

Susceptibilidade a inundações na Região Norte Central do Estado do Paraná

~~~~~  
GILNEI MACHADO

~~~~~  
JHONATAN FURTADO DE GASPERI

~~~~~  
KELVIN SAYMON MAGALHÃES  
~~~~~

1 INTRODUÇÃO

Desde que o homem começou a se organizar em grupos sociais e a expandir seus domínios sobre as terras, ele vem enfrentando os reveses representados pelos fenômenos naturais, sejam esses extremos ou não. As inundações e enchentes são alguns desses fenômenos que demarcaram a história da humanidade.

Podem ser encontrados relatos e registros históricos de inundações e enchentes na região da Mesopotâmia, localizada entre os rios Tigre e Eufrates, ao longo do Rio Nilo, no Egito, no Rio Yangtzé e Amarelo, na China, e na região dos rios Ganges e Brahmaputra, na Índia.

A correlação da expansão do homem sobre a terra, com as inundações e enchentes, sempre foi positiva, uma vez que, ao longo de sua história, sempre buscou acesso mais fácil à água, representada pelos rios e lagos, e se alocar em terras planas e férteis para a realização dos cultivos agrícolas, simbolizadas pelas planícies de inundação.

As primeiras cidades criadas ao longo de nossa história não poderiam fugir a essa regra, localizando-se próximas ou mesmo às margens dos rios, como é o caso das cidades de Damasco (Rio Eufrates) e Jericó

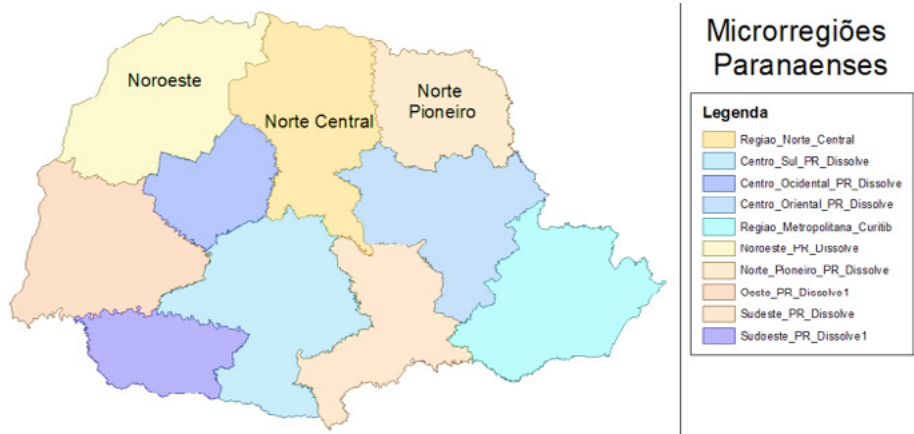
(Rio Jordão), que se configuram como algumas das mais antigas congregações urbanas, datando de aproximadamente 9.000 anos.

As inundações urbanas, ocorridas ao longo do tempo, chamam muito mais atenção que aquelas ocorridas nas zonas rurais, em razão do grande contingente populacional que é atingido por elas, gerando desabrigados e desalojados, como também perdas materiais e de vidas humanas. Dessa forma, podemos afirmar que as inundações e enchentes têm atingido cada vez mais pessoas, particularmente nos últimos dois séculos, quando as cidades passam a crescer cada vez mais e a se industrializar. Neste contexto cabem os exemplos das cidades brasileiras de São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Curitiba e Belo Horizonte.

A região Norte Paranaense, objeto de estudo desta pesquisa, tem sua história iniciada em meados do século XIX, com a criação do primeiro núcleo colonizador oficial em 1854, onde hoje fica a cidade de Jataizinho, às margens do Rio Tibagi. Política e economicamente falando, essa região se divide em Norte Pioneiro, Norte Central e Noroeste do Estado (Figura 1), e é justamente o Norte Central que receberá a atenção deste estudo, por ser nele que estão as duas cidades mais importantes da região, Maringá e Londrina.

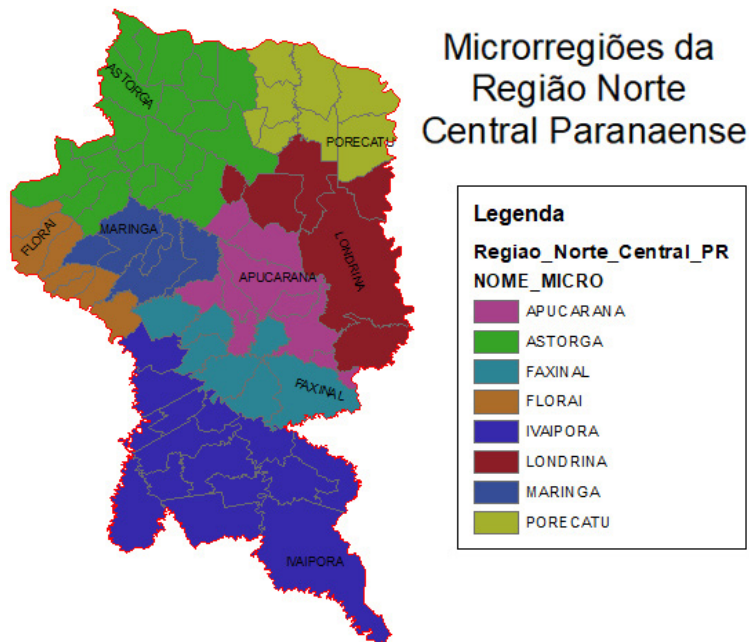
Tendo por base o exposto até o momento, cabe destacar que este capítulo tem por finalidade ou objetivo estudar a susceptibilidade ou possibilidade de ocorrência de inundações nos municípios que compõem a região Norte Central Paranaense (Figura 1), que é composta por 79 municípios que fazem parte das microrregiões de Astorga, Apucarana, Faxinal, Florai, Ivaiporã, Londrina, Maringá e Porecatu (Figura 2), que perfazem uma área total de 24.555.727 quilômetros quadrados.

