



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, nº 1 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n1ID34910>



Evolução da mancha de inundação e de áreas edificadas em terrenos inundados na cidade de Guarapuava, Paraná

Evolution of the Flood Mark and Built-up Areas in Flooded Lands in the City of Guarapuava, Paraná

Fabiula Eurich Machado¹; Leandro Redin Vestena²

¹ Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Geografia, Guarapuava/PR, Brasil. Email: fabiuila.eurich@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2605-2605>

² Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Geografia, Guarapuava/PR, Brasil. Email: lvestena@unicentro.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6210-3094>

Resumo: Inundações são importantes eventos geradores de desastres no Brasil e na cidade de Guarapuava, região central do estado do Paraná. Nesse sentido, este trabalho teve objetivo investigar a distribuição espacial da área inundada na cidade de Guarapuava em períodos distintos, assim como avaliar as infraestruturas que seriam atingidas. Os procedimentos metodológicos consistiram em fotointerpretação a partir de imagens de satélite da infraestrutura urbana presente em 2014 e 2023 na área inundada e comparação geoespacial de mancha de inundação máxima mapeada antes e durante a ocorrência de evento extremo. Os resultados demonstram que mais da metade dos bairros de Guarapuava (61%) possuem áreas suscetíveis a inundação e que os bairros mais impermeabilizados, em termos de área construída na área sujeita a inundação, são Vila Bela, Industrial e Vila Carli. Assim como um aumento na infraestrutura urbana, em área sujeita a inundação, de terrenos construídos de 2014 a 2023, com destaque nos bairros Morro Alto, Jardim das Américas e São Cristóvão, com um aumento de 2.073%, 373% e 177%, respectivamente. Por fim, conclui-se ser emergente ações de disciplinamento do uso do solo urbano e estratégias de gestão de risco para a redução de desastres associados a eventos de inundação na cidade de Guarapuava.

Palavras-chave: Desastre; Impermeabilização; Drenagem urbana.

Abstract: Floods are significant disaster-causing events in Brazil and in the city of Guarapuava, located in the central region of the state of Paraná. In this regard, this study aimed to investigate the spatial distribution of the flooded area in Guarapuava during different periods, as well as to assess the infrastructures that would be affected. The methodological procedures involved photointerpretation based on satellite images of urban infrastructure present in 2014 and 2023 in the flooded area, and geospatial comparison of the maximum mapped flood extent before and during the occurrence of an extreme event. The results demonstrate that more than half of Guarapuava's neighborhoods (61%) have areas susceptible to flooding, and the most impermeable neighborhoods, in terms of built-up area in the flood-prone zone, are Vila Bela, Industrial, and Vila Carli. There is also an increase in urban infrastructure, in the flood-prone area, with built-up land from 2014 to 2023, notably in the neighborhoods of Morro Alto, Jardim das Américas, and São Cristóvão, with increases of 2,073%, 373%, and 177%, respectively. Finally, it is concluded that actions to regulate urban land use and implement risk management strategies for reduction of disasters associated with flooding events in the city of Guarapuava are urgently needed.

Keywords: Disaster; Waterproofing; Urban Drainage.

1. Introdução

Inundações são o perigo natural mais comum e os eventos que mais ocasionam perdas humanas e prejuízos econômicos no mundo (TEHRANY *et al.*, 2015; MIND'JE *et al.*, 2019). Em 2022, o Banco de Dados de Eventos de Emergência (EM-DAT) registrou 387 desastres no mundo, que ocasionaram 30.704 mortes, afetaram 185 milhões de pessoas e causaram aproximadamente US\$ 223,8 milhões em perdas econômicas. Os desastres associados a eventos de inundações predominaram com 176 destas ocorrências, acima da média de 168 ocorrências de desastres anuais de inundação registradas no período de 2001-2021 (CRED, 2022). Esses números podem ser maiores ainda, uma vez que nem todos os eventos são computados nos bancos de dados (presença de dados ausentes), dependendo da especificidade de cada região (JONES *et al.*, 2022).

No Brasil, segundo EM-DAT (2022), o principal evento gerador de desastre são as inundações. No país foram registrados no período entre 2000 e 2018, 65 desastres decorrentes de inundações, representando cerca de 71% dos desastres registrados e ocasionando 88% das mortes decorrentes de desastres. O evento de desastre com a maior incidência de óbitos no Brasil nesse período deu-se em função de uma inundação em 2011, 900 mortes.

Os desastres naturais podem ser acentuados pela ação antrópica inadequada (KOBAYAMA *et al.* 2006, VESTENA, 2017), a partir da forma de uso e ocupação do solo (STEHLI *et al.*, 2021) e as características físicas da bacia hidrográfica (KÖENE, 2013). Nesse sentido, a frequência das inundações se altera devido às modificações na bacia hidrográfica (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

A inundação em si é um fenômeno natural que pode ser definida como o aumento do nível de água dos rios além da sua vazão normal, de margens plenas, ocorrendo o transbordamento dessas para as áreas próximas a ele (KOBAYAMA *et al.*, 2006). Todavia, de acordo com Tucci (2007), as inundações que acontecem devido à urbanização não são um processo natural, uma vez que o efeito das alterações produzidas pelo homem no ambiente urbano as potencializam, como a impermeabilização das superfícies, a canalização dos rios e a obstruções dos canais.

As mudanças do uso do solo e o crescimento urbano, como a rápida urbanização, contribuem para os riscos de inundações, uma vez que o crescimento urbano altera o sistema natural e a dinâmica hidrológica, produzindo efeitos no sistema hídrico, no clima, no balanço hídrico da bacia hidrográfica urbana, na erosão e sedimentação da bacia e no leito dos rios, na qualidade da água, na biodiversidade e na população que ocupa áreas de perigo (TUCCI, 2007).

A urbanização aumenta a área de superfície impermeável, o que geralmente reduz o tempo de resposta hidrológica e, portanto, aumenta o risco de inundação, ou seja, a impermeabilização do solo cria maiores taxas de escoamento superficial e menores taxas de infiltração, além de reduzir o tempo necessário para atingir o pico de vazão do canal (FENG *et al.*, 2021), principalmente quando são construídos condutos e canais que aumentam a velocidade do escoamento (TUCCI, 2007) e conseqüentemente amplia as áreas ou manchas de inundações.

