

ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO GRANDE

Analysis of areas susceptible to flooding in the Rio Grande basin

Karen Vitoria de Andrade

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais

karenvitoria15@outlook.com.br

Maria Eduarda Dias Pereira

Graduanda em Geografia - Bacharelado, Universidade Federal de São João del-Rei

maedppro@gmail.com

Jean Euzébio

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alfenas

jean.lima@sou.unifal-mg.edu.br

Gabriel Pereira

Doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo

pereira@ufsj.edu.br

Bráulio Magalhães Fonseca

Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais

brauliomagalhaes@gmail.com

Marcelo Antonio Nero

Pesquisador/orientador de mestrado do PPG em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais

marcelo-nero@ufmg.br

Recebido: 25/06/2026

Aceito: 03/09/2026

Resumo

A presente pesquisa analisa as áreas suscetíveis às inundações na Bacia do Rio Grande, situada entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, considerando-se fatores desencadeados por ações naturais e antrópicas da área estudada. O referencial teórico estabelece por definições os desastres naturais, risco e suscetibilidade, destacando como o fator antrópico impacta sobre a bacia hidrográfica em questão, as alterações climáticas e os impactos ambientais decorrentes. Assim, foi empregado o HAND Model (Height Above Nearest Drainage), utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE), de modo a viabilizar a identificação e a categorização espacial das áreas mais suscetíveis às inundações. Foi atestado que a Sub-bacia do Mogi Guaçu foi classificada como a mais suscetível, em razão do escoamento superficial lento, o ineficaz sistema de drenagem e a influência da Serra da Mantiqueira. Por outro lado, a sub-bacia do Pardo (SP) foi evidenciada como a menos suscetível, por suas condições naturais, bem como relevo, formato alongado e a elevada densidade de canais de escoamento. Conclui-se da

necessidade de planejamento territorial e de políticas públicas eficazes no uso e ocupação do solo, bem como na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: hand model, inundações, suscetibilidade, bacia, SIG.

Abstract

This study analyzes flood-prone areas within the Rio Grande Basin, located between the states of Minas Gerais and São Paulo, Brazil, considering factors triggered by both natural processes and anthropogenic activities in the study area. The theoretical framework addresses the concepts of natural disasters, risk, and susceptibility, highlighting the impacts of human activities, climate change, and the resulting environmental degradation on the watershed. To identify and spatially classify the areas most susceptible to flooding, the Height Above Nearest Drainage (HAND) Model was applied using a Digital Elevation Model (DEM). The results indicated that the Mogi Guaçu sub-basin is the most susceptible to flooding due to slow surface runoff, an inefficient drainage system, and the influence of the Mantiqueira Mountain Range. In contrast, the Pardo (SP) sub-basin was identified as the least susceptible because of its favorable natural characteristics, including its topography, elongated shape, and high drainage channel density. The findings highlight the need for territorial planning and effective public policies regarding land use and land cover management, as well as integrated water resources management.

Keywords: HAND model, flooding, susceptibility, basin, GIS.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, os recursos hídricos têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade humana, atuando como fontes de abastecimento, irrigação e comércio (Faber, 2011; Andrade Filho *et al.*, 2012). Contudo, o aumento das atividades antrópicas e a crescente urbanização têm gerado severos impactos ambientais, alterando profundamente os ecossistemas naturais (Greenfield, 2024; Garcia *et al.*, 2020; Zacharias *et al.*, 2021). No cenário brasileiro, a ocupação desordenada do território, somada às mudanças climáticas, tem intensificado a ocorrência de eventos hidrológicos extremos, notadamente as inundações. Tais eventos, condicionados por fatores locais como topografia, solo e geomorfologia, figuram entre os desastres naturais mais recorrentes no país, acarretando prejuízos socioeconômicos e degradação ambiental (Ceped, 2012; Braga, 2016).

Diante da gravidade desse cenário, o planejamento territorial e a condução de políticas públicas efetivas tornam-se indispensáveis. Nesse sentido, a legislação nacional (Brasil, 1997) preconiza que os municípios realizem o mapeamento de áreas de risco e suscetíveis à inundações para mitigar seus efeitos. Compreender esses fenômenos exige uma análise integrada de desastres, que se originam da interação entre ameaças naturais

e vulnerabilidade social (Freitas *et al.*, 2014). Na literatura, os desastres são classificados por sua origem e intensidade, variando desde pequenos danos locais até impactos severos que superam a capacidade de resposta das comunidades (Castro, 1998). Sob a ótica nacional, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) divide essas ocorrências em naturais e tecnológicas, servindo de base para o monitoramento de órgãos como a Defesa Civil e o Cemaden (Saviski e Bourscheidt, 2026).