Figura 1 – Localização da área de estudo



FONTE: construção dos autores (2022).

Figura 2 – Microrregiões da Região Norte Central Paranaense



FONTE: construção dos autores (2022).

2 BASE CONCEITUAL DA PESQUISA

Os sistemas fluviais atuam em constante harmonia com o seu entorno, pelo menos assim se configuravam antes da modificação humana na paisagem. Todo esse sistema é complexo, e as diversas transformações (mesmo que pequenas) em sua configuração acarretam desequilíbrios antes inexistentes. Essas mudanças na paisagem podem ser observadas tanto no meio rural quanto no meio urbano, sendo mais notoriamente observadas nas zonas urbanas, já que boa parte da população atualmente se encontra nesses locais.

O Brasil é um exemplo de país no qual a maior parte da população encontra-se nas áreas urbanas. Com base nos dados do Censo do IBGE de 2010, cerca de 84,36% da população brasileira mora nas áreas urbanas. No estado do Paraná esse valor é ainda maior, com 85,33%, dos indivíduos habitando as cidades. Essa grande concentração de pessoas em áreas relativamente pequenas contribui para ocasionar uma série de problemas de ordem socioambientais. Dentre esses, destacam-se os alagamentos, enxurradas, enchentes e inundações em diversas áreas dos núcleos urbanos.

O termo alagamento, segundo Licco e Dowell (2015), refere-se ao acúmulo de água das chuvas em determinados locais da superfície, onde o escoamento é dificultado por causa de barreiras físicas apresentadas na paisagem urbana. Importante destacar que os alagamentos ocorrem tanto em locais próximos dos rios quanto distantes deles, podendo ter ou não relação direta com eles.

As enchentes ocorrem quando a precipitação favorece o aumento do nível da água no canal de drenagem, ou seja, dentro das margens que delimitam o leito do rio ou córrego, porém sem que ocorra o extravasamento dessas águas para a planície de inundação. A ocorrência de enchentes é um fenômeno natural, e está presente em todos os rios quando

ocorrem chuvas intensas, somente afetando as populações urbanas ou rurais quando essas se instalam no chamado leito menor¹ do rio.

As inundações, por sua vez, podem ser definidas como o extravasamento das águas de um rio para o seu entorno, ou seja, para a planície de inundação, várzea ou leito maior².

Vacario e Machado (2019) descrevem as inundações como fenômenos recorrentes causados pelo extravasamento das águas fluviais para a área adjacente aos canais de drenagem, ou seja, as planícies de inundação.

Nos núcleos urbanos, as inundações têm como uma de suas causas a impermeabilização do solo, que impede a infiltração da água no terreno e, conseqüentemente, cria uma lâmina de água que ganha volume e força, e se desloca pelas galerias pluviais, chegando com rapidez aos corpos fluviais, gerando um aumento de vazão e, com isso, o transbordamento do seu leito natural.

Como dito anteriormente, as enchentes, as inundações e os alagamentos são eventos naturais, que sempre fizeram parte do sistema bacia hidrográfica, mas que estão se tornando cada vez mais constantes, já que todo o processo de modificação do espaço desestabiliza esse sistema, criando eventos com maiores intensidades e periodicidades, atingindo indivíduos que, de forma regular ou irregular, se instalam em locais susceptíveis às cheias e inundações dos rios.

Toda a população habitante das áreas próximas aos cursos d'água fica sujeita aos eventos de cheias e inundações, os quais são, cada vez mais comuns, particularmente nas áreas urbanizadas, onde a modificação do espaço se mostra mais presente. Isto, entretanto, não exclui a zona rural, pois

-
- 1 O leito menor ou calha é onde se encontra o rio no vale, compreendendo a área delimitada pelas margens do rio. Dependendo do volume de chuva precipitado, a água pode aumentar ou diminuir dentro do leito menor. A palavra cheia pode ser usada como sinônimo de enchente e se refere ao momento em que o rio está cheio de água, mas, ainda assim, dentro do leito menor.
 - 2 O leito maior, corresponde à área para onde ocorre o transbordamento das águas de um rio, podendo ser usado como sinônimo de planície de inundação. A ocupação do leito maior pelas águas de um rio também é um fenômeno natural.

as enchentes e inundações também ocorrem nessas áreas, o que demonstra a importância de uma pesquisa como esta que ora se apresenta.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O mapeamento das áreas susceptíveis à inundação na região Norte Central Paranaense foi realizado com base na metodologia de interpolação espacial de variáveis de quatro mapas temáticos, a saber: solos, uso e ocupação dos solos, declividade e hipsometria (relevo).