Conforme Tucci (2007), estima-se que uma pessoa, em média, impermeabilize uma área de 50m², o que tem um impacto significativo na dinâmica hidrológica urbana. Além disso, as inundações decorrentes da urbanização podem aumentar as vazões máximas em até 7 vezes, aumentando também sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização de superfícies (TUCCI e BERTONI, 2003).

Além da urbanização e as alterações no uso do solo, existem outros fatores que podem condicionar as inundações, mas que podem variar de região para região. Os fatores podem ser divididos em quatro grandes grupos, sendo topográficos, climáticos, hidrológicos e atividades humanas. Os fatores topográficos incluem elevação, inclinação do terreno, curvatura e orientação de vertente (GHOSH, *et al.*, 2022), os climáticos e hidrológicos incluem precipitação e drenagem (CHEN *et al.*, 2022) e as atividades humanas incluem mudanças no uso e cobertura do solo (TUCCI, 2007), distância dos assentamentos urbanos e distância até as ruas (VU *et al.*, 2023).

Assim como na maioria das cidades brasileiras, a cidade de Guarapuava já experimentou eventos adversos com chuvas intensas geradoras de inundações, principalmente na planície de inundação do rio Cascavel, como apontado por Binda e Bertotti (2008), Dias-Oliveira e Vestena (2013), Vestena *et al.* (2014), Dias-Oliveira e Vestena (2017) e Vestena *et al.* (2020). Esse problema se intensificou a partir da impermeabilização do solo e ocupações irregulares ao longo da planície de inundação do rio Cascavel (AMARAL e THOMAZ 2008; VESTENA e SCHMIDT, 2009; GOMES, 2012).

A partir desse exposto, este trabalho apresenta os resultados de estudo que teve como objetivo investigar a distribuição espacial da mancha de inundação na cidade de Guarapuava em períodos distintos, antes e após evento de desastre associado a inundação máxima registrada em 2014; assim como de identificar e avaliar as infraestruturas presentes na área de inundação em 2014 e em 2023 com potencial de serem atingidas. Esse trabalho se justifica uma vez que a cidade de Guarapuava é uma das cidades de porte médio e polo regional do estado do Paraná que mais apresentam danos com desastres associados à inundação.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se entre os paralelos 25° 26' 57" e 25° 18' 25" de latitude Sul e os meridianos 51° 35' 23" e 51° 22' 36" de longitude Oeste. A área urbana de Guarapuava (Figura 1) está situada sobre a bacia do rio Cascavel e compreende 75,2% (60,55 km²) da área da bacia hidrográfica.

De acordo com os dados do censo demográfico do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), residem em Guarapuava 182.093 habitantes. Conforme os dados do PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2010), Guarapuava apresenta o IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - de 0,731, classificado como alto.

A expansão da área urbana de Guarapuava deu-se, de acordo com Silva (1995), acelerada e desordenada, assim como na maioria das cidades brasileiras. Segundo Gomes e Vestena (2018), essa expansão territorial apresentou basicamente três fases distintas: i) até a década de 1960, quando a maioria (83,12%) dos habitantes do município residiam no campo e os equipamentos e serviços concentravam-se na área central da cidade; ii) de 1970 a 1990, com expansão horizontal e urbanização, sendo a década de 1970 o período em que ocorreu o maior aumento da mancha urbana de Guarapuava; iii) após 1990, houve um adensamento da área urbana por meio da ocupação de áreas já providas de infraestrutura. Guarapuava apresenta taxa de urbanização de aproximadamente 91% (GOMES e VESTENA, 2018). Conforme Dias-Oliveira e Vestena (2017), a expansão urbana de Guarapuava deu-se até 2010 basicamente em áreas drenadas pelo rio Cascavel.

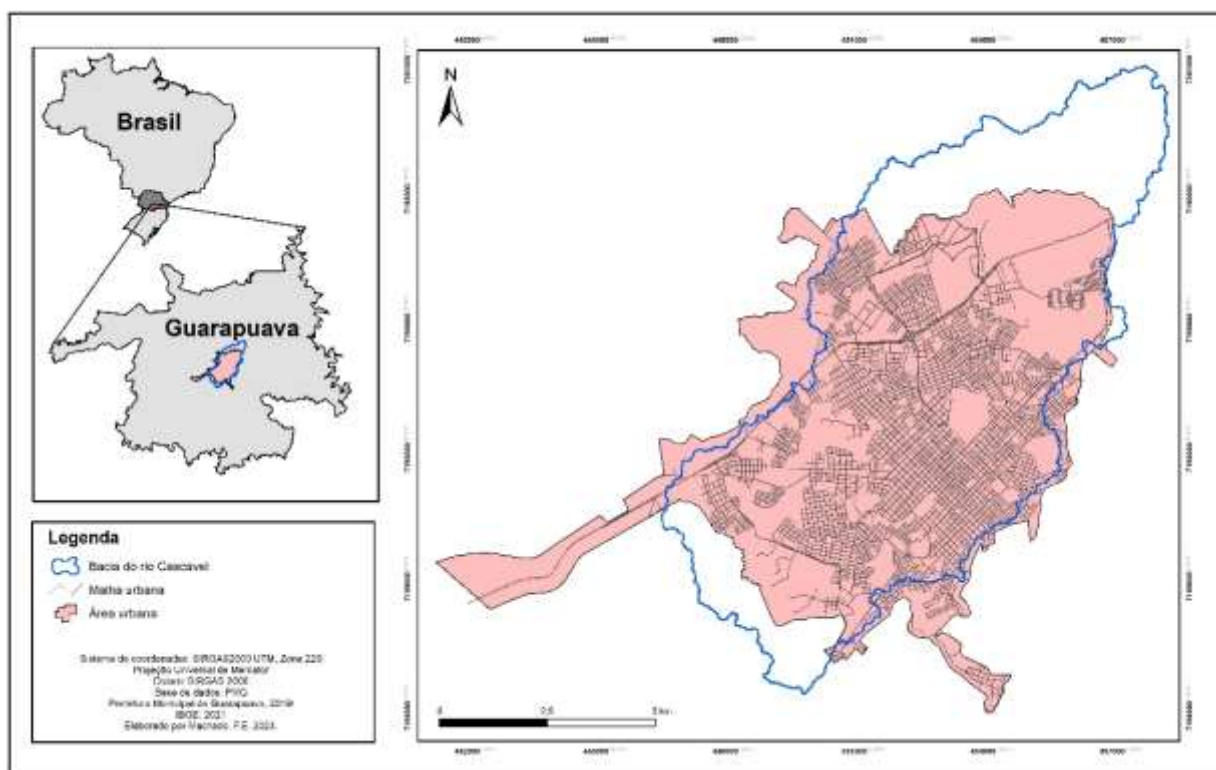


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Fonte: Autores (2023).