A análise desses desastres está intrinsecamente ligada aos conceitos de vulnerabilidade, risco e suscetibilidade. A vulnerabilidade transcende a ausência de renda, englobando o esgotamento de recursos públicos e a limitada capacidade de resposta de uma população diante de uma ameaça (Castro, 1998; Jatobá, 2011; Carmo, 2018). O risco, portanto, surge como o produto direto da relação entre essa vulnerabilidade e a ameaça latente (Abdula e Taela, 2005; Bruseke, 2007). Já a suscetibilidade refere-se à propensão intrínseca do meio físico em desenvolver determinado fenômeno (Fell *et al.*, 2008; Sobreira e Souza, 2012). Autores ressaltam que a ausência de políticas públicas potencializa os impactos nas áreas suscetíveis, tornando imperativa a associação de fatores físicos e sociais para compreender a dinâmica de eventos extremos (Cardozo, 2009; Silva e Laroque, 2025).

Para fins de gestão e análise prática desses fatores, as bacias hidrográficas consolidam-se como as unidades territoriais elementares, delimitadas por fatores topográficos e divisores de águas (Bernardi *et al.*, 2012; Guimarães, 2017). No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos reforça a bacia como unidade de planejamento, destacando que a articulação entre o Poder Público e a sociedade civil é o caminho para garantir usos sustentáveis da água e a melhoria da qualidade de vida local (Brasil, 1997; Foletto, 2018).

Com base nesse alicerce conceitual, a presente pesquisa tem como objetivo geral identificar e analisar as áreas suscetíveis às inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, localizada entre os estados de Minas Gerais e São Paulo. Para viabilizar esta análise prática, adota-se o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), metodologia fundamentada em dados topográficos e amplamente validada na literatura recente (Ferreira *et al.*, 2025; Weller *et al.*, 2026; Xia *et al.*, 2026) para a determinação precisa da suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Grande está situada entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, na Região Sudeste do Brasil, fazendo parte da Bacia do Rio Paraná, inserida nas bacias dos rios Paraguai e Uruguai, originando a Bacia do Rio da Prata. A região analisada encontra-se entre os paralelos de 20°06' e 21°23' de latitude sul e os meridianos 49°30' e 45°45' de longitude Oeste (Silva *et al.*, 2003). A figura 1 apresenta a localização geográfica da bacia hidrográfica, possuindo uma extensão territorial de 143 mil km² de drenagem.