O processo de interpolação é realizado por meio dos cruzamentos dos mapas utilizando a ferramenta de álgebra para dados matriciais, disponível no *ArcGIS 10.5 for Student*.

Para que tal procedimento seja aplicado é preciso ter por base o Processo de Análise Hierárquico ou *Analytic Hierarchy Process – AHP*, proposto por Saaty (1974), que consiste em estabelecer pesos estatísticos para cada uma das variáveis ou fatores ambientais analisados.

Com a atribuição dos pesos às variáveis ou fatores ambientais, elas passam a ser representadas na forma de matriz, onde linhas e colunas são componentes do sistema. Essa é a matriz de comparação par a par, matriz dominante ou matriz de decisão (Saaty, 1977).

A escala de valores criada por Saaty (1977) varia de 1 (igual importância) a 9 (importância absoluta) (Quadro 1), podendo os elementos da matriz serem facilmente julgados de acordo com o seu grau de importância. Cada peso indica o quanto as variáveis são mais (ou menos) importantes em relação às outras variáveis. Quando uma variável é comparada consigo mesma, o único resultado possível é 1 (um), pois a importância é igual.

Os resultados obtidos por meio dessa metodologia proposta por Saaty (1977) são aplicados em uma fórmula que calcula aquilo que chamamos de razão de consistência (RC), a qual chamamos matriz de consistência. Quanto maior for o valor de RC encontrado, maior será a

inconsistência. Desta forma, para que a matriz seja considerada consistente, RC deve apresentar valor nulo.

A manipulação de valores ou pesos é subjetiva e não corresponde à realidade, por isso os resultados obtidos por meio desse procedimento devem ser encarados com certa restrição, e apenas como forma de alerta para a tomada de decisões.

Quadro 1 – Escala Fundamental de Saaty (1977)

Importância	Definição	Explicação
1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância Pequena	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância Grande ou Essencial	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância Muito Grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra
9	Importância Absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando há uma condição de compromisso entre as duas definições

FONTE: adaptado de Saaty (1977).

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 OS FATORES AMBIENTAIS UTILIZADOS

Para a determinação das manchas de inundação da área relativa ao Norte Central Paranaense, com a utilização do método ou Processo de Análise Hierárquico, foram adotados quatro fatores ambientais como base, a saber:

- 1) Declividade;
- 2) Hipsometria ou Altimetria;
- 3) Classes de Solo;
- 4) Uso e Ocupação dos Solos.

A Declividade foi obtida de uma imagem SRTM da região, disponibilizada pela EMBRAPA no seu site “Brasil em Relevo”³, a qual foi recortada e redefinida com o *pixel* de 5m, utilizando as seguintes classes, graus de susceptibilidade e pesos expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Fator Declividade, grau de susceptibilidade às classes e pesos

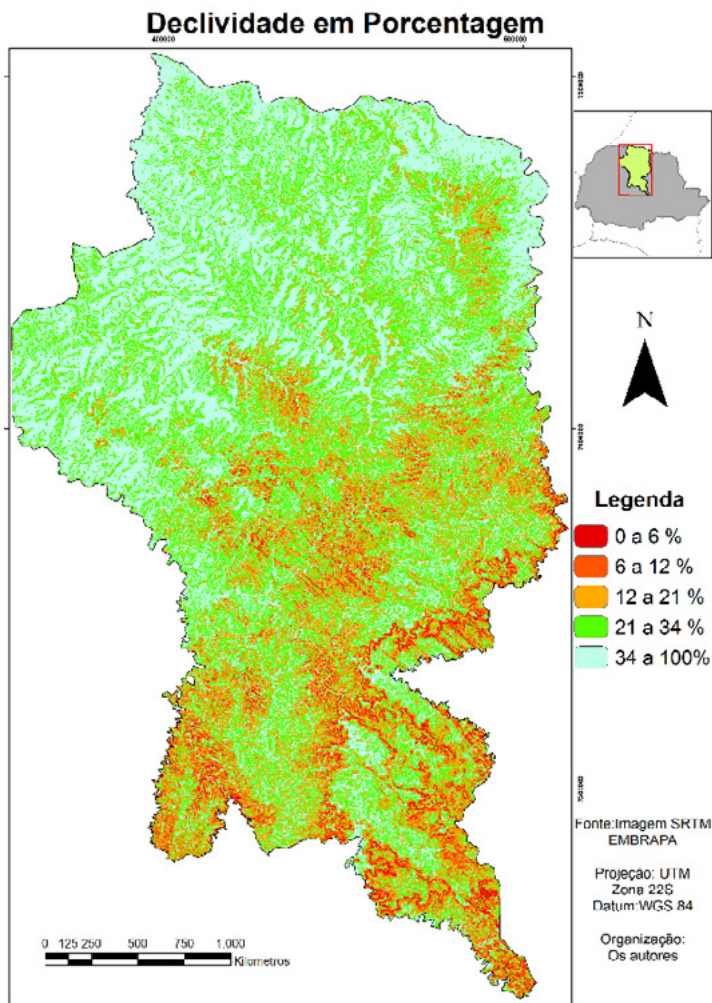
Fator: Classe de Declividade		
Classe Declividade em %	Grau de Suscetibilidade	Peso do Fator
0 – 6	9	3
6 – 12	8	
12 – 21	5	
21 – 34	2	
34 – 100	1	

FONTE: construção dos autores (2022).