Considerando a classificação climática de Köppen-Geiger, a região está sob influência do clima tipo Cfb-Clima Temperado, com médias de 18°C no mês mais frio e com 22°C no mês mais quente, representando verões frescos e sem estação seca definida (CAVIGLIONE *et al.*, 2000; IAPAR, 2019). Thomaz e Vestena (2003) definem o clima da região como subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado e a precipitação anual

média de 1.960,93 mm. Na bacia do rio Cascavel percebe-se uma diminuição da pluviosidade nos meses de julho e agosto (STEHLI *et al.*, 2021).

2. 2 Materiais e métodos

Esse trabalho seguiu sucintamente três etapas: levantamento de dados e informações, análise e síntese. Na tabela 1 tem-se os dados utilizados e suas respectivas fontes.

Tabela 1 – Relação de dados/informações e suas fontes.

Dados	Descrição	Fonte
Mancha de inundação - evento 2014	Áreas efetivamente inundadas mapeadas.	Prefeitura Municipal de Guarapuava (PMG) (2016)
Mancha de inundação - antes do evento 2014	Áreas inundadas mapeadas a partir de cotas máximas levantadas por moradores locais.	Geffer e Vestena (2014)
Fotointerpretação ano de 2023 (data da imagem: 22/04/2023)	Áreas com presença de infraestrutura urbana	Imagem de satélite – <i>Plugin Qgis “HCMGIS-Google Satellite”</i> (2023)
Fotointerpretação ano de 2014 (data da imagem: 12/04/2014)	Áreas com presença de infraestrutura urbana	Imagem de satélite do Google <i>Earth</i> da série histórica (2014)

Fonte: Autores (2023).

Os procedimentos metodológicos seguiram a seguinte estrutura:

1. Fotointerpretação: para a identificação das construções¹ inseridas na mancha de inundação, utilizou-se o *software* QGIS versão 3.28.8 com o emprego do complemento HCMGIS. A partir deste *software*, foi possível identificar e especializar as construções na superfície terrestre, pois ele permite a inserção de imagens de satélite de alta resolução no plano de fundo do projeto. A fotointerpretação se deu da mesma maneira para a imagem de satélite datada de 2014 da série histórica do Google *Earth*. A fotointerpretação foi realizada a partir da experiência dos autores e pelo conhecimento prévio da área, por meio de fotointerpretação visual. Após esse procedimento foram calculadas as áreas para cada polígono.

A identificação das construções sobre a superfície terrestre deu-se por meio de interpretação visual por meio de detecção de telhados e edificações na imagem de satélite. As informações identificadas foram posteriormente validadas por meio de trabalhos de campo. Os tipos de construções encontradas foram residências, galpões de armazenamento, lojas comerciais, escolas e indústrias. Cabe ressaltar, que as infraestruturas urbanas, como ruas e calçadas, não foram mapeadas.

2. Elaboração de gráfico comparativo: para tabulação dos dados de área e elaboração do gráfico comparativo, utilizou-se planilhas do Excel do *software* Microsoft Office.

3. Comparativo entre duas manchas de inundação: a mancha efetiva de inundação foi adquirida com a Prefeitura Municipal de Guarapuava - PMG (2016), a qual foi mapeada depois do evento extremo de inundação em junho de 2014. A mancha de inundação “falada” foi coletada pelos autores Geffer e Vestena (2014) através de trabalhos de campo, por meio da coleta de pontos limites de inundação com GPS (*Global Positioning System*) e especialização da mancha de inundação, a partir da vivência dos moradores ao longo do curso fluvial do rio Cascavel. As informações foram colhidas a partir de entrevistas com moradores residentes no local por no mínimo dez anos. Os autores mapearam a área inundada antes do evento extremo de junho de 2014.

As etapas de comparação entre as manchas de inundação, com relação a sua área, através da plotagem de informações adquiridas, foram realizadas no *software* ArcGis versão 10.5. Nesse *software*, também foram realizados os *layouts* dos produtos cartográficos.

¹ As construções identificadas por fotointerpretação não foram classificadas nessa pesquisa quanto a seu tipo de uso.

3. Resultados e discussão

A figura 2 apresenta a área efetivamente inundada, mapeada pela Prefeitura Municipal de Guarapuava no evento extremo de inundação registrado na cidade em junho de 2014, com as construções inseridas dentro de seus limites, mapeadas em 2014 e 2023.