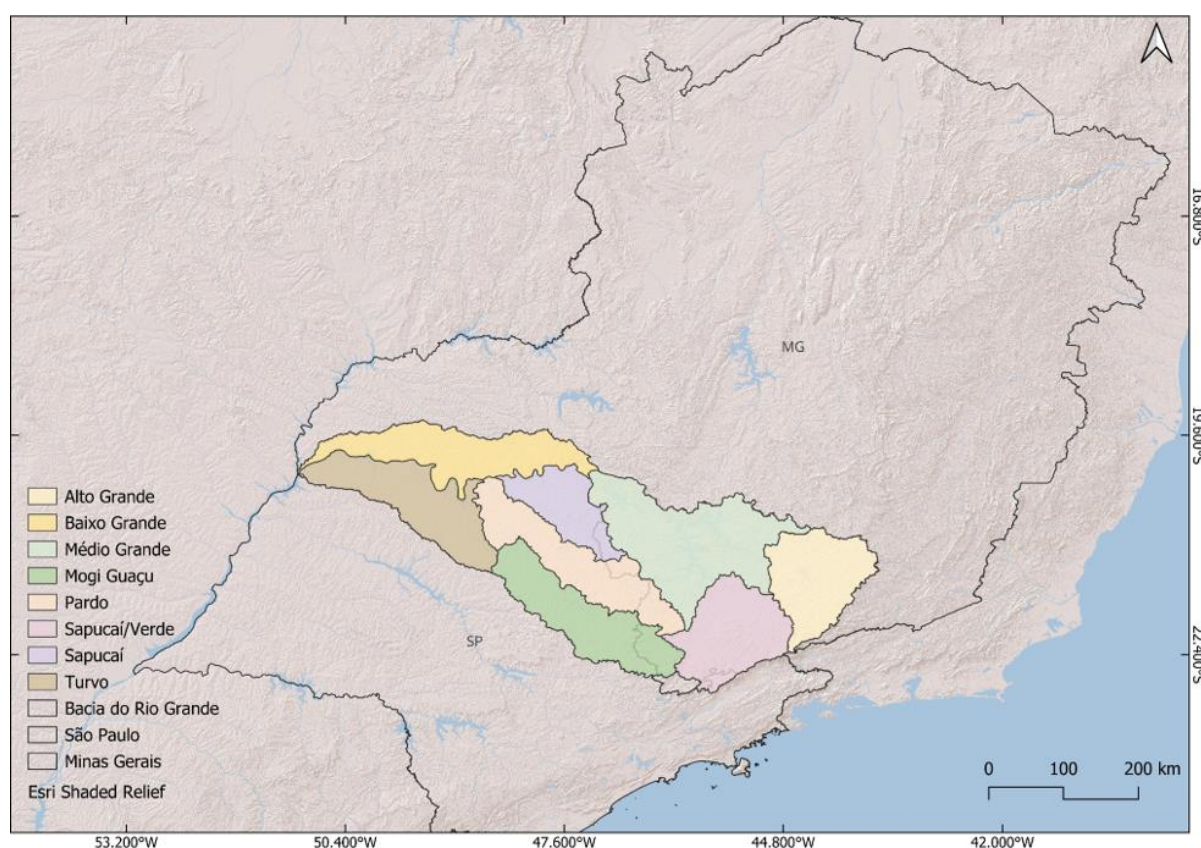


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Rio Grande.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O CBH Grande é o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, o qual faz parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que existe no Brasil desde o ano de 1988. De acordo com o CBH Grande, o Estado de Minas Gerais apresenta grande parte de sua drenagem inclusa na bacia, com 60,2%, e o Estado de São Paulo com 39,8%. Devido às características físicas, a bacia possui uma hidrologia homogênea, baseando-se no escoamento superficial pela divisão da periodicidade das vazões da bacia e pelos atributos topográficos (Euclides *et al.*, 2004).

2.2. Base de dados cartográficos

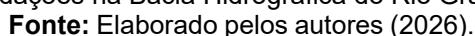
Para a elaboração do mapeamento da suscetibilidade às inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, foram utilizadas imagens orbitais provenientes do Modelo Digital de Elevação (MDE), em que o dado de entrada de resolução espacial de 30 metros foi determinante para o detalhamento do mapa, adquiridas por meio do SRTM Downloader pelo software do QGIS 3.36 (QGIS, 2026). A utilização desse dado fundamenta-se pela extensão territorial da bacia, com aproximadamente 143 mil km², recorrendo ao MDE de 30 metros como uma opção para análises ambientais com abrangência regional. Além de garantir uma maior distribuição espacial para toda a área analisada, essa resolução espacial retrata um maior detalhamento disponibilizado gratuitamente pelo SRTM, possibilitando na fiel reprodução das características topográficas fundamentais para a aplicação do *HAND Model*.

Consequentemente, o Modelo Digital de Elevação foi recortado utilizando os limites vetoriais, compostos pelo *shapefile* de cada sub-bacia do Rio Grande, compondo a área de estudo e possibilitando análises mais técnicas para cada unidade hidrográfica.

2.3. Aplicação do HAND MODEL no mapeamento de suscetibilidade a inundações

A modelagem da suscetibilidade de inundação foi realizada por meio do *HAND Model* (*Height Above Nearest Drainage*), método estimado na diferença altimétrica entre a superfície do terreno e o canal de drenagem mais próximo. O modelo foi desenvolvido pelos pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (Nobre *et al.*, 2011) e mais adiante vinculado pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN (2026), tendo como estrutura a modelagem hidrológica e topográfica para identificar áreas potencialmente suscetíveis às inundações.

