


## A SUSCETIBILIDADE À EROSÃO COMO FOCO DE ANÁLISE: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARAÍSO, CAIAPÔNIA-GO


### EROSION SUSCEPTIBILITY AS A FOCUS OF ANALYSIS: THE CASE OF THE RIBEIRÃO PARAÍSO WATERSHED, CAIAPÔNIA-GO

### LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN COMO FOCO DE ANÁLISIS: EL CASO DE LA CUENCA DE RIBEIRÃO PARAÍSO, CAIAPÔNIA-GO


**Kássio Samay Ribeiro Tavares<sup>1</sup>**

 0000-0003-3248-5236  
kassiosamayribeiro@gmail.com

**Isabelle Salazar Vieira Alves<sup>2</sup>**

 0000-0001-8506-4449  
isabellesalazargeo@gmail.com

**Samuel de Oliveira Mendes<sup>3</sup>**

 0000-0003-2652-3179  
samuel\_ufg@hotmail.com

1 Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3248-5236>. E-mail: [kassiosamayribeiro@gmail.com](mailto:kassiosamayribeiro@gmail.com).

2 Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-4449>. E-mail: [isabellesalazargeo@gmail.com](mailto:isabellesalazargeo@gmail.com).

3 Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2652-3179>. E-mail: [samuel\\_ufg@hotmail.com](mailto:samuel_ufg@hotmail.com).

AGRADECIMENTOS: Agradecimento as bolsas de doutorado concedidas aos autores pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP. Bolsas de doutorado processo nº 2022/12891-6 e nº 2022/01202-5.

Artigo recebido em abril de 2024 e aceito para publicação em julho de 2024.



Este artigo está licenciado sob uma Licença  
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

**RESUMO:** Este estudo objetivou mapear e comparar a suscetibilidade à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, aplicando a metodologia de Crepani *et al.* (2001) e confrontando-a com os dados da Embrapa (2020). Utilizando álgebra de mapas para integrar variáveis físico-naturais, identificou-se que a suscetibilidade varia de áreas estáveis a moderadamente suscetíveis, com destaque para a predominância de condições medianamente estáveis/suscetíveis. A comparação dos métodos revelou diferenças significativas nos resultados, enfatizando a utilidade de abordagens complementares para uma avaliação mais abrangente. O estudo realça a relevância de estratégias integradas de planejamento e gestão territorial, evidenciando a análise de suscetibilidade como ferramenta indispensável no mapeamento de riscos, essencial para informar a tomada de decisões na conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Sistema de Informação Geográfica (SIG). Crepani. Planejamento territorial. Álgebra de mapas.

**ABSTRACT:** This study aimed to map and compare the susceptibility to erosion in the Ribeirão Paraíso watershed, applying the methodology of Crepani *et al.* (2001) and contrasting it with Embrapa's data (2020). Employing map algebra to integrate physical-natural variables, it was identified that susceptibility ranges from stable to moderately susceptible areas, with a predominance of moderately stable/susceptible conditions. The comparison of methods revealed significant differences in the results, emphasizing the usefulness of complementary approaches for a more comprehensive assessment. The study highlights the relevance of integrated strategies for territorial planning and management, showcasing susceptibility analysis as an indispensable tool in risk mapping, essential for informing decision-making in the conservation and sustainable use of natural resources.

**Keywords:** Geographic Information System (GIS). Crepani. Territorial planning. Map algebra.

**RESUMEN:** Este estudio tuvo como objetivo mapear y comparar la susceptibilidad a la erosión en la cuenca del Ribeirão Paraíso, aplicando la metodología de Crepani *et al.* (2001) y contrastándolo con los datos de Embrapa (2020). Empleando álgebra de mapas para integrar variables físico-naturales, se identificó que la susceptibilidad varía desde áreas estables hasta moderadamente susceptibles, con predominio de condiciones moderadamente estables/susceptibles. La comparación de métodos reveló diferencias significativas en los resultados, enfatizando la utilidad de enfoques complementarios para una evaluación más integral. El estudio destaca la relevancia de las estrategias integradas para la planificación y gestión territorial, mostrando el análisis de susceptibilidad como una herramienta indispensable en el mapeo de riesgos, esencial para informar la toma de decisiones en la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