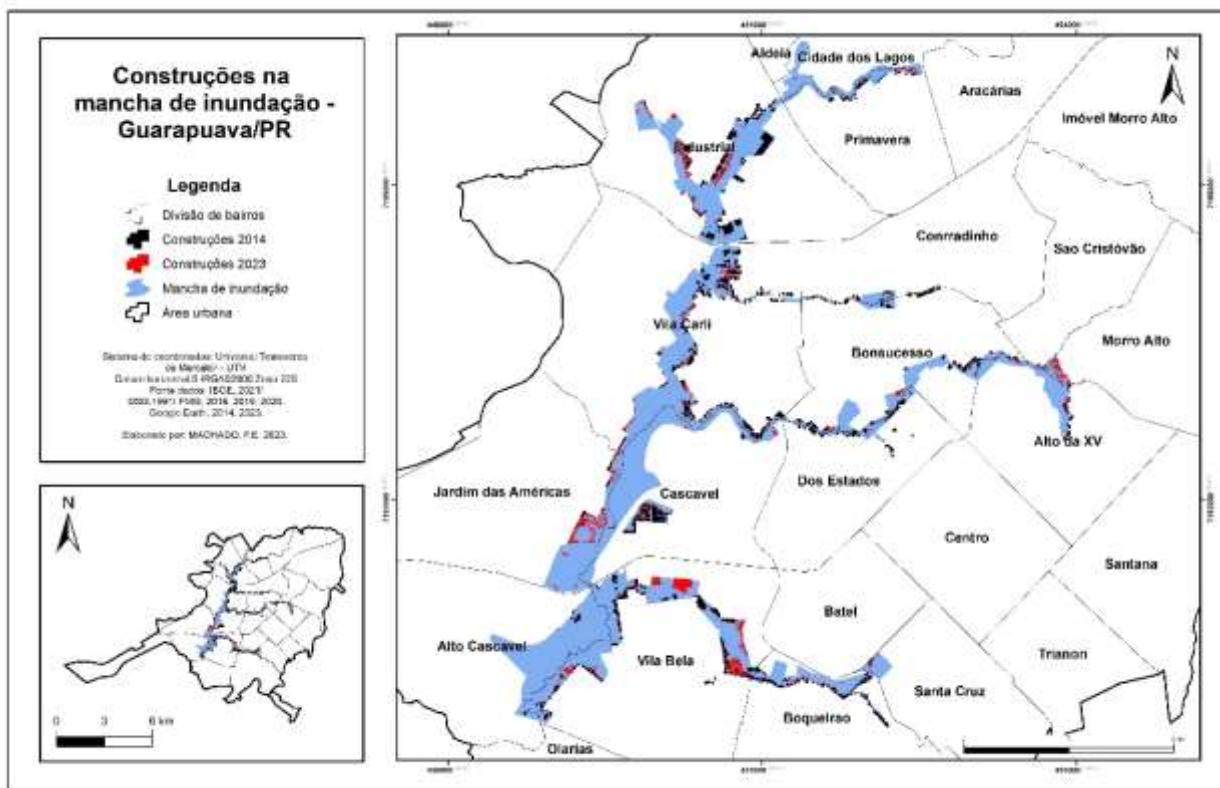


Figura 2 – Mancha de inundação e construções presentes na área em 2014 e 2013.

Fonte: Autores (2023).

A partir da fotointerpretação de imagens de satélite de 2014, foram identificados 1.234 objetos com diversos tamanhos (Figura 2). A soma total da área desses objetos correspondeu a uma área de 210.360 m², representando 5,4% da área total inundada no evento extremo. Já no mapeamento de 2023, foram identificados 2.179 objetos de diversos tamanhos, correspondendo a uma área de 310.512 m², representando 8% da área total da mancha de inundação. Isso representa um aumento de 100.152 m² na área construída entre os anos de 2014 e 2023 na área inundada em 2014. A figura 2 mostra que o crescimento de construções no período deu-se de forma diferenciada, ou seja, em pontos específicos, como na porção sul, norte e leste da área inundada.

Essa parcela construída do terreno remete dois problemas principais. O primeiro deles é a impermeabilização do solo dentro da área de inundação, uma vez que as construções conseqüentemente afetam a infiltração da água durante os eventos de precipitação e potencializam vazões máximas maiores e, conseqüentemente, uma expansão da mancha de inundação. Além disso, a área construída pode ser ainda maior, uma vez que nesta pesquisa não foram consideradas as infraestruturas básicas construídas ao longo da área afetada, como as ruas e rodovias, por exemplo. O segundo obstáculo é a potencialidade de dano durante e após um possível evento extremo. Os atuais 8% de área construída indicam que esse espaço é utilizado de alguma maneira, representando que as construções e as pessoas que utilizam esses espaços estão potencialmente susceptíveis a perigos e danos quando um evento de inundação ocorre, ou seja, estão em risco de desastre.

A área urbana de Guarapuava é constituída por 26 bairros. Do total de bairros, 16 bairros estão sobre a mancha de inundação mapeada pela Prefeitura Municipal de Guarapuava em 2014: São Cristóvão, Morro Alto, Conrado, Santa

Cruz, Primavera, Dos Estados, Cidade dos Lagos, Alto da XV, Boqueirão, Bonsucesso, Jardim das Américas, Alto Cascavel, Cascavel, Industrial, Vila Bela e Vila Carli.

Os bairros na área inundada com maiores áreas com edificações são Vila Bela, Industrial e Vila Carli, tanto no ano de 2014 quanto em 2023. Houve um aumento em 2023 das áreas com construções e impermeabilização em todos os bairros quando comparada com os dados de 2014. O bairro Vila Bela teve sua área construída aumentada de 37.984,57 m² em 2014 para 74.992,58 m² em 2023, representando um acréscimo de 37.008,01 m², sendo esse o bairro com o maior número de construções em área que inunda.

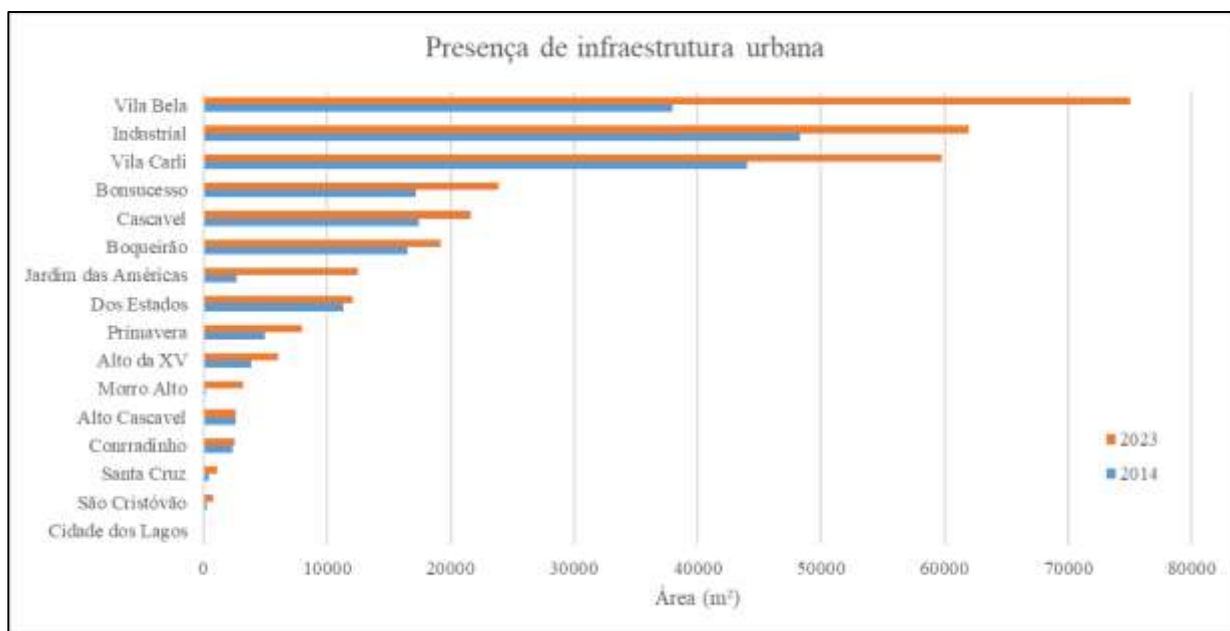


Figura 3 – Presença de infraestrutura urbana por bairro afetado, na mancha de inundação da BRC.

