabras clave: Expansión Urbana. Áreas susceptibles. Inundaciones. Geoprosesamiento. Área urbana.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas produzem crescente complexidade e incerteza frente às consequências em todos os sistemas existentes. Complexidade entendida como “um tecido de constituintes heterogêneos inseparavelmente associados: ele coloca o paradoxo do uno e do múltiplo” (MORIN E, 2011,). As mudanças climáticas impactam o ciclo hidrológico e são agravadas por questões globais como a pobreza, podendo aumentar a frequência de eventos extremos como as inundações, principalmente em áreas periféricas e sem condição sanitária que torna a complexidade da situação intensa.

1687

A segunda metade do século XX marcou a aceleração do processo de urbanização no Brasil. Entre as diversas consequências deste processo, pode-se destacar: (i) a formação de regiões metropolitanas; (ii) a verticalização e o adensamento das áreas já urbanizadas; (iii) a expansão urbana para as áreas periféricas e (iv) a ocupação de áreas de risco, tais como áreas de várzea (inundação) e áreas com declive acentuado, como topos de morro (SANTOS MA, 2008; TUCCI CEM, 2012).

Os processos de expansão urbana que se desenvolvem em escala metropolitana são diversos. De acordo com Alves HPF e Torres HG (2006), tais processos podem envolver tanto a dispersão espacial de grupos de baixa renda, marcados pela autoconstrução e por loteamentos irregulares e favelas, quanto de grupos de média e alta renda, exemplificados pelos condomínios fechados.

As condições físicas do ambiente, como o tipo de terreno, a hidrografia, a morfometria e a topografia, definem as áreas como naturalmente suscetíveis a inundação

(DANTAS CG, 2018). Contudo, Menegasso JD (2019) ressalta que, apesar do termo suscetibilidade induzir as características físicas do ambiente, as alterações antrópicas são consideradas agentes intensificadores da suscetibilidade às inundações.

A dinâmica de ocupação irregular tem importantes impactos sociais e ambientais nas regiões metropolitanas. A expansão dessas áreas pode implicar na ausência de saneamento básico, principalmente na rede de esgoto e na poluição de rios e córregos. Além disto, a expansão urbana desordenada pode agravar situações de risco e de degradação ambiental, tais como enchentes e deslizamentos (TORRES et al., 2007).

Segundo Junk WJ et. al (1989) a maioria dos rios de grande ou médio porte possui áreas alagáveis adjacentes que, em conjunto com a calha principal, constituem os sistemas denominados rios-planícies de inundação.

O conhecimento do comportamento dos corpos hídricos em períodos de precipitação elevada é, portanto, de fundamental importância, porque pode evitar a perda de vidas humanas e prejuízos financeiros. Desse modo, técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto têm oferecido importantes recursos para o mapeamento de recursos hídricos e o monitoramento das dinâmicas das águas de superfícies, em especial em áreas urbanas (JI L et al., 2009).

De acordo com Ladwig NI e Rosso EP (2015) o uso do geoprocessamento para diagnóstico de risco, tomada de decisão em planejamento e gestão territorial é crescente no país. O fato de conhecer e visualizar onde as áreas suscetíveis aos desastres ocorrem, especialmente, na forma de mapa temático, facilita o entendimento e aumenta a percepção do problema trabalhado.

Para Amaral R e Ribeiro RR (2012), são condicionantes naturais dos processos de inundação as formas de relevo, característica da drenagem da bacia hidrográfica, intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas, características do solo e o teor de umidade, presença ou ausência da cobertura vegetal. Os autores corroboram com Borges NS (2013) ao exemplificar condicionantes antrópicas que podem potencializar ou acelerar os processos de inundação, como a impermeabilização do solo, a retificação, desvios e canalização de cursos d'água e a construção de barragens para diferentes fins como o acúmulo de rejeito de mineração, reservatório de água para abastecimento e produção de energia.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo contribuir para compreender a dinâmica de evolução das áreas suscetíveis a inundação com o passar dos anos, através agravamentos das inundações em locais setorizados do município de Tucuruí no estado do Pará. Para isso, apresenta como hipótese que: grandes partes de pontos de alagamentos e inundações e resultado da expansão urbana de forma desordenada, logo não sendo respeitados os limites do leito do Rio Tocantins, ou próximos a igarapés existentes no local de estudo, sendo assim de geoprocessamento, como séries temporais de imagem de satélite e modelos de elevação, podem fornecer subsídios para identificar tais características de ocupação.