**Palabras clave:** Sistema de Información Geográfica (SIG). Crepani. Planificación territorial. Álgebra de mapas.

## INTRODUÇÃO

A transformação do ambiente físico-natural, impulsionada pela busca de desenvolvimento socioeconômico e pelo suporte ao crescimento populacional, tem induzido a um rápido aceleração dos desequilíbrios em sistemas naturais. Essas mudanças resultam em problemas ambientais significativos, como erosão, assoreamento e escassez hídrica, que caracterizam a crescente degradação ambiental na contemporaneidade (Tavares; Romão; Oliveira, 2020).

A erosão hídrica, em particular, representa um dos processos mais destrutivos para o solo, sendo diretamente influenciada por práticas de uso e manejo do território inadequadas. Esse fenômeno, intensificado pela remoção da vegetação nativa e pela exposição do solo a precipitações intensas, pode levar a uma perda significativa de solo fértil, reduzindo a capacidade produtiva das terras e contribuindo para o assoreamento de corpos d'água. A gestão eficaz da erosão hídrica requer uma compreensão detalhada dos fatores que a influenciam, incluindo o tipo de solo, a topografia, as práticas agrícolas e a cobertura vegetal (Bramorski; Crestana, 2020; Marcatto; Silveira, 2023)

Nesse contexto, a necessidade de monitoramento e previsão dessas ocorrências se torna evidente, recomendando-se a adoção de medidas mitigatórias e a utilização de ferramentas analíticas avançadas, como o geoprocessamento, para informar o planejamento territorial e ambiental eficaz. A literatura científica reconhece que alterações ambientais podem ter consequências imprevisíveis, ressaltando a importância da análise da suscetibilidade à erosão e degradação ambiental (Kaperson *et al.*, 2005). O uso intensivo do solo para atividades agrícolas e urbanas tem sido identificado como um fator de pressão significativa, com a demanda crescente por produtos alimentícios e industrializados exacerbando os impactos sobre recursos físico-naturais essenciais (Machado *et al.*, 2017; Lepsch *et al.*, 2015) e intensificando a erosão hídrica do solo.

Diante desse cenário, a aplicação de modelagens de suscetibilidade emerge como uma ferramenta vital para o entendimento e a mitigação de impactos negativos sobre o ambiente. Essas modelagens permitem a identificação de áreas

em risco, orientando políticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais (Silva Filho; Castilho Da Costa, 2023). Além disso, a comparação entre diferentes metodologias de mapeamento da suscetibilidade ambiental à erosão, como as desenvolvidas por Crepani *et al.* (2001) e implementadas por diferentes organizações, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, fornecem análises valiosas sobre a precisão e a eficácia de abordagens variadas. Estudos como os de Riffel, Ruiz e Guasselli (2017) e Yokomizo *et al.* (2022) demonstraram a importância de comparar metodologias para entender melhor as vulnerabilidades ambientais específicas de diferentes regiões.

Estudos focados nas interações entre componentes físico-naturais fornecem uma base teórico-metodológica valiosa para o ordenamento territorial, alinhada às demandas emergentes por qualidade de vida (Rovani *et al.*, 2015; Rovani; Vieira, 2016). O conceito de suscetibilidade, como a predisposição a danos ou adversidades, emerge como um elemento central em pesquisas sobre risco ambiental e mudanças climáticas, servindo como uma ferramenta analítica para explorar vulnerabilidades em sistemas físico-naturais e sociais (Adger, 2006; Unisdr, 2015).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, em Caiapônia-GO, uma área que sofre com a rápida expansão da ocupação e uso agrícola, enfrentando desafios como o desmatamento e a degradação ambiental (Nicolau, 2018). O objetivo deste estudo é mapear a suscetibilidade à erosão da região, empregando a metodologia de Crepani *et al.* (2001), e comparar os resultados obtidos com aqueles derivados da metodologia para o mapeamento da suscetibilidade à erosão realizado pela Embrapa. Esta comparação visa não apenas avaliar a eficácia das metodologias em questão, mas também contribuir para aprimorar as práticas de gestão territorial e ambiental na região, fornecendo uma base sólida para decisões políticas e de manejo sustentável.