Como resultado do mapa elaborado com base nesse fator, tem-se a Figura 3, que mostra a existência de relevos mais acidentados na parte central, leste e sul da área estudada, e áreas mais planas ou suavemente onduladas ao norte e oeste. A fim de melhor categorizar a declividade, escolheu-se dividir a área em cinco classes, variando de 0 a 100% de declividade.

³ Imagens disponíveis em Embrapa. **Brasil em Relevo**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>. Acesso em 20 ago. 2022.

Figura 3 – Mapa do Fator Altimetria ou Hipsometria

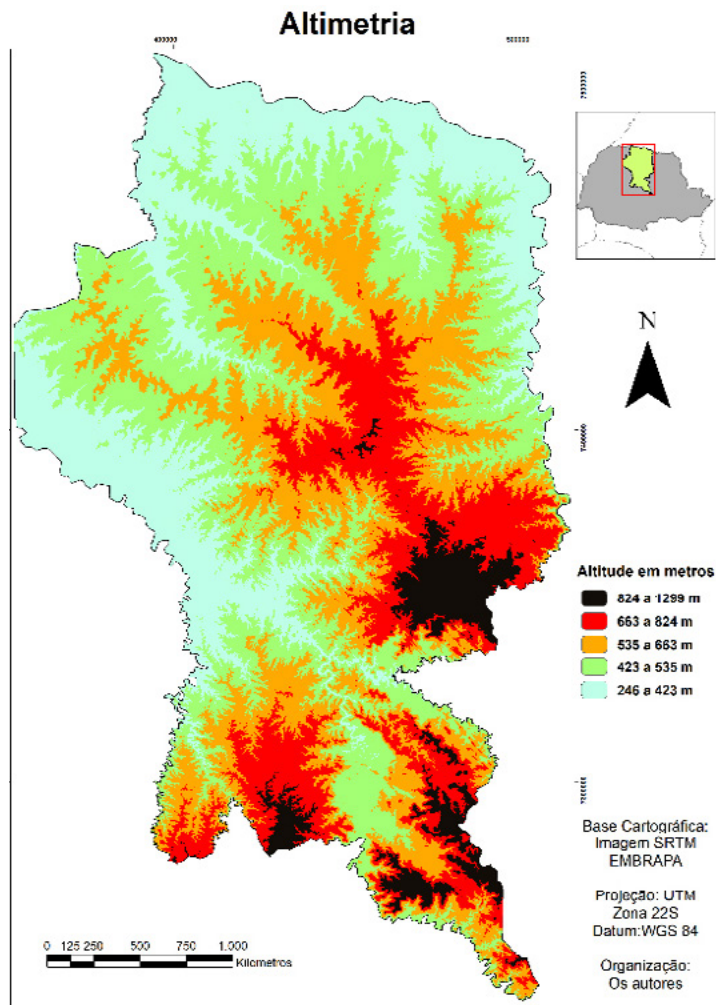


FONTE: construção dos autores (2022).

O Fator Hipsometria ou Altimetria (Figura 4) também foi obtido por meio da imagem de radar disponível no site “Brasil em Relevo” da EMBRAPA, e por intermédio dela as classes altimétricas foram interpretadas e levantadas, visando representar as classes que são mais pertinentes aos estudos de

inundação na área analisada. Desta forma, foram determinadas também cinco classes de cotas altimétricas e seus respectivos graus de susceptibilidade e os pesos atribuídos, conforme Figura 4 e Tabela 2.

Figura 4 – Mapa do Fator Altimetria ou Hipsometria



FONTE: construção dos autores (2022).

Tabela 2 – Fator Altimetria, grau de susceptibilidade às classes e pesos

Fator: Altimetria		
Altimetria	Grau de Suscetibilidade	Peso
246 - 423	9	7
423 - 535	7	
535 - 663	5	
663 - 824	3	
824 - 1.299	1	

FORNTE: construção dos autores (2022).

Assim como no mapa de declividade (Figura 3), como resultado do mapa de hipsometria elaborado, tem-se a Figura 4, que mostra a existência de relevos mais elevados na parte central e sul da região estudada, e áreas menos elevadas ao norte, leste e oeste.

O mapeamento do Fator Solo ou Classes de Solo foi realizado tendo por base um estudo realizado pela EMBRAPA no ano de 2006, o qual permitiu identificar cinco classes de solos. Vale destacar que existem outras classes de solo na região, além dessas cinco, mas que estas últimas foram escolhidas em razão da escala de análise utilizada. Entre as classes existentes na área recebem destaque os Argissolos, os Gleissolos, os Latossolos, os Neossolos e os Nitossolos. A Tabela 3 apresenta as classes de Solo, os seus graus de susceptibilidade e os pesos a eles atribuídos.