A figura 2 demonstra o fluxograma metodológico utilizado para a aplicação do modelo *HAND Model* na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, simplificando as etapas para a aquisição dos dados, processamento hidrológico, execução do modelo e a classificação da suscetibilidade às inundações.



O recorte do MDE foi precedido da determinação da direção do fluxo, a acumulação de fluxo e da extração da rede de drenagem, etapas elementares no *HAND*. Em concordância com Ferreira *et al.* (2025), Weller *et al.* (2026) e Xia *et al.* (2026), o método estima a altitude dos canais de drenagem mais próximos, tendo como o intuito a identificação das áreas pelo potencial gravitacional até o sistema de drenagem, reunindo áreas com características hidrológicas similares.

Por meio da modelagem, foi possível determinar a direção do escoamento superficial, a acumulação de água e a altura da superfície em relação à drenagem mais próxima, possibilitando na classificação da suscetibilidade às inundações em cinco classes, variando de muito alta a muito baixa. No âmbito desta pesquisa, foram estimados intervalos de altura entre 1 e 5 metros, demonstrando que os menores valores equivalem a áreas com a maior probabilidade de inundação. O processo foi empregado nas sub-bacias do Alto Grande, Sapucaí/Verde, Mogi Guaçu, Sapucaí (SP), Turvo, Pardo (SP), Médio e Baixo.

Logo após a execução do modelo *HAND Model*, o raster produzido foi reclassificado em cinco níveis de suscetibilidade das inundações, com classificação de muito alta, alta, média, baixa e muito baixa, tendo por estimativa na altura relativa da superfície relativamente ao canal de drenagem adjacente. Os menores índices do *HAND* foram relacionados às zonas com maior suscetibilidade às inundações, ao mesmo tempo que os maiores índices foram associados com zonas menos suscetíveis. O mapa de suscetibilidade foi desenvolvido pela plataforma SIG mediante a reclassificação dos dados gerados, possibilitando a espacialização dessas áreas suscetíveis a inundação em toda a área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variação altimétrica registrada na bacia hidrográfica situa-se entre 303 e 2.778 metros, demonstrando como o relevo altera diretamente sobre o funcionamento hidrológico da bacia. As declividades variam de plano a escarpado, influenciando de modo direto no escoamento superficial e, portanto, na suscetibilidade de inundações. A geomorfologia da área, relacionada ao agrupamento pedológico, que abrange afloramentos rochosos, neossolos, argissolos, transforma o território mais vulnerável a processos erosivos e o voçorocamento.

O trabalho identificou, com base no modelo *HAND*, as sub-bacias com maior e menor suscetibilidade a inundações, representados pelo quadro 1 e figura 3 e 4:

Quadro 1: Suscetibilidade a Inundações nas Sub-bacias da Bacia do Rio Grande (Modelo HAND).

Sub-Bacia	Área Suscetível (km²)	% Suscetível	Principais Fatores
Mogi-Guaçu	2.696,34	13,97%	Planícies, drenagem ineficaz, baixa dissecação
Turvo	2.268,39	11,78%	Ocupação irregular, assoreamento
Médio Grande	3.168,00	10,40%	Relevo ondulado, impermeabilização
Sapucai/Verde	1.266,44	7,10%	Urbanização próxima aos rios
Alto Grande	1,07	6,28%	Afloramentos rochosos, declives acentuados
Pardo (SP)	912,97	4,72%	Drenagem eficiente, formato alongado
Sapucai (SP)	1.269,33	1,50%	Ocupação irregular, baixa densidade de drenagem