## **METODOLOGIA**

A metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001) é fundamentada em critérios morfoгенéticos e pedogenéticos, seguindo a abordagem teórica de Tricart (1977). Ela visa identificar áreas de vulnerabilidade ambiental por meio da análise de características físicas do território, como a morfologia do terreno e as propriedades do solo. Esta abordagem permite a identificação de zonas com diferentes graus de suscetibilidade à erosão e outros processos degradativos. É importante notar que, apesar de a metodologia original ser denominada “vulnerabilidade”, neste estudo, optou-se por referir-se a ela como “suscetibilidade” para enfatizar a predisposição intrínseca do ambiente à degradação, desconsiderando os aspectos sociais.

A metodologia de mapeamento da suscetibilidade à erosão utilizada pela Embrapa representa um avanço significativo na identificação e no mapeamento de áreas suscetíveis à degradação em todo o Brasil. Essa abordagem, atualizada em 2022, é fruto de um esforço contínuo para aprimorar as ferramentas de gestão territorial e ambiental, disponibilizando dados essenciais para o planejamento e a implementação de políticas públicas de conservação. O modelo da Embrapa emprega uma combinação de análises espaciais avançadas, incluindo o uso de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para avaliar a suscetibilidade à erosão com base em uma variedade de indicadores físico-naturais e antrópicos. Esta metodologia é notável pela sua abrangência e aplicabilidade em escala nacional, oferecendo uma perspectiva valiosa sobre as dinâmicas de uso e ocupação do solo e seus impactos sobre a integridade ecológica das regiões.