METODOLOGIA

O Município de Tucuruí está localizado no Sudeste do estado do Pará, norte brasileiro. Possui área total equivalente a 2 084,289 km² (IBGE/2020), sua densidade estimada é de 56,00 hab./km² (IBGE/2021). A estimativa de sua população é de 116 605 habitantes, segundo projeção do IBGE/2021.

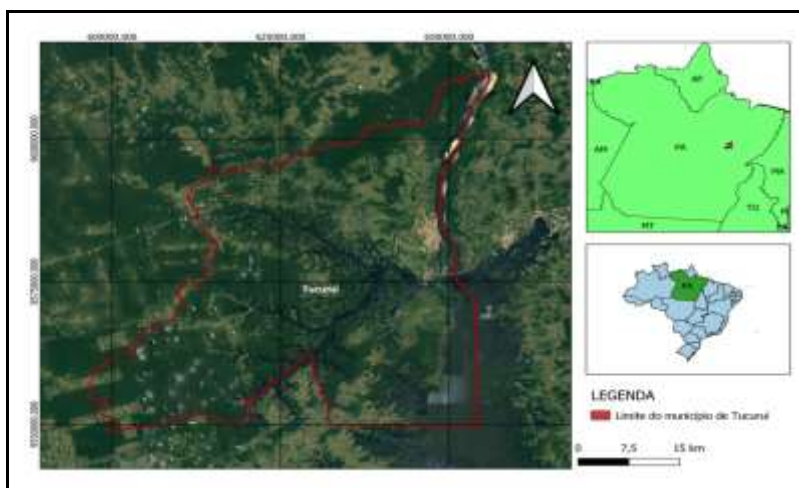
As áreas, principalmente urbana, localizadas a jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí possuem ocupações urbanas nas proximidades das margens do rio Tocantins, que, em períodos de cheia, tradicionalmente afetam, direta e indiretamente, parte das edificações e equipamentos urbanos localizadas nessas áreas.

As ferramentas que utilizaremos nesta análise tratam-se do geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado como método de verificação, pela declividade, das principais áreas historicamente afetadas e, conseqüente sobreposição mediante a observação dos níveis máximos alcançados pelo rio Tocantins nos períodos típicos da sazonalidade da região, considerando ainda, a influência da ocupação urbana e a sua relação com o gerenciamento e manejo da bacia hidrográfica da localidade em análise, definindo, com isso, a suscetibilidade, para as áreas analisadas, a alagamentos, enchente e inundação do rio Tocantins.

Para Junior ACRA e Junior SST (2018), O geoprocessamento é uma ferramenta que se utiliza para verificação e avaliação de variáveis físicas e, associados a outras variáveis, fundamentam embasamentos para elaborações documentais de gerenciamento do poder público. Para a aplicação do geoprocessamento e sensoriamento remoto, neste trabalho,