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

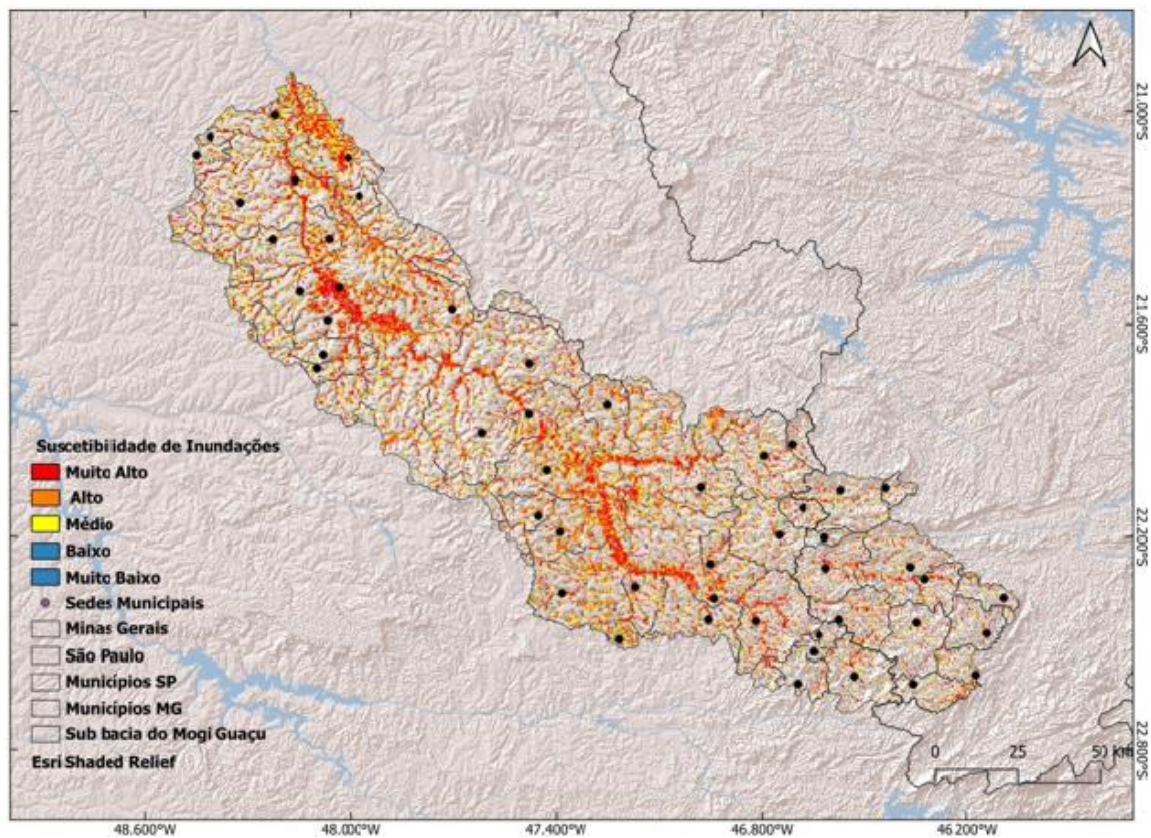


Figura 3 - Mapa de Suscetibilidade de Inundações.
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