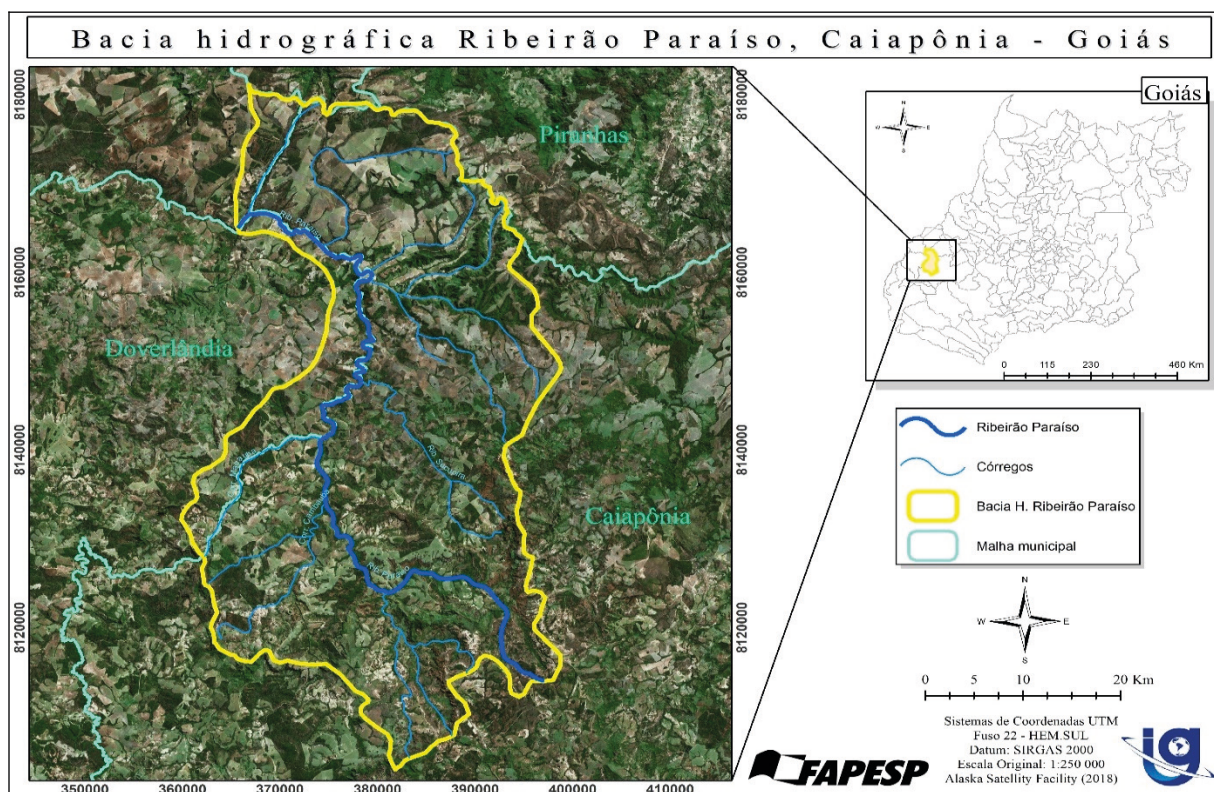
## **Área de estudo**

O Ribeirão Paraíso desempenha um papel crucial na dinâmica hidrográfica e ecológica entre os municípios de Caiapônia e Doverlândia, situando-se predominantemente dentro dos limites de Caiapônia, onde ocupa cerca de 90% de seu território. Esta bacia hidrográfica é um componente vital do sistema fluvial do Rio do Peixe, integrando a rede hídrica do alto curso do Rio Araguaia em Goiás. Abrangendo uma extensão aproximada de 1.832,2 km<sup>2</sup>, o Ribeirão Paraíso estende-se também ao território de Doverlândia, evidenciando a importância intermunicipal de seus recursos hídricos e ecossistemas associados (Figura 1).

Originando-se nas regiões leste e oeste de Goiás, as nascentes do Ribeirão Paraíso situam-se próximas à vertente norte da Serra Caiapó. Seu curso d'água serpenteia através de paisagens diversificadas, finalmente desembocando na porção norte do Rio do Peixe. A área circundante do Ribeirão Paraíso é caracterizada por uma vegetação densa, típica do bioma Cerrado, que varia entre formações savânicas e florestais. Essas características fitofisionômicas não apenas destacam a riqueza da biodiversidade local, mas também enfatizam a complexidade ecológica da região (Carneiro, 2012).

A localização e a extensão geográfica da bacia do Ribeirão Paraíso, conforme ilustrado no mapa de localização (Figura 1), ressaltam sua importância tanto para a conservação ambiental quanto para o planejamento e gestão dos recursos hídricos nos municípios envolvidos. A compreensão detalhada das características hidrológicas e ecológicas

desta bacia é essencial para a sustentabilidade das comunidades locais e para a preservação dos sistemas naturais que suportam uma ampla gama de serviços ecossistêmicos críticos para a região.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso.

### Procedimentos metodológicos

Crepani *et al.* (2001): A construção dos mapas temáticos também considerou as indicações metodológicas de Crepani *et al.*, (2001), por utilizar a equação que atende ao modelo para a elaboração do mapa de suscetibilidade ambiental à erosão, gerado pelo cálculo da média aritmética dos parâmetros das classes temáticas de Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima, evidenciada na Equação 1. Em cada tema supracitado são ponderadas as respectivas classes temáticas, gerando mapas de suscetibilidade parcial, conforme descritos por vir, constituindo-se a caracterização fisiográfica da área.

$$S = (G + R + S + U + C) / 5 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

S = Suscetibilidade

G = suscetibilidade para o tema Geologia

R = suscetibilidade para o tema Geomorfologia

S = suscetibilidade para o tema Solos

U = suscetibilidade para o tema Uso e ocupação

C = suscetibilidade para o tema Clima

A combinação desses dados temáticos em uma análise integrada permite identificar áreas com variados graus de suscetibilidade ambiental à erosão, fornecendo uma base sólida para ações de manejo e conservação. Os valores atribuídos para cada classe encontram-se reunidos no Quadro 1.

