

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DE RISCO A ALAGAMENTO

Cristiana Paula Vinhal¹ (PG - cristianavinhapedagoga@gmail.com), Márcio Sebastião de Oliveira (PG), Pedro Rogerio Giongo¹ (PQ).

¹ PPG Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis. Avenida Brasil, nº 435, Conjunto Hélio Leão, CEP: 75860-000, Quirinópolis, Goiás.

Resumo: O geoprocessamento tem sido utilizado em diversas aplicações a geração de informações no suporte a decisão, seja para o meio rural como as áreas urbanas, assim como na avaliação geoespacial e dados geográficos de cunho temporal. As ferramentas computacionais e dados geográficos oferecem meios rápidos e confiáveis na obtenção e processamento de dados, permitindo segurança nas decisões. Diante disso o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco de alagamento urbano de Morrinhos-GO, por meio de informações geomorfológicas, e uso das ferramentas de geoprocessamento. Para o banco de dados foi utilizado a cobertura vegetal por meio de imagem de satélite Sentinel 2A, enquanto que para o mapa de declividade e comprimento de rampa foi utilizado as imagens de hipsometria do projeto Topodata do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Os dados foram processados no software Qgis 3.22, e aplicado a área urbana de Morrinhos, GO. Para os critérios de classificação das áreas, foram consideradas então, a cobertura vegetal, comprimento de rampa e declividade, classificando as áreas em muito baixa, baixa, média e alta susceptibilidade a alagamento. Com a equalização dos dados de cobertura vegetal, declividade e comprimento de rampa, foi obtida a susceptibilidade ao alagamento. A susceptibilidade ao alagamento em Morrinhos é predominantemente nas classes de baixa (78%) e muita baixa (19%), enquanto a classe de alta foi de apenas 2,5% e muito alta menos de 1% da área urbana do município. O geoprocessamento permite identificar e mapear as áreas de maior risco ambiental, permitindo a tomada de decisão bem como suporte aos serviços de defesa civil e planejamento urbano para minimizar os riscos de desastres naturais.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; áreas verdes; susceptibilidade de alagamento; densidade da cobertura.

Introdução

O ambiente urbano traz em seu meio um sistema antrópico, tendo o homem como peça principal na alteração desse sistema, em que ambiente encontra-se na sua maior parte artificializado e com índice verde pouco acessível a maior parte da população local, sendo o acesso à natureza desvinculado do processo de crescimento urbano (SILVEIRA *et al.*, 2020).

Em se tratando da mensuração da qualidade ambiental, a biodiversidade urbana é variedade e riqueza de organismos vivos e a diversidade de habitats encontrado dentro e fora do espaço urbano, promovendo hipótese para se obter uma qualidade de vida equilibrada, mesmo que as ações antrópicas sejam intensas, gerando tanto impactos ambientais quanto socioeconômicos (YAO *et al.*, 2015).

Quanto a heterogeneidade da paisagem urbana, espera-se que diferentes composições encontrem-se em diversas localidades do espaço da cidade, dessa forma, apresentam variações, visto que cada espaço tem suas particularidades quanto aos tipos e intensidades de cobertura e uso do solo (HU; XU, 2018). Isso

reflete nas condições ambientais e na relação de balanço e troca de energia entre a superfície e a atmosfera (PIRES; FERREIRA JR, 2015).

Ao estudar as condições das áreas ocupadas por vegetação e usá-las como objetos de análise para a obtenção do nível da qualidade ambiental urbana, dando destaque nos espaços verdes urbanos. Sendo estes percebidos de formas sensoriais e visuais que ajudam na compreensão do que a paisagem urbana resulta na configuração deste estudo, destaca-se o *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI) (YANG *et al.*, 2008), passando a ser parte do estudo da fenologia, ciclos biológicos da vegetação, em classificações espectrais.

O crescimento das cidades tem provocado impactos sobre o ambiente urbano, mas quando as potencialidades (limites e aptidões) do ambiente urbano são conhecidas e respeitadas na elaboração e execução do planejamento municipal, certamente, haverá melhoria na qualidade ambiental urbana, pois os impactos negativos seriam reduzidos ou evitados (ESTÊVEZ; NUCCI, 2015).