Tabela 3 – Fator Classe de Solo, grau de susceptibilidade às classes e pesos

Fator: Classe de Solos		
Classe de Solos	Grau de Suscetibilidade	Peso
Argissolo	3	1
Latossolo	1	
Neossolo	5	
Nitossolo	7	
Gleissolo	9	

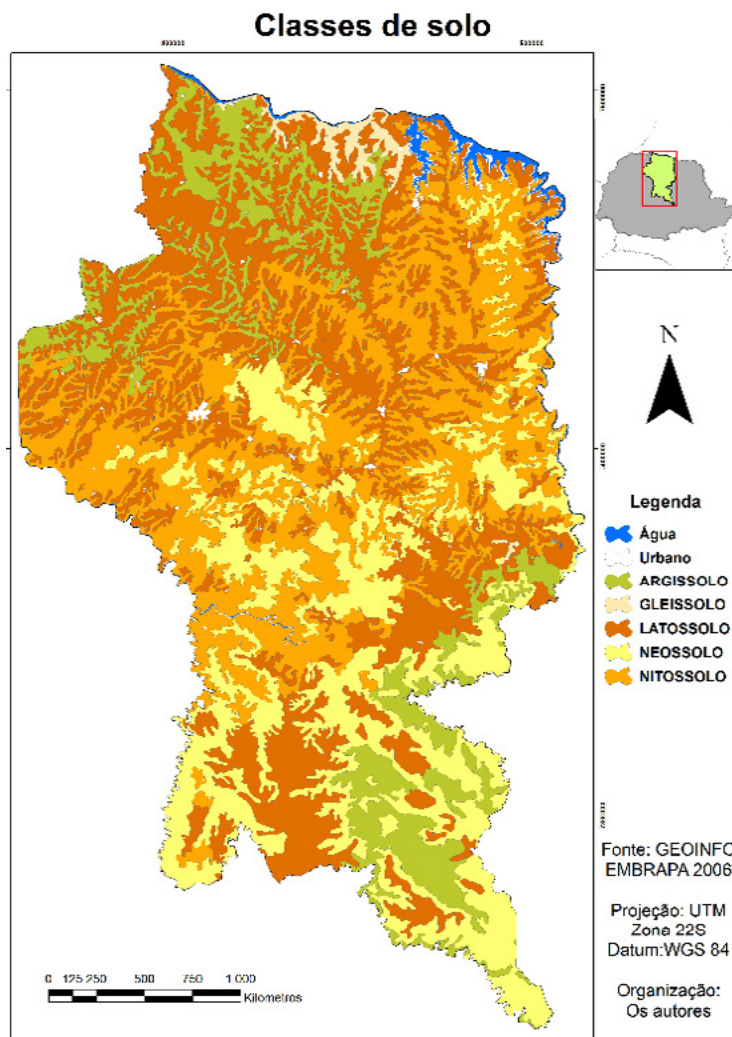
FONTE: construção dos autores (2022).

Merecem destaque, na área analisada, a presença dos Latossolos, nas áreas mais planas, dos Neossolos e Nitossolos, nas áreas mais acidentadas e dos Gleissolos nas áreas próximas aos grandes rios (Figura 5).

O mapeamento do Fator Uso e Cobertura da Terra foi adquirido por meio de imagem em formato GEOTIFF gerada pela ESRI⁴ e disponibilizada em seu *site* por meio do projeto *ESRI Land Cover* (Karra *et al.*, 2021), que é um projeto de mapeamento global da superfície. A imagem processada pela ESRI para a elaboração deste mapa apresenta 10 metros de resolução e foi imageada por meio do satélite *Sentinel 2* no ano de 2021.

4 Disponível em <https://www.arcgis.com/home/index.html>

Figura 5 – Mapa do Fator Altimetria ou Hipsometria

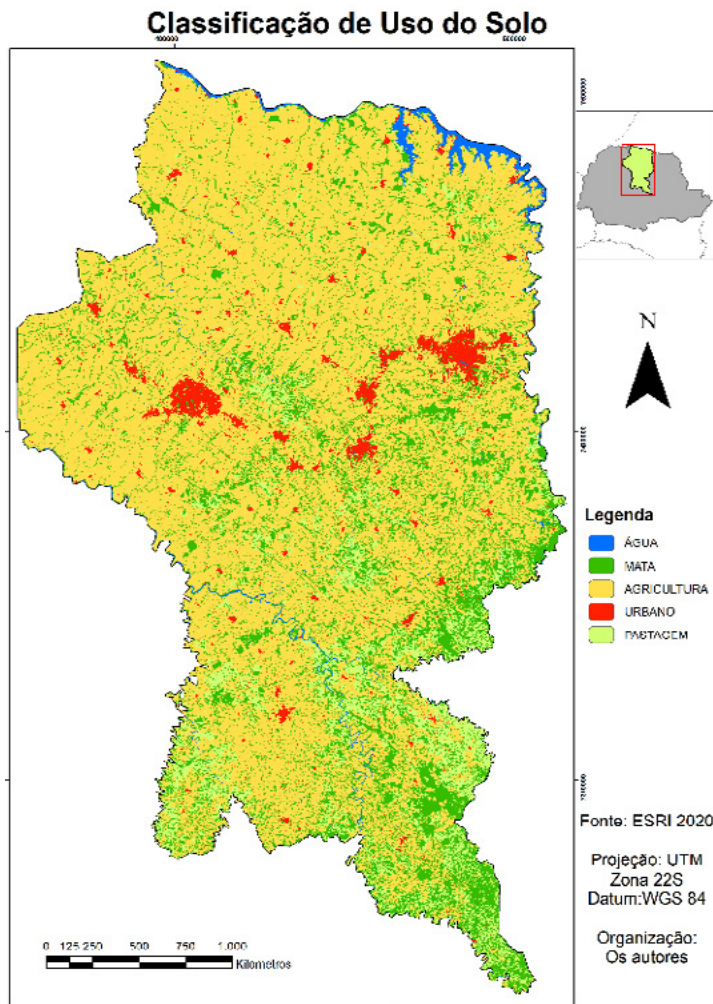


FONTE: construção dos autores (2022).