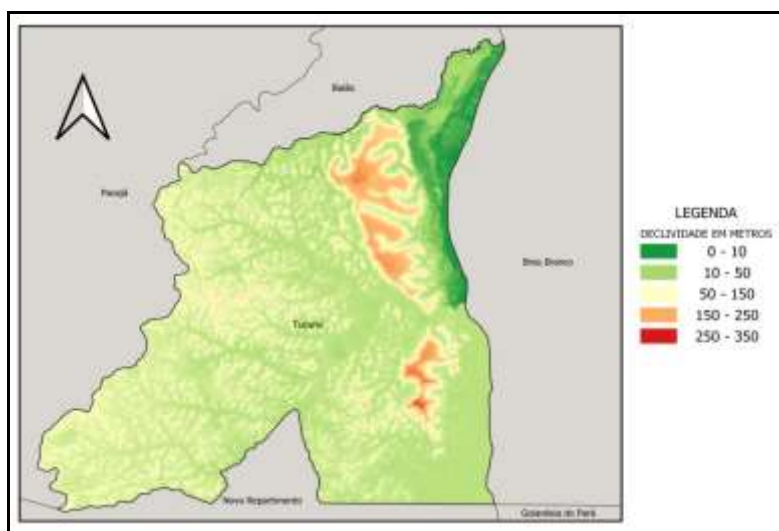
obtivemos as imagens de satélites pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, através do banco de dados geomorfométricos do Brasil, o TOPODATA, que fornece o modelo digital de elevação, MDE, definido pelo DATUM Sirgas 2000. O software utilizado para manipulação e determinação da declividade espacial das áreas de estudo deste trabalho foi o programa QGIS versão 3.16 Hannover, o qual também forneceu, como plano de fundo, pelo seu banco de dados, o mapa do município de Tucuruí denominado Google Satélite.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Tucuruí-PA.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 2: Mapa de declividade do município de Tucuruí-PA.



Fonte: Autores, 2022.

Por fim, definimos quatro (4) colorações, mediante os trechos de declividade, para percepção e definição das áreas suscetíveis a alagamentos, enchentes ou inundações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Brandão AMPM (1997) afirma que em pelo menos metade dos anos do século XX são encontrados registros de chuvas intensas que resultaram em inundações de grandes proporções; aponta, ainda, que as enchentes aumentaram sua frequência a partir dos anos 1960. A ocorrência de enchentes se encontra associada a duas causas: os fatores climáticos, os quais estão relacionados intensidade e duração das precipitações e os fatores fisiográficos, que são aqueles relacionados aos aspectos topográficos da área, ao tipo de solo, cobertura vegetal entre outros, que determinam o grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação nas bacias hidrográficas.

No período de seca, a navegação fica comprometida na jusante do lago de Tucuruí devido ao Pedral do Lourenço, um trecho de 43 km de afloramentos rochosos que impede a navegação comercial de grande porte entre o final do reservatório da hidrelétrica e a cidade de Marabá (PA). Nos primeiros 1.060 km do rio, o desnível é de 925 metros. Os 980 km seguintes sofrem um desnível de 149 metros, e os últimos 360 km do Tocantins compreendem o trecho do lago de Tucuruí. No período das cheias, na parte jusante ao lago é possível navegar até 2.000 km pelas águas do rio Tocantins.

Figura 3: Áreas de estudo às margens do rio Tocantins, localizadas a jusante da Usina Hidrelétrica de Tucuruí.



Fonte: Autores, 2022.

Na área de pesquisa foram observados diversos problemas que podem estar relacionados às causas de enchentes e inundações, como por exemplo, as ocupações desordenadas às margens do rio, desde as cabeceiras, e, inclusive, áreas ribeirinhas em torno do lago; a

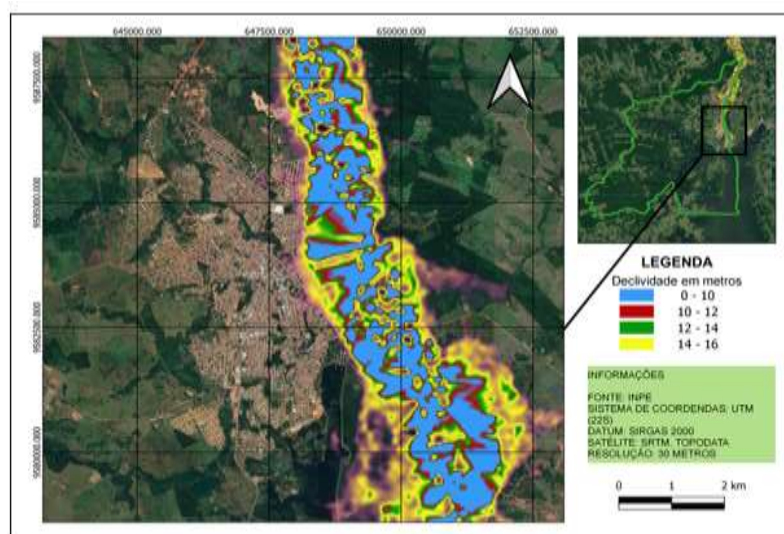
enorme quantidade de moradias desordenadas na parte montante do rio Tocantins e montante e jusante do lago; a impermeabilização do solo que acaba dificultando a infiltração da água da chuva no solo, o lixo gerado pelos moradores onde não há uma coleta adequada, e a falta de uma rede de esgoto onde, o mesmo é jogado direto no rio acabam contribuindo direta e indiretamente na formação de enchentes.