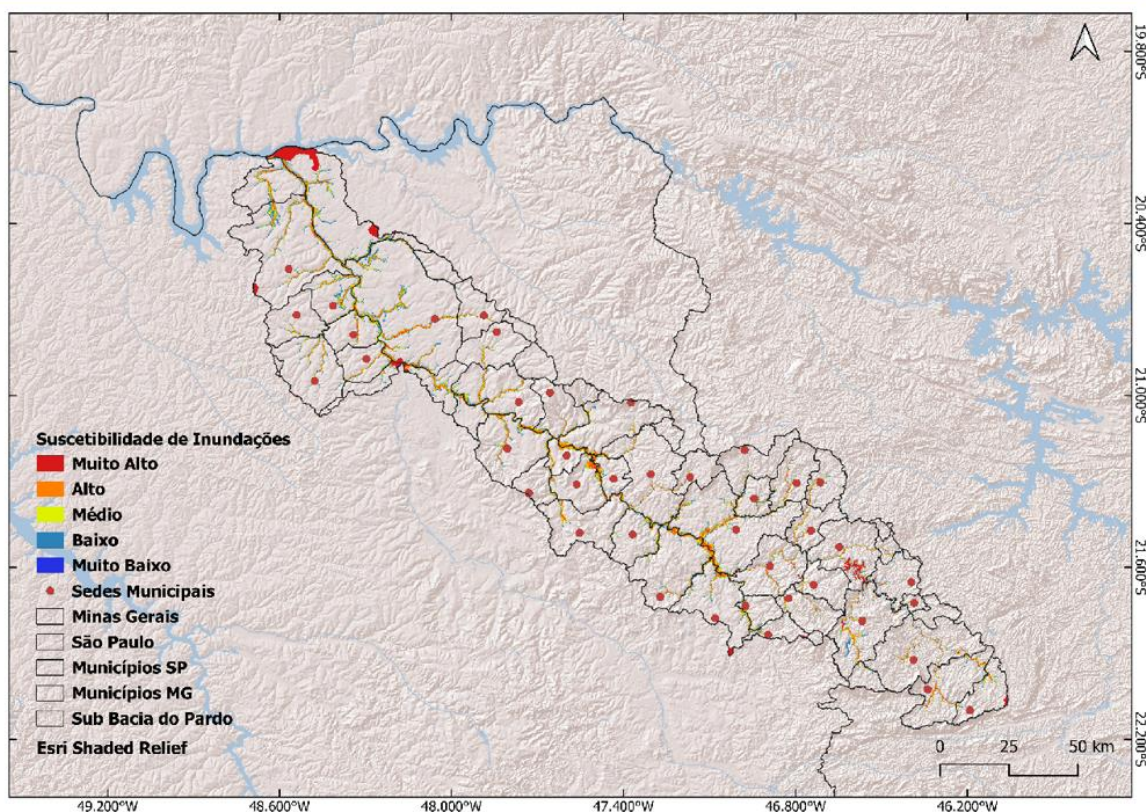


Figura 4 - Mapa de Suscetibilidade de Inundações.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados provenientes do HAND Model demonstraram que a sub-bacia do Mogi-Guaçu se destacou entre as demais por ser a mais suscetível às inundações da área de estudo, centralizando em 2.696,34 km². Esse panorama é explicado geomorfologicamente pela influência da Serra Mantiqueira e as planícies de inundação a jusante. Este aspecto topográfico, representado por baixas declividades e a baixa capacidade de dissecação do relevo, faz com que o escoamento superficial se torne lento, dificultando o sistema de drenagem. Contudo, essa instabilidade física é fortemente agravada pelas ações antrópicas locais. Logo, o aumento do fluxo da urbanização e das atividades agroindustriais sobre as margens dessa sub-bacia sucedeu em uma supressão de vegetação ciliar (Durazzini; Preto; Roma, 2010; Toledo Filho *et al.*, 1996; Aquino; Barbosa, 2009), maximizando o risco de transbordamento e os desastres socioambientais em cenários de precipitação.

Em contraponto com o cenário do Mogi-Guaçu, a sub-bacia do Pardo manifesta um procedimento oposto, estabelecendo-se pela menor suscetibilidade das inundações entre as sub-bacias. Esta condição está relacionada a questões geográficas e hidrológicas, sobressaindo a drenagem uniforme, elevada densidade de canais de escoamento e o formato amplamente alongado. Como salientado por Carvalho *et al.* (2022), o formato

alongado e os níveis inferiores de circularidade operam como um regulador hidrológico na prevenção desses eventos naturais. Dessa forma, a forma contribui para o aumento do tempo de concentração, retardando o deslocamento da água das cabeceiras até o exutório principal utilizando a rede de drenagem, no qual atenua os picos de cheia e reduz a ocorrência de inundações.

Assim sendo, o estudo demonstra que a distribuição espacial da suscetibilidade nas sub-bacias representadas ocorre por uma inter-relação entre os fatores geográficos e antrópicos. Enquanto a geomorfologia, a morfometria e a pedologia estabelecem o alicerce da suscetibilidade, o fator antrópico intensifica e desencadeia os desastres ambientais. Diante da falta de planejamento territorial nessas áreas e da fragilidade na governança dos recursos hídricos, reforçam a necessidade da colaboração entre o Poder Público, comitês de bacias, Defesa Civil e os órgãos ambientais, modificando a modelagem topográfica em diretrizes práticas para o planejamento territorial e os planos de contingência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu a identificação e o mapeamento das áreas suscetíveis na Bacia Hidrográfica do Rio Grande por meio do método *HAND (Height Above Nearest Drainage)*, confirmando a eficácia da análise espacial em ambientes dependentes de eventos hidrológicos extremos. Os resultados evidenciaram diferenças representativas entre as sub-bacias, demonstrando a sub-bacia do Mogi Guaçu como a de maior suscetibilidade às inundações, como consequência de suas características geomorfológicas, hidrológicas e a influência das ações antrópicas, ao passo que a sub-bacia do Pardo apresentou a menor tendência, relacionada às condições naturais de drenagem e relevo.