Em 2019, o governo federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, elegeu a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana como atividade estratégica de gestão, visando melhorar os indicadores nas cidades brasileiras, trazendo a importância de conhecer e melhorar o índice quando possível. Com isso medidas como reduzir os riscos ambientais como os alagamentos e/ou enchentes provocados pelas chuvas intensas são primordiais para melhorar a qualidade de vida, além de perdas de vida e perdas econômicas, provocadas pelos desastres naturais.

No contexto descrito e considerando as geotecnologias e o acesso a imagens multiespectrais de satélites que permitem detectar mudanças graduais e/ou rápidas nas paisagens, o uso de índices espectrais pode auxiliar na caracterização dessas mudanças de padrão, uma vez que realçam diferentes feições da superfície (CÂMARA; DAVIS, 2004). As geotecnologias têm demonstrado um crescimento expressivo da quantidade de dados produzidos como ferramentas voltadas para os estudos de planejamento e quantificação de áreas verdes, declividade dos terrenos, riscos ambientais e outros envolvendo extensões territoriais amplas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco de alagamento urbano de Morrinhos-GO, por meio de informações geomorfológicos, e uso das ferramentas de geoprocessamento.

Material e Métodos

Local da área de estudo

O município de Morrinhos, localizado na região sul do Estado de Goiás, tendo área territorial aproximada de 2.846 km², população estimada de 46.955 habitantes e densidade demográfica 16,50 hab.km⁻², está a 128 km de distância de Goiânia, capital do Estado, e a 336 km de Brasília-DF (BRASIL, 2022). A localização geográfica do município e área urbana de Morrinhos encontram-se na Figura 1.

Os dados geográficos com a delimitação dos bairros do município de Morrinhos, caracterizados como setores, foram adquiridos juntamente à base de infraestrutura do município, atualizada para o ano de 2020, no Setor de Infraestrutura da Prefeitura de Morrinhos (MORRINHOS, 2021).

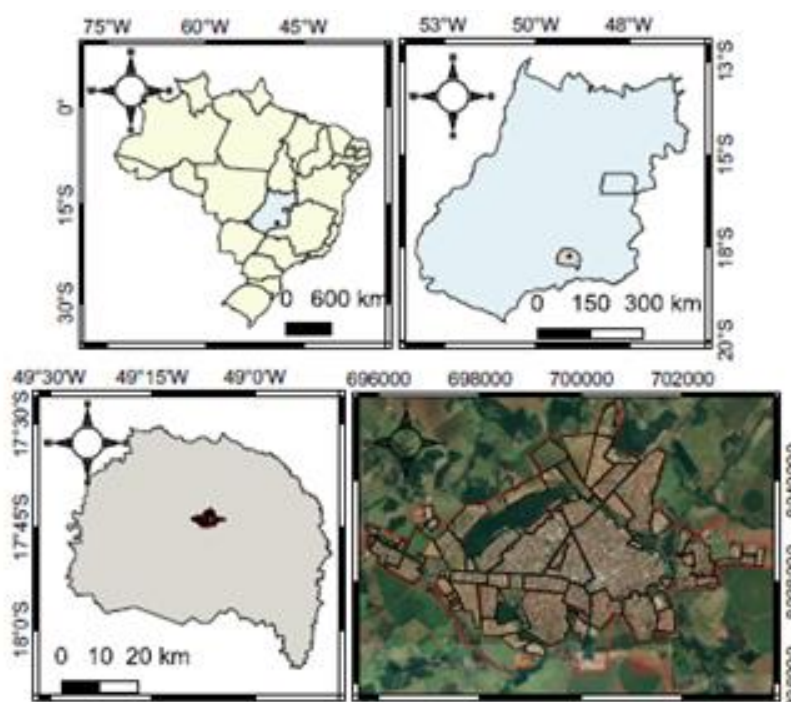


Figura 1. Localização geográfica do Brasil (a), Goiás (b), Morrinhos (c), área urbana de Morrinhos com imagem do Google Earth (d)

Índice de cobertura vegetal (MPRI)