O município de Tucuruí se destaca por ter uma das maiores hidroelétricas do país, porém, tem sofrido há décadas com a ocorrência de enchentes que assolam a parte baixa da cidade, deixando várias famílias sem moradia temporária. O processo de ocupação desordenada a mudança morfológica na região e a falta de eficientes políticas de planejamento urbano contribuem com os recorrentes problemas. As fortes chuvas que assolam a região, desde as cabeceiras do rio, no período de janeiro a março são condicionantes a esses processos, tendo em vista que a cidade se localiza em região de relevo acidentado e ondulado e bastante impermeabilizado pela urbanização, fatores estes que contribuem para a propagação de cheias no município de Tucuruí.

Segundo Cançado VL (2009) os danos causados por inundações podem ser classificados como tangíveis e intangíveis, e diretos ou indiretos. Em alguns pontos do município de Tucuruí, já é comum a ocorrência de enchentes e possíveis inundações.

Na *figura 4*, utilizou-se a declividade pelo modelo digital de elevação, MDE, para obtenção das cotas de alagamento, enchentes ou inundação. Os dados disponíveis foram importados para o QGIS, sendo convertidas para zonas de declividade. Após a conversão dos dados, realizou-se a interpolação para obter a imagem representativa do relevo da área, referente às cotas em metros em relação aos níveis de suscetibilidade das áreas pelas respectivas cotas, conforme citado anteriormente.

Figura 4: Mapa de declividade, sobreposta, identificando as áreas suscetíveis a alagamentos, enchentes e inundações.



Fonte: Autores, 2022.

Na *figura 4*, os mesmos estão classificados pela altura das cotas em metros, levando em consideração os diferentes níveis de cotas encontradas ao longo do trecho analisado. Desta maneira os diferentes níveis de cota estão divididos através das diferentes graduações de cores (azul; vermelho; verde; amarelo). A cor Azul é referente as cotas de 0 a 10 metros, são os pontos críticos, onde as enchentes ocorrem com frequência (todos os anos), pode ser considerada como uma área de risco iminente, independente de ter água ou não.

A cor vermelha é referente as cotas de 10 a 12 metros, é considerada área de risco de enchentes, porém, vai depender da intensidade das precipitações, em toda bacia do rio Tocantins, a cada ano (grande risco de ocorrer enchentes). Devido às fortes chuvas que assolaram a bacia do rio Tocantins, desde as cabeceiras, no mês de janeiro de 2022, que por consequência, ocasionaram na abertura de todas as comportas da hidrelétrica de Tucuruí, a parte jusante chegou ao nível na cota máxima de 12 metros (segundo dados da Eletronorte/Eletronorte), deixando a defesa civil em alerta.

A cor verde é referente às cotas de inundação susceptíveis a 12 a 14 metros, pode ser considerada área de risco moderado (alerta em caso de possíveis inundações), para que ocorram possíveis inundações, devem-se levar em consideração as fortes chuvas juntamente com o elevado nível de poluição (lixo urbano gerado) e somada com as ocupações irregulares ou desordenadas do leito do rio acabam esporadicamente inundando. A cor amarela, referente às cotas 14 a 16 metros correspondem as áreas onde existem riscos temporários de alagamento, pode-se levar em consideração à falta de planejamento urbano dessa área, edificações irregulares, acúmulo de lixo no local e escoamento das águas pluviais.