Fonte: Autores (2023).

Em relação à variação da área com presença de infraestrutura urbana, o bairro com o maior aumento de construções na mancha inundável foi o bairro Morro Alto, com um aumento de 2.073% de área construída, seguido dos bairros Jardim das Américas, São Cristóvão e Santa Cruz (Tabela 2). O bairro Alto Cascavel não teve variação na sua área construída no período, com predominância de áreas vegetadas.

Conforme a tabela 2, o bairro Cidade dos Lagos não apresentava nenhuma área construída no ano de 2014, devido ao fato de ser um bairro planejado que surgiu recentemente, visto que em 2014 a área correspondente era rural, sem qualquer construção. Este bairro está localizado na porção norte da área urbana, que anteriormente era utilizada apenas para o plantio de culturas agrícolas. Com a expansão da cidade nessa direção, observa-se um rápido aumento na urbanização, resultando principalmente na impermeabilização do solo. Consequentemente, durante eventos de pluviosidade, os picos de vazão máxima na bacia hidrográfica podem tornar-se mais rápidos, potencializando os eventos de inundação nas planícies do rio Cascavel.

Tabela 2 – Variação em porcentagem de construções na mancha de inundação por bairro de 2014 à 2023.

Bairro	Área (m ²) 2014	Área (m ²) 2023	Varição (%)
Morro Alto	148,34	3.223,71	2.073
Jardim das Américas	2.645,23	12.519,30	373
São Cristóvão	280,58	777,73	177
Santa Cruz	411,89	1112,00	170
Cidade dos Lagos	0,00	126,72	100

Vila Bela	37.984,57	74.992,58	97
Primavera	4986,42	7975,68	60
Alto da XV	3.869,80	6.013,87	55
Bonsucesso	17.151,60	23.859,27	39
Vila Carli	43.979,79	59.784,43	36
Industrial	48.303,69	61.973,75	28
Cascavel	17.423,97	21.608,06	24
Boqueirão	16.509,16	19.208,06	16
Conrradinho	2.342,01	2.505,69	7
Dos Estados	11.343,34	12.087,69	7
Alto Cascavel	2.570,30	2.570,30	0

Fonte: Autores (2023).

A tabela 3 apresenta as imagens de satélite da mancha de inundação dos anos de 2014 e 2023, nos três bairros com maior aumento de construções no período. Esse crescimento é mais evidente no bairro Jardim das Américas, onde se nota uma expansão e densificação de construções em algumas regiões na área inundada. Além do problema da impermeabilização dessas áreas, há também a questão do aumento populacional, o que significa que durante um evento extremo, mais pessoas estariam expostas ao perigo e, conseqüentemente, um maior número de afetados.

Tabela 3 – Imagem de satélite dos bairros com maior aumento de construções, período de 2014 a 2023.

Bairro	Ano 2014	Ano 2023
Morro Alto		
Jardim das Américas		



Fonte: Google Earth, 2014 e 2023; Autores (2023).

De acordo com os dados da PMG (2016), na cidade de Guarapuava existem três cotas altimétricas de inundação ao longo do rio Cascavel, sendo 1.013m, 1.014m e 1.016m, que estão dispostas dessa forma em função de diques que dificultam o fluxo da água em períodos chuvosos. A partir da análise dos dados do mapeamento, constatou-se que 40% das construções da mancha de inundação estão entre as cotas altimétricas de 1.007m e 1.016m (Figura 4), ou seja, em terrenos com altitudes inferiores às cotas máximas de inundação, o que representa um perigo de desastre em função de inundações periódicas.