Quadro 1. Valores de suscetibilidade para cada classe dos fatores analisados.

<b>Geologia</b>	<b>Valores</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Valores</b>	<b>Amp. Alt. (m)</b>	<b>Valores</b>
Arenito	2,4	<3,5	1,0	<20	1,0
Basalto	1,5	3,5 - 5,8	1,1	20-29,5	1,1
Areia/cascalho	3,0	5,8 - 8,2	1,2	29,5 - 39	1,2
Diamictito	2,5	8,2 - 10,3	1,3	39 - 48,5	1,3
Folhelho	2,8	10,3 - 12,9	1,4	48,5 - 58	1,4
<b>Uso e cobertura</b>	<b>Valores</b>	12,9 - 15,1	1,5	58 - 67,5	1,5
Floresta	1,0	15,1 - 17,4	1,6	67,5 - 77	1,6
Cerrado	1,5	17,4 - 19,8	1,7	77 - 84,5	1,7
Agropecuária/Solo exposto	3,0	19,8 - 22,2	1,8	84,5 - 94	1,8
<b>Pluviometria(mm/mês)</b>	<b>Valores</b>	22,2 - 24,5	1,9	94 - 103,5	1,9
150 - 175	1,5	24,5 - 27,2	2,0	103,5 - 113	2,0
175 - 200	1,6	27,2 - 29,6	2,1	113 - 122,5	2,1
<b>Dissecação (m)</b>	<b>Valor</b>	29,6 - 32,1	2,2	122,5 - 132	2,2
<254	3,0	32,1 - 34,6	2,3	132 - 141,5	2,3
<b>Solos</b>	<b>Valores</b>	34,6 - 37,2	2,4	141,5 - 151	2,4
Neossolo Litólico	1,0	37,2 - 39,8	2,5	151 - 160,5	2,5
Neossolo Quartzarênico	3,0	39,8 - 42,4	2,6	160,5 - 170	2,6
Cambissolos	2,5	42,4 - 45,3	2,7	170 - 179,5	2,7
Argissolo	2,0	45,3 - 48,1	2,8	179,5 - 189	2,8
Latossolo V. Amarelo	1,3	48,1 - 50	2,9	189 - 200	2,9
Latossolo V. Ácrico	1,0	>50	3,0	>200	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001).

## Geologia (G)

Os dados referentes à litologia foram obtidos em formato shapefile, em escala de 1:250.000 pelo banco de dados de informações ambientais (BDIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em seguida, projetou-se o *shapefile* no *ArcGis 10.8/ESRI*, para o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), recortando-se para a referida bacia e aplicando-se a simbologia para a visualização de cada classe da geologia da área. Cada classe foi organizada de acordo com os valores de suscetibilidade dos tipos de geologia, estipulados por Crepani *et al.* (2001). As classificações foram ponderadas e determinadas conforme o Quadro 1.

## Geomorfologia (R)

O mapa geomorfológico foi elaborado considerando-se três parâmetros que, depois de integrados pela Equação 2 (Declividade + Amp. altimétrica + Diss. Horizontal)/3, obteve-se os dados cartográficos desse componente. O primeiro parâmetro refere-se à declividade, o segundo ao de amplitude altimétrica e o terceiro diz respeito à dissecação. Para a elaboração desse mapa utilizou-se as imagens do banco de dados do *Alaska Satellite Facility's*, bem como o modelo digital de terreno Alos Palsar 12,5m.

Para a declividade (D), com o auxílio do software *ArcGis 10.8/ESRI*, aplicou-se a ferramenta *slope*, gerando, assim, os valores de declividade da área em porcentagem (%). Posteriormente, atribuiu-se os números de suscetibilidade de cada valor do declive (Quadro 1).

$$R = (D + A + DH) / 3$$

Eq. 2

Onde:

R = Suscetibilidade para o tema Geomorfometria

D = Suscetibilidade atribuída à Declividade

A = Suscetibilidade atribuída a Amplitude altimétrica

DH = Suscetibilidade atribuída à Dissecação horizontal

Para a amplitude altimétrica (A), levou-se em consideração a superfície de referência igual ao limite de cada elevação de área, atentando-se para as indicações de Muñoz e Valeriano (2009), nas quais se pondera que o grau de entalhamento dos vales, comumente chamado de amplitude altimétrica. Segundo os autores, esse fator de análise pode ser definido como a distância vertical entre os pontos da superfície topográfica e sua projeção numa superfície de referência arbitrária, contendo valores de pontos altimétricos máximos, dentro de uma área de medição unitária.