O *Modified Photochemical Reflectance Index* - MPRI, foi obtido por meio da razão da diferença das bandas do verde e do vermelho ((GREEN-RED) / (GREEN+RED)) (YANG, WILLIS, MUELLER, 2008). As imagens de satélite para obtenção do MPRI foram obtidas por meio da plataforma do View (EOS - VIEW,

2021). Foram selecionadas imagens em dias de céu claro, sem nuvens, em quatro datas, sendo uma do primeiro trimestre (janeiro a março), outra do segundo (abril a junho), outra do terceiro (julho a setembro) e a última do quarto trimestre (outubro a dezembro) do ano de 2021. As imagens selecionadas são do satélite Sentinel 2A, que possui resolução espacial de 10m. Após a seleção e *download* das quatro imagens, representativas de cada trimestre, foi realizado o cálculo do MPRI médio anual por meio do *software* QGIS 3.22, e a fórmula do MPRI proposta por Yang, Willis, Mueller (2008).

Declividade do terreno (Dt)

Para geração do mapa de declividade do terreno, foram considerados os dados geográficos geomorfométricos (hipsometria) do projeto Topodata (INPE, 2021), que disponibiliza imagens com dados de altitude em resolução de 30m. Foram, então, processadas as informações para obter o mapa de declividade do terreno por meio da ferramenta *r.slope.aspect*, que permite a entrada de dados hipsométricos e a saída da imagem de declividade em dados de inclinação percentual.

Susceptibilidade a alagamento

Por meio da avaliação realizada através do mapeamento das informações de altimetria, foram obtidos os dados de uso do solo (MPRI), declividade do terreno (Dt) e fluxo acumulado (Fa).

Para os mapas de usos do solo, foram utilizados os dados do Índice de vegetação MPRI como forma de indicador da densidade e quantidade de cobertura do solo, pois considerados os valores em escala de -1 a +1. Valores negativos representam ausência de cobertura vegetal, enquanto que valores de zero (0) a +1 representam um aumento da massa vegetal de cobertura da superfície e podem ser sensíveis à representação espacial por meio das imagens de satélite.

Para o mapa de declividade, foram utilizadas as mesmas informações já descritas anteriormente Ouma, Tateishi (2014). O mapa de fluxo acumulado foi gerado por meio da entrada dos dados de hipsometria no *software* QGIS 3.22 com a ferramenta *r.watershed*, que permite calcular o produto do número acumulado de pixels, que representa a continuidade de uma rampa no terreno (*número de pixels que drenam para cada pixel*).

Áreas em regiões mais elevadas representam o início do fluxo, enquanto que as regiões de drenagem, como baixadas, representam acúmulo maior de fluxo e, portanto, mais susceptíveis a alagamento. Para definição das classes que representam o fatiamento dos indicadores analisados, são representados na Tabela 1, tendo sido consideradas referências de trabalhos como: Korah, López (2015), Rincón, Khan, Armenakis (2018), Popa *et al.* (2019) e Azua *et al.* (2019).

Tabela 1. Informações espaciais e valores utilizados para reclassificar as imagens, de acordo com a escala indicador/importância na Susceptibilidade a alagamento.

Classe \ Parâmetro	MPRI (uso do solo)	declividade (%)	fluxo acumulado
1 – Muito baixa	0,3 – 1	>20	0 – 2000
2 – Baixa	0,1 – 0,3	8 – 20	2000 – 4000
3 – Moderada	0 – 0,1	3 – 8	4000 – 8000
4 - Alta	-1 – 0	0 – 3	> 8000

Fonte: Adaptado de Korah, López (2015).

Para o cálculo do mapa de áreas susceptíveis a alagamento, foram considerados os seguintes pesos para os mapas de entrada: 40% - uso do solo; 25% - declividade; 35% - fluxo acumulado. Os pesos dos indicadores foram definidos considerando trabalhos na literatura que executaram de modo semelhante em vários lugares no mundo, como: Korah, López (2015), Ouma, Tateishi (2014), Rincón, Khan, Armenakis (2018), Popa *et al.* (2019), Azua *et al.* (2019).