O estudo comprovou que a suscetibilidade às inundações provém da atuação entre as condições físicas e antrópicas, enfatizando a necessidade de planejamento territorial e de políticas públicas eficazes voltadas ao uso e ocupação do solo e a gestão dos recursos hídricos. Nessa circunstância, as representações cartográficas produzidas podem contribuir para os órgãos públicos, comitês de bacias hidrográficas e corporações como da Defesa Civil no desenvolvimento de prevenção, mitigação e adaptação frente aos impactos das mudanças climáticas.

Outro ponto importante da pesquisa provém do emprego das ferramentas de livre acesso, como por exemplo o software QGIS e os Modelos Digitais de Elevação oriundos do SRTM, confirmando que os métodos com custo baixo podem gerar informações esclarecedoras com grande aplicação para o planejamento e a gestão dos riscos. Essa análise garante a aplicabilidade em outras bacias hidrográficas, principalmente nas áreas com disponibilidade de recursos ineficazes.

Em síntese, aconselha que os estudos vindouros incluam a utilização do modelo HAND com o uso e cobertura do solo, precipitação pluviométricas, propriedades do solo e séries históricas de inundação, propiciando análises e no aperfeiçoamento dos mapas de suscetibilidade. Dessa maneira, será possível garantir contribuições para o planejamento territorial, a gestão dos recursos hídricos e a diminuição dos impactos relacionados aos eventos hidrológicos

REFERÊNCIAS

ABDULA, A.; TELA, K. **Avaliação das capacidades de gestão do risco de desastres**. Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme, Phase I. Maputo, 2005.

ANDRADE FILHO, A. G. D.; BRIK, E. M. J.; SANDAKA, G. Mananciais alagados - análise evolutiva dos hidrogramas de enchente para vários cenários de ocupação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 2, 2012.

AQUINO, C.; BARBOSA, L. M. Classes sucessionais e síndromes de dispersão de espécies arbóreas e arbustivas existentes em vegetação ciliar remanescente (Conchal, SP), como subsídio para avaliar o potencial do fragmento como fonte de propágulos para enriquecimento de áreas revegetadas no rio Mogi-Guaçu, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 349–358, 2009.

AZAMBUJA, L. D.; RIGON, O. Possibilidades didáticas da Geografia escolar a partir da temática desastres naturais. **Revista Ensino de Geografia (Recife)**, v. 2, n. 1, 2019.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. Brasília, 2016. 33 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010.** Publicação original. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12340-1-dezembro-2010-609599-publicacaooriginal-130901-pl.html>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BRUSEKE, F. J. Risco e contingência. Revista **Brasileira de Ciências Sociais**, v. 22, n. 63, 2007.

CARDOZO, F. D. S. **Análise das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do Rio Forquilhas, São José / SC.** 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CARMO, M. E.; GUIZARDI, F. L. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 3, e00101417, 2018.

CARVALHO, D. S.; SOUZA, D. S. L.; MIRA, Í. R. C.; SILVA, M. L. Análise morfométrica da Bacia do Alto Médio Rios Mogi Guaçu e Pardo, Sul de Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 5, 2022.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** Brasília: MPO/Departamento de Defesa Civil, 1998. 191p.

CEMADEN. **Educação em clima de riscos de desastres.** Programa Cemaden Educação. São José dos Campos/SP, mar. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br>. Acesso em: 23 mar. 2026.

CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil.** Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.

COUTINHO, R. Q. **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais.** Recife: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo GEGEP; DECivil, 2013. 376p.

CUNHA, J. M. P. Um sentido para a vulnerabilidade sociodemográfica nas metrópoles paulistas. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 343-347, jul./dez. 2004.

DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 29-77, 2012.

FABER, M. **A importância dos rios para as primeiras civilizações.** História Ilustrada, v. 2, 2011.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3–4, p. 85-98, 2008.

FERREIRA, H. S.; MORAES, B. C.; SILVA, C. N.; SODRÉ, G. R. C.; SOUZA, E. B.; PALÁCIOS, R. S. Aplicação do método HAND model para identificação de áreas

suscetíveis a alagamentos e inundações na sede municipal de Paragominas-PA. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 2, p. e1704, 2025.

FOLETO, E. M. O contexto dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. **Geoambiente**, v. 30, p. 39-59.