Como primeira ação, evidenciou-se os picos e seus respectivos valores altimétricos. O passo seguinte circunscreveu-se em delimitar as bacias e posteriormente atribuíram-se os valores altimétricos dos picos aos polígonos das superfícies de referência. Ademais, aplicou-se uma álgebra de mapas ao raster da superfície de base com os valores altimétricos dos picos de cada região topográfica e o MDE original, este com as depressões espúrias preenchidas. Para essa etapa, utilizou-se o *ArcGis 10.8/ESRI*. Segue abaixo a Equação 3 junto aos valores atribuídos referentes à suscetibilidade de cada valor da amplitude altimétrica (Quadro 1).

$$SupPic - MDEori$$

Eq. 3

Onde:

SupPic: Raster da superfície de referência com os valores altimétricos dos picos

MDEori: MDE original

O processo para a obtenção dos valores de dissecação horizontal iniciou-se com a delimitação das sub-bacias hidrográficas da área de estudo. Para essa etapa, fez-se uso de dois softwares de geoprocessamento: *ArcGis 10.8/ESRI* e *QGIS 2.18/GRASS*. Com isso, delimitou-se as sub-bacias utilizando o software *QGIS 2.18/GRASS*. No *ArcGis 10.8/ESRI*, importou-se o arquivo de sub-bacias e aplicou-se os valores de distância euclidiana para cada sub-bacia multiplicada à -1 e, por fim, transformada em vetor de pontos. Calculando-se o valor médio de todas as bacias e as medidas de diâmetro para cada bacia, resultou nos respectivos valores de dissecação horizontal. Como sequência, atribuiu-se os valores de suscetibilidade para cada classe de dissecação (Quadro 1).

### **Solos (S)**

Para a análise desse componente, o shapefile produzido pela EMATER (2017) em escala de 1:250.000 foi importado para o programa *ArcGis 10.8/ESRI*, projetado para o sistema de coordenadas UTM e posteriormente recortado para a área da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso. Após este processo, aplicou-se a simbologia e a classificação dos valores de suscetibilidade de cada classe de solo (Quadro 1).

### **Uso e ocupação do solo (U)**

Para o uso e ocupação foram utilizados os dados do MapBiomias, coleção 8, categorizadas em classes como solo exposto, Cerrado, agropecuária e floresta, com a suscetibilidade atribuída a cada categoria de uso (Quadro 1).

### **Clima (intensidade pluviométrica) (C)**

Para os valores de precipitação pluviométrica, foram coletados dados de quatro estações meteorológicas instaladas nas imediações da respectiva bacia, abrangendo, inclusive, os municípios vizinhos, para que a interpolação dos pontos contemplasse a área de estudo em sua totalidade.

O tratamento dos dados resultou, a priori, na soma da média mensal, posteriormente na média anual e por fim na média referente aos 30 anos de análise. Com os valores da média de precipitação, aplicou-se a equação de intensidade pluviométrica, que equivale à divisão da média climática pela quantidade de meses de chuva. Os dados de média mensal/anual e intensidade pluviométrica foram especializados com o auxílio do programa *ArcGis 10.8/ESRI*, no qual foram atribuídos os valores da respectiva suscetibilidade (Quadro 1).

Embrapa (2020): A metodologia adotada pela Embrapa para o mapeamento da suscetibilidade dos solos à erosão hídrica, atualizada em 2022 a partir de uma versão inicial de 2020, é um exemplo sofisticado de modelagem espacial que busca capturar a sensibilidade dos solos à erosão hídrica levando em conta a interação entre as condições topográficas e climáticas. A estruturação desse modelo envolve a classificação da suscetibilidade dos solos em cinco categorias nominais de intensidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. Este sistema de classificação permite uma análise detalhada e diferenciada da vulnerabilidade dos solos em diferentes regiões do Brasil.