A ESRI se utilizou de dez classes de uso no mapeamento global realizado, entretanto, para a área de estudo deste capítulo, em razão da escala trabalhada, foram identificadas apenas cinco classes. Desse modo,

as classes foram agrupadas nas seguintes categorias: corpos d'água, uso urbano, pastagem, agricultura e mata, conforme Tabela 4 e Figura 6. Para cada um desses usos foi estabelecido o grau de susceptibilidade à inundação e o peso para o fator (Tabela 4).

Figura 6 – Mapa do Fator Classes de Uso do Solo



FONTE: construção dos autores (2022).

Tabela 4 – Fator Classe de Uso do Solo, grau de susceptibilidade às classes e pesos

Fator: Classe de Uso do Solo		
Uso do Solo	Grau de Suscetibilidade	Peso
Corpos D'água	10	5
Urbano	9	
Pastagem	8	
Agricultura	7	
Mata	1	

FONTE: construção dos autores (2022).

4.2 MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE OS FATORES

O mapeamento das áreas susceptíveis à inundação baseia-se na interpolação espacial das variáveis dos quatro mapas temáticos ou fatores analisados. Tal processo ocorre por meio dos cruzamentos dos produtos utilizando a ferramenta de álgebra para dados matriciais do ArcGIS 10.5 *for Student*.

Após a fase de mapeamento dos fatores utilizados (Figuras 3 a 6), foi realizado o processo de cálculo de matriz de comparação par a par, procurando identificar qual dos fatores ou variáveis mais contribui com a ocorrência de inundações, utilizando para isso a escala fundamental de Saaty (1977), como mostra a Tabela 5.

Com base na escala de comparadores, utilizaram-se os fatores de maior importância, chegando ao resultado que pode ser observado na Tabela 5. Quando um fator é confrontado com ele mesmo, o único resultado possível é 1, pois apresenta igual importância, resultando assim os valores inteiros (*) de relevância para o mapeamento.

Tabela 5 – Matriz de comparação pareada

	Solo	Declividade	Uso do solo	Altimetria
Solo	1*	1/3	1/5	1/7
Declividade	3*	1*	1/3	1/5
Uso do solo	5*	3*	1*	1/3
Altimetria	7*	5*	3*	1*

FONTE: construção dos autores (2022).

*Valores de importância relativa de interesse para o modelo.

De posse dos valores de importância relativa, pôde-se determinar os pesos estatísticos para cada fator, dividindo cada elemento pela somatória dos elementos da coluna a que ele pertence e fazendo-se uma média entre as colunas, determinando assim cada peso (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores dos coeficientes x1, x2, x3 e x4 – Pesos Estatísticos

	Solo	Declividade	Uso do solo	Altimetria	Peso-wi
Solo	0,0625	0,0357	0,0441	0,0852	0,0569
Declividade	0,1875	0,1075	0,0735	0,1193	0,1220
Uso do solo	0,3125	0,3214	0,2206	0,1988	0,2633
Altimetria	0,4375	0,5357	0,6618	0,5966	0,5579

FONTE: construção dos autores (2022).

A determinação dos pesos estatísticos pode ser realizada por meio do ArcMap 10.5 *for Student*, com base na reclassificação de cada mapa temático ou fator ambiental utilizado. Essa etapa contribuirá para a realização da combinação linear ponderada, que consiste em multiplicar cada mapa pelo seu peso e somar com todos os demais mapas (e pesos) na calculadora *raster (Raster Calculator)* do ArcMap 10.5.

A equação da RC ou Razão de Consistência, que a partir de agora será chamada de Suscetibilidade à Inundação (SI), deve ter seus valores embasados na Tabela 6. Os pesos estatísticos variam de 0 a 1.

$$RC = (X1 * Mapa1) + (X2 * Mapa2) + (X3 * Mapa3) + (X4 * Mapa4)$$



$$SI = (X1 \times \text{Mapa_Declividade}) + (X2 \times \text{Mapa_Altitude}) + (X3 \times \text{Mapa_Solo}) + (X4 \times \text{Mapa_Uso}) + (Xn \dots)$$

Onde:

- » SI é a Suscetibilidade a Inundação;
- » X1, X2, X1, X4 E Xn são os pesos obtidos previamente, tantos quantos forem os fatores utilizados (Tabela 6);
- » Mapa Declividade (etc.): são os valores do *pixel* do dado matricial (mapas gerados), objeto do cálculo.

Com o cruzamento dos mapas relativos aos fatores, o valor resultante de cada *pixel* é armazenado em um novo arquivo *raster*, onde é dada a Suscetibilidade à Inundação. Essas células contêm valores entre 0 e 10 e apresentam uma escala de menor a maior susceptibilidade às inundações, sendo 0 a menor e 10 a maior susceptibilidade. Os dados obtidos através do cruzamento foram reclassificados em sete classes, mediante uma adaptação da escala proposta de Silva e Zaidan (2004), conforme especificação no Quadro 2.