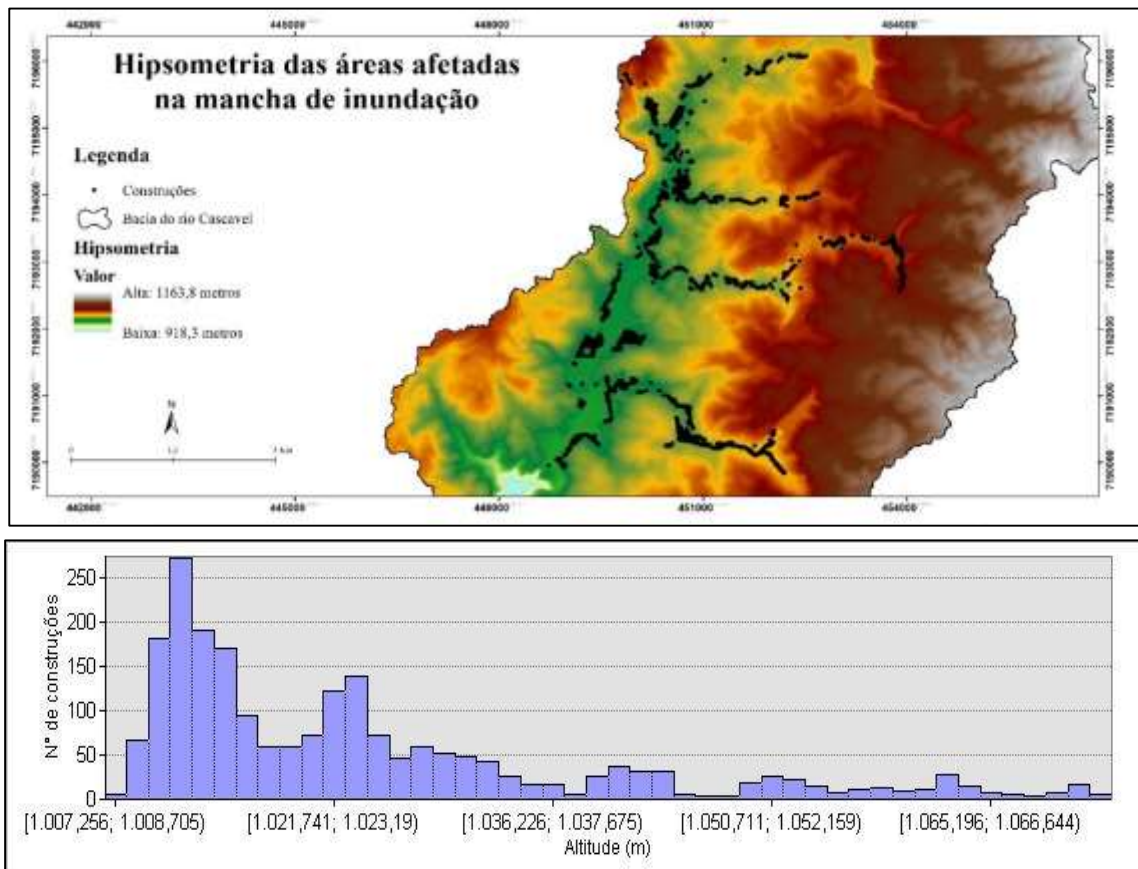


Figura 4 – Disposição espacial das construções e histograma de frequência de distribuição em relação a altitude. Fonte: Autores (2023).

Conforme o mapeamento deste trabalho, a cota altimétrica que apresenta o maior número de construções é a cota de 1.013m, com uma frequência de 272, representando aproximadamente 12% do total de construções mapeadas, seguidas das cotas 1.014 e 1.011 com 191 e 181 construções, respectivamente (Tabela 4). Nota-se que há uma maior frequência de construções em cotas inferiores às cotas máximas inundadas definidas pela PMG (2016).³⁴

Tabela 4 – Número de construções por cota altimétrica, dados mais representativos.

Cota (m)	Nº de construções	%*
1.013	272	12
1.014	191	8,7
1.011	181	8,3
1.015	170	7,8
1.024	139	6,3

*Fonte: Autores (2023). *Do total de construções.*

Ainda na figura 4, observa-se que as construções estão quase que em sua totalidade em fundos de vale correspondentes, nesse caso, à planície de inundação do rio Cascavel e seus afluentes, que, conforme Vestena *et al.* (2020), condiciona uma situação especial para o acúmulo de água durante eventos de precipitação. Essa condição ocorre devido a fatores topográficos, como o relevo, e conforme Costa e Miyazaki (2016), devido à compartimentação geomorfológica, onde as planícies sofrem processos naturais de enchentes e inundações.

Na área de inundação, foi identificada uma grande variedade de usos dos espaços, bem como diferentes formas de construção. Foram identificadas tanto instalações públicas, como por exemplo uma escola estadual (Figura 5), quanto instalações privadas (Figuras 6, 7 e 8). Com relação aos tipos de construções, foram identificadas em campo, casas de madeira, alvenaria, palafita e de pré-moldado.



*Figura 5 – Escola estadual.
Foto: Fabiula Eurich Machado (2023).*



*Figura 6 – Área de armazenagem de material reciclado.
Foto: Fabiula Eurich Machado (2023).*



Figura 7 – Casa de madeira.
Foto: Fabiula Eurich Machado (2023).



Figura 8 – Casa de alvenaria com dois pisos. Foto:
Fabiula Eurich Machado (2023).

A área de inundação oficial mapeada pela PMG é de 3,84 km². A figura 9 mostra que a mancha de inundação mapeada por Geffer e Vestena (2014) apresenta limites menores quando comparadas à área mapeada pela PMG. A área total da mancha mapeada pelos autores é 1,55 km², representando uma área de 2,29 km² menor que a mancha inundada em 2014. Cabe ressaltar, que os autores mapearam a mancha de inundação apenas nas áreas próximas ao rio Cascavel.

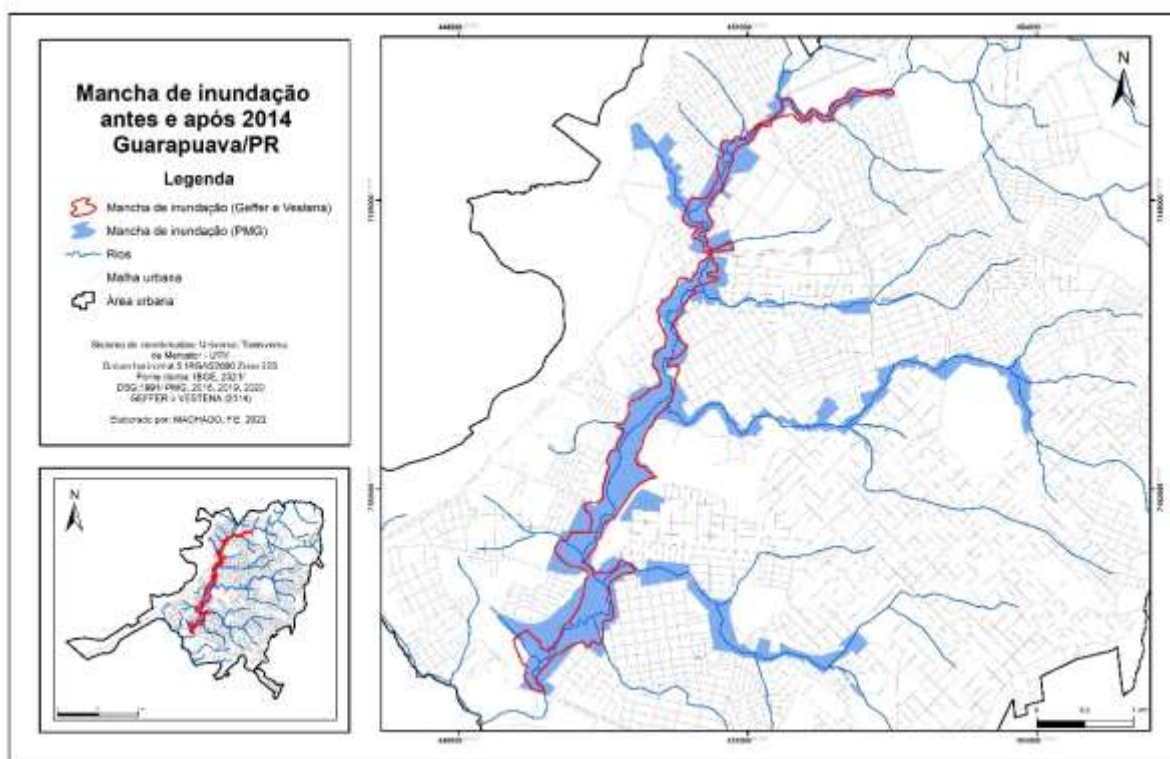


Figura 9 – Mancha de inundação antes e após o evento de 2014.
Fonte: Autores (2023).