FREITAS, C. M.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; CARVALHO, M. L.; MAZOTO, M. L.; BARCELLOS, C.; COSTA, A. M.; OLIVEIRA, M. L. C.; CORVALAN, C. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

GARCIA, P. M. B.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; CASAGRANDE, P. B. Índice geomorfológico como subsídio ao planejamento urbano. **Mercator (Fortaleza)**, v. 19, p. e19003, 2020.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. **Revista do Regne**, v. 4, p. 1-13, 2018.

GREENFIELD, E. **Efeitos da urbanização no meio ambiente**. Sigmaearth, 21 fev. 2024.

GUIMARÃES, R. C. Bacia hidrográfica. In: GUIMARÃES, R. C.; SHAHIDIAN, S.; RODRIGUES, C. M. (Ed.). **Hidrologia agrícola**. Évora: ECT e ICAAM, 2017. p. 5-22.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, 5 jun. 2011.

JULIÃO, N. F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊZERE, J. L. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2009. Disponível em: <https://cnt.dgterritorio.gov.pt>. Acesso em: 5 jun. 2026.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

MARENGO, J. A.; DOLIF, G.; CUARTAS, A.; CAMARINHA, P.; GONÇALVES, D.; LUIZ, R.; SILVA, L.; ALVALA, R. C. S.; SELUCHI, M. E.; MORAES, O. L.; SAORES, W. R.; NOBRE, C. A. O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril–maio de 2024. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 112, 2024.

MARTINS-FILHO, P. R.; CRODA, J.; ARAÚJO, A. A. S.; CORREIA, D.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J. Catastrophic floods in Rio Grande do Sul, Brazil: the need for public health responses to potential infectious disease outbreaks. **Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine**, v. 57, e00603-2024, 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. [S.l.], 2013. Disponível em: <https://soniaa-arq.prof.ufsc.br/arq1206/20113/barbara/05.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2026.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNO, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO.; SALESKA, S. Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology** v. 404, p. 13–29, 2011.

PRIVADO, W. L.; TRINDADE, C. C.; GONÇALVES, D. Preservação das matas ciliares e sustentabilidade. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 17, n. 5, p. e8346, 2025.

QGIS Project. **Download**. Disponível em: [QGIS Download](#). Acesso em: 5 jun. 2026.

ROCHA, R. P.; REBOITA, M. S.; CRESPO, N. M. Análise do evento extremo de precipitação ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. **Journal Health NPEPS**, v. 9, n. 1, e.12603, 2024.

RODRIGUES, A. L. D. **Educação ambiental como instrumento de prevenção aos desastres naturais**. 2008. 59 f. Monografia (Mestrado em Educação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SILVA, J. C. D.; LAROQUE, L. F. S. As lições das águas: desastres hidrológicos no Rio Grande do Sul (RS/Brasil) no contexto da inundação de maio de 2024. **Revista Prâxis**, v. 2, p. 227-256, 2025.

SINGH, A.; SINGH, N.; SINGH, P. Satellite-Based Land Cover Mapping in Narmada River Basin: Understanding the Transition from Natural Ecosystems to Anthropogenic Landscapes. In: **Reimagining Indian Rivers for Sustainability**. Cham: Springer Nature Switzerland p. 629-653, 2026.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

TOLEDO FILHO, D. V.; BERTONI, J. E. A.; PARENTE, P. R.; ZANATTO, A. C. S. Recomposição de floresta ciliar de um trecho do rio Moji-Guaçu, município de Luís Antônio, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 175–185, 1996.

WELLER, J.; THOMPSON, S.; LEOPOLD, M.; MASTRANTONIS, S. Estimating regolith thickness in the complex lateritic landscape of the southern zone of rejuvenated drainage in Southwest Western Australia. **Catena**, v. 263, p. 109773, 2026.

XIA, J.; LIU, T.; HOU, H.; ZHANG, H.; HU, T. Urban pluvial flood susceptibility assessment for the central Lin'an District in Hangzhou, China, using the GNNWLR model with SHAP interpretability. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 64, p. 103232, 2026.

ZACHARIAS, A.; TEIXEIRA, A. L.; VENTORINI, S. E.; FERREIRA, A. B. R.; SANTOS, T. G. A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. e177185, 2021.