Resultados e Discussão

A susceptibilidade ao alagamento no perímetro urbano indica que a maior frequência de classes resultantes é de baixa a muito baixa, indicando que esse parâmetro indica melhor qualidade ambiental. O mapa de susceptibilidade ao alagamento (Figura 2) predomina em classes de baixa (78%) e muita baixa (19%), enquanto que as classes de alta foi de apenas 2,5% e muito alta menos de 1% da área urbana do município. O alagamento é o acúmulo momentâneo de águas precipitadas em determinadas áreas, os casos frequentes ocorrem devido à impermeabilização do terreno, que são locais de escoamento, acumulação e

infiltração natural das águas precipitadas (SANTANA; NASCIMENTO, 2019). O crescimento populacional e a expansão urbana, além de aumentarem a redução da impermeabilização do terreno, passa a ser um dos fatores determinantes na análise da qualidade ambiental urbana, tendo um valor expressivo nesta análise.

Os valores de referência para risco a alagamento são considerados baixos para uma área urbanizada e ainda pode ser relacionado como um indicador de qualidade ambiental urbana à Morrinhos. O resultado final indica a ponderação da inclinação do terreno, a cobertura vegetal e o comprimento de rampa, ou seja, o tamanho da cidade. Morrinhos é tida ainda como uma cidade de média a pequeno porte se comparado aos centros urbanos do Estado de Goiás.

O desnível altimétrico e declividade são os fatores predisponentes ao alagamento (susceptibilidade), e a impermeabilização das encostas e várzeas é o fator efetivo ao alagamento (vulnerabilidade).

No estudo feito por Ouma, Tateishi (2014), no município de Edoret no Quênia a partir do mapeamento de vulnerabilidade a alagamento, também pôde ser derivado o índice de risco de alagamento urbano como indicador do parâmetro. Ressaltando que os resultados são validados usando medições de altura de inundação, com uma diferença média mínima de -1 e uma diferença média máxima de +1 na altura de inundação observada nas diferentes áreas propensas à ocorrência.

Isso representa uma abordagem proativa para lidar com a probabilidade e as consequências das inundações nas cidades. Korah, López (2015) trouxeram estudo que buscou mapear áreas vulneráveis a inundações na cidade de Quetzaltenango, Guatemala, usando SIG. O estudo recomendou a recuperação da floresta através da arborização, entre outras como algumas estratégias de mitigação de enchentes (KORAH; LÓPEZ, 2015).

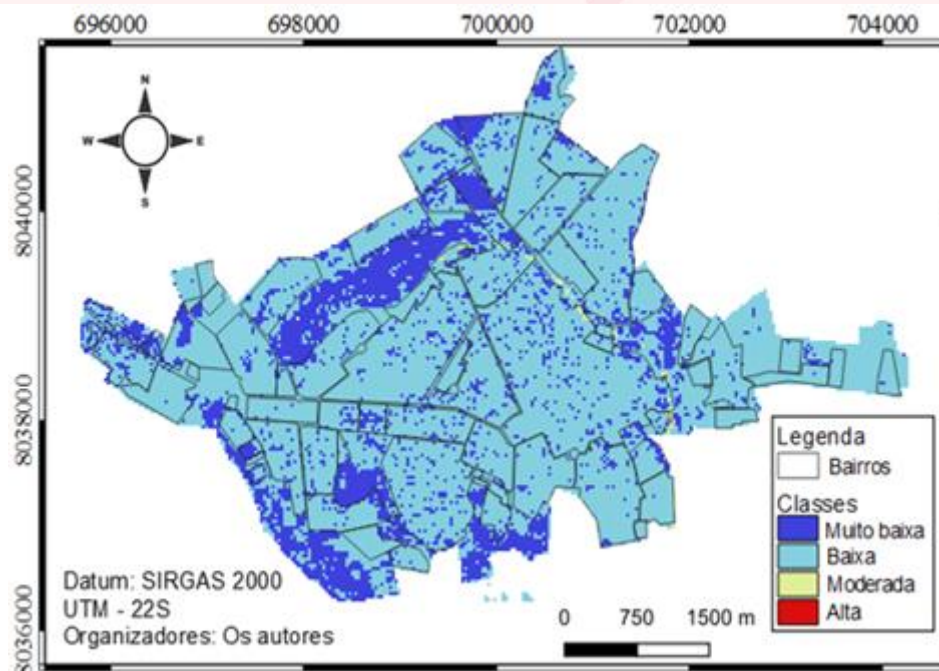


Figura 2. Mapa temático da Susceptibilidade ao alagamento para área urbana de Morrinhos - GO.