Ainda em uma comparação entre as manchas de inundação da cidade (Figura 9), observa-se que a impermeabilização do solo causada pela dinâmica urbana pode ter potencializado o aumento da área inundada nas proximidades do rio Cascavel, uma vez que a impermeabilização pode aumentar as vazões máximas durante os eventos de pluviosidade. No entanto, também se percebe que em alguns locais que foram mapeados como inundados antes de 2014, não aparecem na mancha de inundação realizada após o evento de 2014, como pequenas porções ao sul, ao centro e ao norte da figura 9.

O evento de pluviosidade ocorrido em junho de 2014 foi o maior evento extremo gerador de desastre registrado na base de dados da Defesa Civil de Guarapuava desde o início dos monitoramentos (DEFESA CIVIL PARANÁ, 2023). As chuvas intensas, dos dias 06, 07, 08 e 09 de junho de 2014, tiveram acumulados significativos e afetaram pelo menos 167.562 pessoas (Figuras 10 e 11), resultando em três óbitos (DEFESA CIVIL PARANÁ, 2023).



Figura 10 – Inundação de 2014, Guarapuava-PR.
Foto: Leandro Redin Vestena (2014).



Figura 11 – Operação de resgate durante a inundação de 2014.
Foto: Leandro Redin Vestena (2014).

O município decretou Estado de Emergência devido aos danos ocorridos na cidade em junho de 2014. Segundo Castro (1998), a situação de emergência é reconhecida pelo poder público como provocada por desastres, que causam danos e prejuízos, implicando o comprometimento parcial da capacidade de resposta do poder público. No caso de Guarapuava, além dos afetados nas áreas inundadas, o sistema de abastecimento de água foi comprometido, uma vez que a estação de captação foi inundada e a captação teve de ser interrompida (SANEPAR, 2014). A produção de água tratada só foi retomada dois dias após o fim do evento (DEFESA CIVIL PARANÁ, 2014).

4. Considerações finais

A impermeabilização do solo é um fator importante quando se discute as mudanças na bacia hidrográfica e consequentemente o aumento do número de afetados durante e após a ocorrência de eventos extremos associados às inundações. O presente estudo mostrou que mais da metade dos bairros (61%) de Guarapuava possuem áreas que inundam.

A área da mancha efetiva de inundação do evento extremo de 2014, mapeada pela Prefeitura Municipal de Guarapuava apresenta um parâmetro de reconhecimento do perigo de inundação, isso significa que nesse espaço não é aconselhável a construção de edificações. Embora esse parâmetro seja significativo para o planejamento urbano, 8% dessa área apresenta construções de variados tamanhos. Os indivíduos que utilizam essas áreas estariam vulneráveis aos eventos de inundações. Além disso, o aumento de área impermeabilizada na bacia hidrográfica potencializa uma ampliação da mancha de inundação.

Os bairros mais impermeabilizados, em termos de área construída na área de inundação, são Vila Bela, Industrial e Vila Carli, tanto em 2014 quanto em 2023. No entanto, os bairros com a maior variação de área construída de 2014 a 2023 foram Morro Alto, com um aumento de 2.073%, Jardim das Américas, com um aumento de 373%, e São Cristóvão, com um aumento de 177%. Esses bairros já apresentavam problemas durante eventos de chuvas volumosas geradoras de inundações, o que indica que esse problema tende a se agravar, uma vez que a impermeabilização do solo nesses locais aumentou.

A evolução da mancha de inundação, no comparativo entre os dois mapeamentos realizados pela PMG e por Geffer e Vestena (2014) mostrou uma diferença nas áreas inundadas no entorno do rio Cascavel. Isso indica que a impermeabilização do solo urbano pode ter potencializado a inundação durante o evento extremo de 2014. A mancha de inundação mapeada por Geffer e Vestena (2014) é naturalmente menor em extensão do que a mapeada pela PMG (2014), uma vez que o mapeamento realizado pelos autores se restringiu apenas às áreas ribeirinhas do rio Cascavel.

Por fim, conclui-se ser emergente ações de disciplinamento do uso do solo urbano e estratégias de gestão de risco a desastres associados a eventos de inundação na cidade de Guarapuava.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro concedido e o Centro de Escrita, Revisão e Tradução Acadêmica (CERTA - www3.unicentro.br/centrodeescritaacademica) da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) pela assistência na revisão e tradução do texto para o inglês.