As áreas com maior suscetibilidade de inundação (Figura 7) localizam-se na zona oeste, norte e nordeste da região, destacando-se pelo fato de margearem os principais rios aí encontrados.


Destacam-se também os municípios de Sertanópolis, Primeiro de Maio, Alvorada do Sul, Itaguajé, Ubaúna, São Pedro do Ivaí, Santa Luzia

da Alvorada, Marisa, Floresta, Ivatuba, Doutor Camargo, com susceptibilidade extremamente alta (Figura 7).


Verifica-se também no mapeamento, na zona noroeste, uma parte do médio curso do Rio Pirapó e seus afluentes, na porção mais próxima ao desemboque neste, como apresentando susceptibilidade Alta a Extremamente Alta, diferentemente de seu baixo curso. Da mesma forma, um trecho do Rio Bandeirantes do Norte (em Rolândia) em que parte do médio curso apresenta características similares.

Quadro 2 – Classes de Risco de Inundação

Susceptibilidade	Classes de Riscos de Inundação	Susceptibilidade
	1) Extremamente baixa	
	2) Baixa	
	3) Média baixa	Menos Susceptível
	4) Média	
	5) Média Alta	
	6) Alta	
	7) Extremamente Alta	



Mais Susceptível



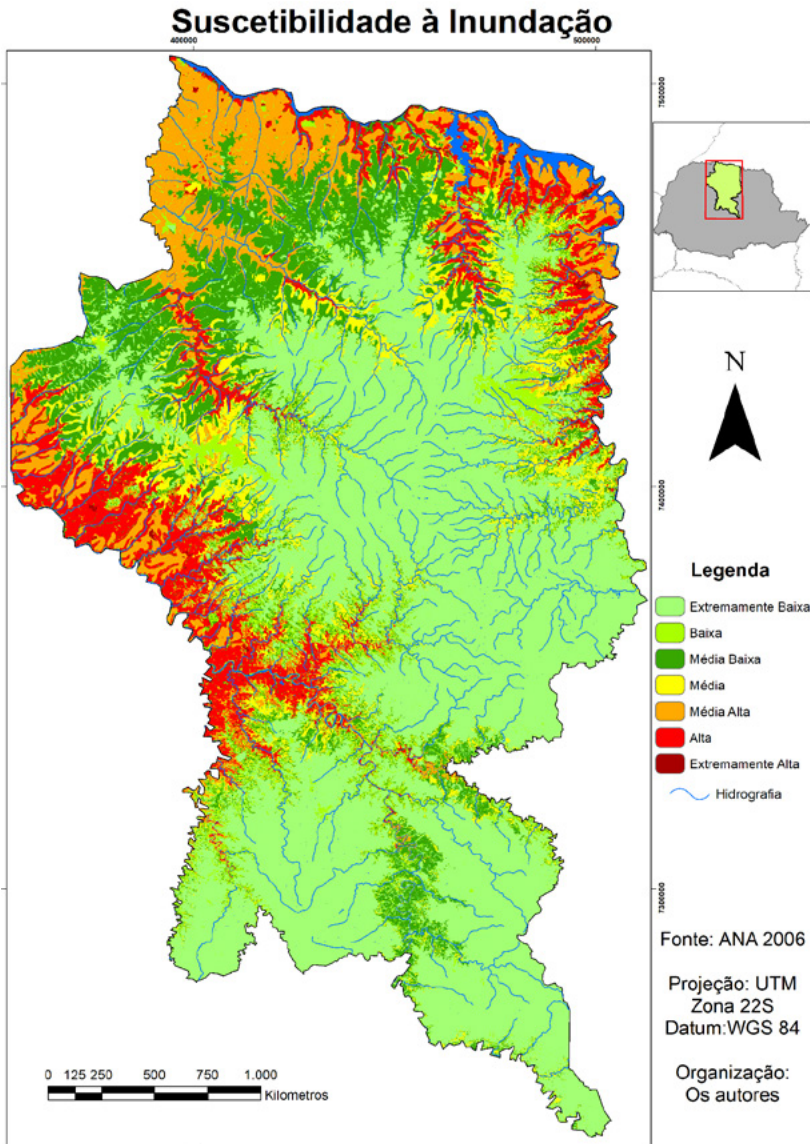
FONTE: adaptado de Silva & Zaidan (2004).

As áreas que apresentam susceptibilidade extremamente alta e alta (Figura 7) a inundações estão localizadas invariavelmente em relevos de baixas altitudes (entre 246 e 423 m), e majoritariamente em relevos planos e não muito declivosos (até 12%), visto que a menor declividade confere às áreas diminuição da capacidade de escoamento da água por consequência do maior tempo de retenção e acúmulo. E quanto maior a altitude e declividade, menos suscetível é a área à ocorrência de inundações (Kang *et al.*, 2013).

As áreas classificadas como extremamente altas (Figura 7) representam um grave problema relacionado a perdas humanas, e danos estruturais e materiais, na possibilidade de ocorrência de eventos extremos de precipitação. Sendo assim, esta pesquisa se propõe a servir como base para gestão territorial e ambiental, na orientação da não construção nas áreas de risco a inundações identificadas.