A abordagem metodológica empregada se baseia em uma integração temática conduzida por um modelo conceitual, que combina o conhecimento especializado com dados espaciais específicos. Três componentes principais formam a base deste modelo: Mapa de Erodibilidade dos Solos do Brasil (Embrapa, 2020): Este mapa detalha a suscetibilidade natural dos solos à erosão, fornecendo um panorama nacional que é crucial para entender a variabilidade da erodibilidade do solo. Mapa de Erosividade das Chuvas do Brasil (Embrapa, 2020): Representa a intensidade e a capacidade das chuvas em causar erosão, um fator climático chave que influencia diretamente a suscetibilidade do solo à erosão hídrica. Modelo Digital do Terreno (SRTM/NASA) com 30 m de resolução espacial: Fornece uma representação tridimensional da superfície da Terra, permitindo a análise das características topográficas que afetam o escoamento da água e, conseqüentemente, a erosão.

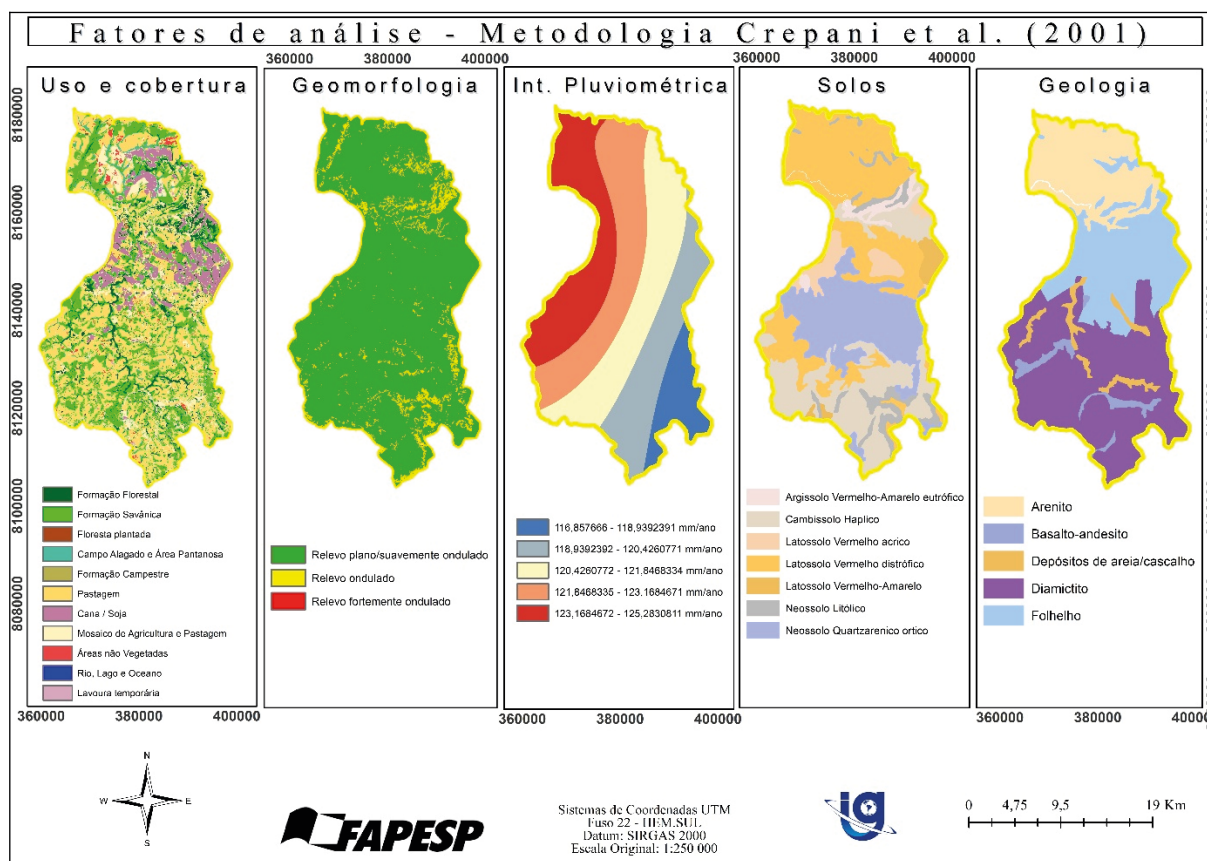
Para a construção do modelo, os dados originais, tanto em formato raster (Mapa de Erosividade das Chuvas e Modelo Digital do Terreno) quanto em formato vetor (Mapa de Erodibilidade dos Solos), foram convertidos e padronizados para o formato raster com uma resolução espacial de 30x30 metros. Essa uniformização facilita a sobreposição e a análise integrada dos dados, permitindo uma avaliação mais precisa da suscetibilidade dos solos à erosão em todo o território nacional.