CONCLUSÃO

A problemática dos alagamentos, enchentes e inundações pelo rio Tocantins no município de Tucuruí apesar de historicamente recorrente e, muitas vezes é apenas associada à sazonalidade dos períodos chuvosos que ocorrem em toda bacia hidrográfica do rio; mas é mais do que apenas olharmos para os fatores climáticos, é necessário associarmos a isso a crescente e desordenada ocupação e expansão urbana nos municípios pertencentes a esta bacia, que muitas vezes, ocupam áreas pertencentes à dinâmica área do rio, visto que, a análise em questão preserva pela minimização dos impactos e visa na

contribuição para um embasamento técnico preliminar, a fim do direcionamento e planejamento dos recursos hídricos para as áreas de estudo.

O geoprocessamento, no aspecto aplicado, contribuiu como ferramenta auxiliar preliminar de grande importância na identificação das áreas suscetíveis a impactos pelas cheias do rio Tocantins, demonstrando a perspectiva das medidas técnicas que se poderão aplicar para o monitoramento quanto aos alagamentos, enchentes e possíveis inundações, pois a preservação da qualidade de vida e o direito de moradia devem ser premissas para tomada de decisão do por público.

Para tanto, devemos ressaltar a importância da correta aplicação do manejo de bacia hidrográfica, como sendo norteadora das tomadas de decisões para o contexto da problemática deste trabalho e associado à educação ambiental e participativa como processos de adaptação para a mudança de paradigma quanto a problemas ambientais como esse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES H P F, TORRES H G. Vulnerabilidade Socioambiental na Cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. *Revista São Paulo em Perspectiva*. V. 20. Nº 1. Jan.-Mar. 2006, p. 44-60.

AMARAL R, RIBEIRO R R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO J; AMARAL R. *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. 2 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. p.39-52.

BORGES N S. *Gestão Do Risco De Inundações Urbanas*. 2013. 101f. Dissertação (Mestrado em Direito) –Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013.

BRANDÃO A M P M. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: *Tormentas Cariocas. Seminário prevenção e controle dos efeitos dos temporais no Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.21-42. 1997.

CANÇADO V L. *Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade: Desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade*. Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2009.

DANTAS C G. *Experiências e aprendizado: Rio Aricanduva: prevenção, resposta e mitigação*. In: *Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre*. SULAIMAN, S. N.; JACOBI, P. R. São Paulo: IEE-USP, 2018.

- JI L, et al. Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 75. Nº 11. Nov. 2009, p. 1307-1317.
- JUNIOR A C R A, JUNIOR S S T. Expansão urbana e fatores de risco à inundação em Boa Vista – RR. *Revista Ra'e Ga – O Espaço Geográfico em Análise*. Curitiba, v.44, p. 139-153, Mai/2018.
- JUNK W J, et al. The flood pulse concept in river – floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Aquatic. Sci.*v. 106, p. 110-127,1989.
- LADWIG N I, ROSSO E P. Geoprocessamento aplicado no mapeamento de áreas de risco. In: Nilzo Ivo Ladwig; Hugo Schwalm. (Org.). *Planejamento e Gestão Territorial: Experiências Sustentáveis*. Florianópolis: Insular, 2015, p. 57-76.
- MENEGASSO J D. Mapeamento do risco de inundação na bacia hidrográfica do Rio Belo, Orleans, SC. 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado) -Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade do ExtremoSul Catarinense -Unesc, Criciúma, 2019.
- MORIN E. *Introdução ao pensamento complexo*. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.
- MOTA S. *Urbanização e meio ambiente*. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- NUNES L H. *Impacto pluvial na Serra de Paranapiacaba e Baixada Santista*. Dissertação de Mestrado (FFLCH, USP). São Paulo, 1990.
- SANTOS M. *A Urbanização Brasileira*. 5ªed. São Paulo: Edusp, 2008.
- TOLENTINO M. *Estudo crítico sobre clima da região de São Carlos*. Ed UFScar 2007.
- TORRES H G, et al. São Paulo peri-urban dynamics: some social causes and environmental consequences. *Environment & Urbanization Journal*. Vol. 19. Nº 1. Abr. 2007, p. 207- 223.
- TUCCI C E M. *Gestão da drenagem urbana*. Brasília: CEPAL/IPEA, 2012.