Considerações Finais

A susceptibilidade ao alagamento em Morrinhos é predominantemente nas classes de baixa (78%) e muita baixa (19%), enquanto a classe de alta foi de apenas 2,5% e muito alta menos de 1% da área urbana do município.

A baixa susceptibilidade ao alagamento está associado aos fatores de maior índice de cobertura verde urbana, média declividade do terreno e comprimento de rampa curto, sendo possível ainda possível associar que Morrinhos tem um porte de cidade média a pequeno.

O geoprocessamento permite identificar e mapear as áreas de maior risco ambiental, permitindo a tomada de decisão bem como suporte aos serviços de defesa civil e planejamento urbano para minimizar os riscos de desastres naturais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Goiás, campus sudoeste com sede em Quirinópolis, pelo incentivo e apoio a realização e divulgação científica.

Referências

AZUA, S., *et al.* Spatial Multi-Criteria Analysis for Mapping of Flood Vulnerable Areas in Fagge Local Government Area of Kano State, Nigeria. **FUTY Journal of the Environment**, v. 13, n. 1, p. 23–35, 2019.

BRASIL, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/morrinhos/panorama>. Acesso em: 04 abr. 2022.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, p. 1–5, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 04 abr. 2022.

EOS- VIEW. **Land Viewer**. Disponível em: <https://eos.com/products/landviewer/>. Acesso em: 15 dez. 2021.

ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. C. a Questão Ecológica Urbana E a Qualidade Ambiental Urbana. **Revista Geografar**, v. 10, n. 1, p. 26, 2015.

HU, X.; XU, H. A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China. **Ecological Indicators**, v. 89, n. August 2017, p. 11–21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.006>. Acesso em: 12 jul. 2022.

INPE. **INPE-TOPODATA**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 15 dez. 2021.

KORAH, P. I.; LÓPEZ, F. M. J. Mapping Flood Vulnerable Areas in Quetzaltenango, Guatemala using GIS. **Journal of Environmental and Earth Science**, v. 5, n. 6, p. 132–143, 2015.

MORRINHOS; GOIÁS. **Secretaria de obras e serviço público**. Disponível em: <https://morrinhos.go.gov.br/site/secretaria-de-obras-e-servicos-publicos/>. Acesso em: 17 jan. 2022.

OUMA, Y. O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. **Water (Switzerland)**, v. 6, n. 6, p. 1515–1545, 2014.

PIRES, É.; FERREIRA JR, L. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8**. p. 7421–7428, 2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 18 jan. 2022.

POPA, M. C. *et al.* Flood hazard mapping using the flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzau River catchment, Romania. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 10, 2019.

RINCÓN, D.; KHAN, U. T.; ARMENAKIS, C. Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater toronto area case study. **Geosciences (Switzerland)**, v. 8, n. 8, 2018.

SANTANA; K. E. S. NASCIMENTO; P. S. R. Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. **XIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe**. Mapeamento das áreas urbanas propensas a alagamentos no município de Lagarto (SE). n. 1998, p. 1–6, 2019.

SILVEIRA, S. J.; OLIVEIRA, F. H.; SCHUCH, F. S. Área verde mínima para loteamentos sustentáveis segundo o ciclo hidrológico minimum. **Arquitetura revista**,



v. 16, n. 1, p. 23–45, 2020.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWiFS Image to Crop Classification Accuracy. **Proceeding Pecora 17**, v. 17, n. 1, p. 1–11, 2008.

YAO, R. *et al.* An integrated study of urban microclimates in Chongqing, China: Historical weather data, transverse measurement and numerical simulation. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, n. 1, p. 187–199, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2014.09.007>. Acesso em: 20 dez. 2021.