As maiores concentrações de locais susceptíveis às inundações (Figura 7) estão, como se poderia esperar, às margens dos canais de drenagem (rios), visto que o escoamento superficial difuso, ao convergir e concentrar-se nos canais fluviais, acumula o volume de água no sentido do exutório e implica a maior fragilidade das áreas adjacentes a esses canais (Caldas, 2015).

Figura 7 – Mapa de susceptibilidade a Inundação da Área Norte Central Paranaense



FONTE: construção dos autores (2022).

Uma análise mais detalhada do mapa de susceptibilidade a inundações da área de estudo permitiu verificar a importância da cobertura vegetal, particularmente arbórea, na ocorrência dos eventos. Em muitas áreas do terreno onde o uso do solo apresenta vegetação arbórea e matas ciliares, o grau de susceptibilidade a inundação diminuiu. Isto porque em áreas florestadas os solos tornam-se mais friáveis e bem estruturados em razão do acúmulo de matéria orgânica oriunda da floresta, tornando esses solos mais permeáveis e drenados, permitindo uma maior infiltração e menor acúmulo de água superficial (Oliveira; Saldanha; Guasselli, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta metodológica de identificação das áreas susceptíveis a inundação assistida pelo Método de Análise Hierárquica, empregado neste capítulo, se mostrou muito relevante para o estudo proposto, mas um tanto quanto complexa e de difícil aplicação, por envolver inúmeras variáveis.

A área estudada apresenta um total de 79 municípios distribuídos em 7 microrregiões e uma área total de 24.555.727 quilômetros quadrados. A princípio é possível imaginar que, devido ao seu tamanho, seria difícil de empregar a metodologia AHP, mas verificou-se o contrário, que para áreas maiores a metodologia se mostra adequada. Já para áreas menores, talvez ela não se mostre aplicável, por causa da pouca variação nos fatores ambientais que são levados em consideração.

Os fatores ambientais ou variáveis utilizadas também se mostraram adequadas à análise realizada. Poder-se-ia ter optado por utilizar qualquer variável ou quantas variáveis fossem consideradas necessárias, mas os Solos, Uso do Solo, Declividade e Hipsometria atenderam perfeitamente a necessidade e ofereceram um resultado satisfatório.

A distinção entre os conceitos, realizada no início da pesquisa, se mostrou muito importante, pois dá um indicativo de onde as áreas susceptíveis a inundação estará no território escolhido. Por definição, as inundações têm relação direta com os rios, portanto tendem a ocorrer nas suas proximidades.

Em relação aos resultados obtidos, pode-se dizer que eles foram satisfatórios e que foram identificadas áreas com susceptibilidade alta e extremamente alta a inundação a oeste, leste e norte da área de estudo, particularmente ao longo dos rios Paranapanema, Ivaí, Ribeirão Bandeirantes do Norte, Ribeirão Vermelho e Pirapó.

Grande parte da área estudada se enquadra nas classes de susceptibilidade extremamente baixa, baixa, média baixa e média, o que traz tranquilidade aos moradores e gestores da região, pois tem o risco de inundação afastado.

A proposta apresentada gerou bons resultados, de modo que se objetiva, no futuro próximo, ampliar a área de pesquisa para todo o estado do Paraná ou mesmo para a região sul do país. Espera-se, com o que já foi obtido até o momento, poder auxiliar os gestores municipais e estaduais, bem como investidores imobiliários e agricultores, em suas tomadas de decisão.

REFERÊNCIAS

CALDAS, A. M. **Diagnóstico Geombiental no Município de Batatais - SP**. 2015. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboicabal, 2015.

EMPRESABRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Brasil em Relevo**. Publicação 2005-2006. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Sentinel 2: Land Cover Use/Land Cover Downloader**. 2022. Disponível em: <https://www.arcgis.com/home/index.html>. Acesso em: 20 ago. 2022.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadct/brasil>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- KANG, M.S.; GOO, J.H.; SONG, I.; CHUN, J.A.; HER, Y.G.; HWANG, S.W.; PARK, S.W. Estimating de-sing floods based on the critical storm duration for small watersheds. **Journal of Hydro-Environment Research**, [s.l.], v. 7, p. 209-218, 2013.
- KARRA, K.; KONTGIS, C.; STATMAN-WEIL, Z.; MAZZAREILLO, J. C.; MATHIS, M.; BRUMBY, S. **Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning**. IGA RSS 2021-2021 IEEE - International Geoscience and Remote Sensing Symposium. New York City: IEEE, 2021.
- LICCO, E. A.; DOWELL, S. F. M. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos socioeconômicos e governança. **Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 5, n. 3, dez. 2015.
- OLIVEIRA, G. G. de; SALDANHA, D.L.; GUASSELLI, L. A. Espacialização e análise das inundações na bacia hidrográfica do rio Caí/RS. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 413-427, 2010.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, [s.l.], n. 15, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], n. 48, p. 9-26, 1990.
- SAATY, T. L. Measuring the fuzziness of sets. **Journal of Cybernetics**, [s.l.], n. 4, p. 53-61, 1974.
- SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (ed.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 31-65.
- VACARIO, E. P. L.; MACHADO, G. Inundações Urbanas em Londrina PR: um Estudo da Bacia do Ribeirão Cambé. **Geografia em Questão**, [s.l.], v. 12, n. 1, 2019. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/20136>. Acesso em: 19 ago. 2022.