Referências

- AMARAL, A.A. do; THOMAZ, E.L. Identificação de áreas de alagamento na cidade de Guarapuava, Paraná: período de 1998-2006. In: GOMES, M.F.V.B.; HAURESKO, C.; BORTOLI, C. de. (Orgs.). *Cidade, cultura e ambiente sob a perspectiva geográfica*. Guarapuava: UNICENTRO, p. 181-202, 2008.
- Binda, A.L.; Bertotti, L.G. Mapeamento de características físicas do relevo da cidade de Guarapuava-PR utilizando técnicas de geoprocessamento. *Revista RA E GA*, Curitiba, n. 16, p. 167-182, 2008.
- Castro, A.L.C. *Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres*. 2ed. Revista e Ampliada. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998. 173p.
- Caviglione, J. H. *et al. Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000.
- Chen, Y.J.; Lin, H.J.; Liou, J.J. *et al.* Assessment of flood risk map under climate change RCP8. 5 scenarios in Taiwan. *Water* 14(2), p.207, 2022.
- Costa, H.R.O.; Miyazaki, L.C.P. Análise preliminar dos dados pluviométricos e caracterização das áreas de risco à enchente, inundação e alagamento na cidade de Capinópolis/MG. *Bol. geogr.*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 46-67, 2015.
- CRED. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. *Disaster in numbers 2022*. Disponível em: <https://www.emdat.be/publications>. Acesso em: 26/05/2023.
- DEFESA CIVIL PARANÁ. *SANEPAR – chuvas no Paraná*. 2014. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/SANEPAR-chuvas-no-Parana>. Acesso em: 06/10/2023.
- DEFESA CIVIL. *SISDC – Sistema de Defesa Civil relatório de ocorrências*. 2023. Disponível em: https://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp. Acesso em: 06/10/2023.
- Dias-Oliveira, E.; Vestena, L.R. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio cascavel, Guarapuava/PR. *Geoiंगा*: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 5, n. 2 , p. 27-47, 2013.
- Dias-Oliveira, E.; Vestena, L.R. Expansão Urbana e a Canalização de Trechos Fluviais: Estudo de Caso da Cidade de Guarapuava, PR. *Revista Perspectiva Geográfica-Campus Marechal Cândido Rondon*, v. 12, n. 16, p. 2-13, 2017.
- EM-DAT. The International Disasters Database. The EM-DAT Atlas. The Georeferenced Emergency Events Database (EM-DAT). Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). *Brazil*. Disponível em https://www.emdat.be/emdat_atlas/sub_html_pages/sub_html_BRA.html. Acesso em:15/11/2022.
- Feng, B.; Zhang, Y.; Bourke, R. Urbanization impacts on food risks based on urban growth data and coupled food models. *Natural Hazards*, v.106, p.613–627, 2021.

- Geffer, E.; Vestena, L. R.. Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações nos bairros Primavera e Industrial, Guarapuava-PR. In: *XXIII EAIC Encontro Anual de Iniciação Científica*, Londrina: Ed. UEL, v. 23. p. 1-4, 2014.
- Ghosh, S.; Saha, S.; Bera, B. Flood susceptibility zonation using advanced ensemble machine learning models within Himalayan foreland basin. *Natural Hazards Research* 2(4), p.363–374, 2022.
- Gomes, M.F.V.B. *Trajatória Ambiental de Guarapuava: leituras da paisagem*. Guarapuava: UNICENTRO, 2012. 270 p.
- Gomes, E.S.; Vestena, L.R. A Expansão da Mancha Urbana da Cidade de Guarapuava-PR, entre 1940 e 2016. *Geografia (Londrina)*, v. 27., n. 2., p. 163 – 183, abril/2018.
- IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. *Atlas Climático do estado do Paraná*. 2019. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 20/11/2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Guarapuava – IBGE Cidades*. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/guarapuava>. Acesso em: 20/11/2022.
- Kobiyama, M.; Mendonça, M.; Moreno, D.A. *et al. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.
- Köene, R. A relação entre as inundações e as características geomorfológicas da cidade de Rio Negro/PR. *Geografia Ensino & Pesquisa*, vol. 17, n. 3, set./dez. 2013.
- Jones, R.L.; Guha-Sapir, D.; Tubeuf, S. Human and economic impacts of natural disasters: can we trust the global data?. *Scientific data*. 9, 572, 2022.
- Madhuri, R.; Sarath Raja, Y.S.L.; Raju, K.S. Simulation-optimization framework in urban flood management for historic and climate change scenarios. *Journal of Water and Climate Change*, v.13, n.2, p.1007, 2022.
- Mind'je, R.; Li, L.; Amanambu, A. C. *et al.* Flood susceptibility modeling and hazard perception in Rwanda. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38, 101211, 2019.
- PMG. Prefeitura Municipal de Guarapuava. *Cota de inundação*. 2016. Disponível em: https://www.concidade.guarapuava.pr.gov.br/concidade/download/mapas/tematicos_gerais/tgpdf/69_COTA_DE_INUNDACAO.pdf. Acesso em: 02/11/2023.
- PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. *IDHM Municípios 2010*. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/idhm-munic%C3%ADpios-2010>. Acesso em 20/11/2022.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. *Chuvas fortes comprometem abastecimento em diversas cidades do Paraná*. 2014. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/noticias/chuvas-fortes-comprometem-abastecimento-em-diversas-cidades-do-parana>. Acesso em: 06/10/2023.
- SILVA, J.M. *Valorização fundiária e expansão urbana recente de Guarapuava-PR*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1995.
- Stehli, P. T.; Weber, J. F.; Vestena, L. R. Mapeamento dos bueiros na bacia do Rio Cascavel, cidade de Guarapuava, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.3, p. 30490-30508, 2021.
- Tehrany, M.S.; Pradhan, B.; Jebur, M.N. Flood susceptibility analysis and its verification using a novel ensemble support vector machine and frequency ratio method, *Stoch. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, v. 29, p.1149–1165, 2015.
- Thomaz, E. L.; Vestena, L. R. *Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR*. Guarapuava: UNICENTRO, 2003.
- Tucci, C.E.M.; Bertoni, J.C. *Inundações urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

-
- Tucci, C.E.M. *Inundações Urbanas*. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 393p.
- Vestena, L. R.; Schmidt, L. P. Algumas reflexões sobre a urbanização e os problemas socioambientais no centro centro-sul paranaense. *Acta Scientiarum, Human and Social Sciences*, Maringá, v. 31, n. 1, p. 67-73, 2009.
- Vestena, L.; Geffer, E.; Almeida, D. E. F. *et al.* Percepção ambiental sobre as causas das inundações, Guarapuava/PR: em busca da cidade resiliente. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v. 28, p. 280-294, 2014.
- Vestena, L. R. *Desnaturalização dos desastres: Em busca de comunidades resilientes*. Curitiba: CRV, 2017.
- Vestena, L. R.; Almeida, D. E. F.; Geffer, E.. Análise espacial e temporal da distribuição dos alagamentos e inundações na cidade de Guarapuava, Paraná. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24923-2494, 2020.
- Vu, V.T.; Nguyen, H.D.; Vu, P.L. *et al.* Predicting land use effects on flood susceptibility using machine learning and remote sensing in coastal Vietnam. *Water Practice & Technology*, Vol 18, No 6, 1543, 2023.