O mapeamento resultante, disponível no site da Embrapa, oferece uma ferramenta valiosa para o planejamento ambiental e territorial, permitindo a identificação de áreas prioritárias para ações de conservação do solo e gestão de recursos hídricos. Para este estudo, o mapeamento pré-existente foi utilizado para comparar os resultados obtidos com a metodologia de Crepani *et al.* (2001), proporcionando uma análise comparativa que enriquece o entendimento das dinâmicas de suscetibilidade à erosão hídrica na área de estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A pesquisa desenvolvida e a aplicação da metodologia permitiram elaborar um mapeamento da suscetibilidade ambiental à erosão. Assim, a seguir é apresentada na Figura 2 o conjunto de mapas referentes aos fatores analisados (geologia, solos, uso e ocupação, geomorfologia e os dados referentes à intensidade pluviométrica) (Figura 2). Com base nesses produtos, foram encontrados valores de suscetibilidade de suas classes para que, ao final, se elaborasse o mapeamento indicativo de suscetibilidade à erosão da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, utilizando-se a técnica de álgebra de mapas. A área da alta bacia hidrográfica do rio Araguaia, da qual faz parte a bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, está inserida parte na Bacia Sedimentar do Paraná, parte na província do Tocantins e parte nas coberturas inconsistentes e inconsolidadas de textura argilosa a média, de datação geológica cenozóica (Tavares; Romão; Oliveira, 2020).

De acordo com os dados do serviço geológico do Brasil (CPRM) para o estado de Goiás, cinco formações constituem o embasamento geológico/litológico da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso: Furnas e Ponta Grossa do grupo Paraná (410 m.a.); Aquidauana do grupo Itararé (320 m.a.); Serra Geral do grupo São Bento (135 m.a.) e depósitos aluvionares.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 2. Fatores de análise para o mapeamento da suscetibilidade à erosão.

A bacia apresenta em sua extensão a litologia referente a folhelhos, basaltos-andesitos, diamictito, arenito, siltito, argilito e depósitos de areia e cascalho. Em termos quantitativos, as porcentagens em km<sup>2</sup> estão expressas na Tabela 1. A presença de diamictito aparece em maiores quantidades de área, seguido dos folhelhos e arenitos.

Tabela 1. Litologia em km<sup>2</sup> da Bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso.

Litologias	Km <sup>2</sup>	%
Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	62,574286	2%
Basalto, Basalto-andesito	56,419059	1%
Diamictito	2321,45915	57%
Folhelho	798,544518	20%
Arenito	831,552737	20%
Total	4070,615346	

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Conforme se observa no mapa geológico e nos dados apresentados na tabela acima e no Quadro 1, os níveis de suscetibilidade geológica de menor grau foram atribuídos ao basalto, 1,5; os depósitos de areia e cascalho, derivados da desagregação de rochas como o arenito, associados à litologias mais frágeis, classificadas como de maior suscetibilidade, atribui-se 3,0. O diamictito e siltito correspondem ao 2,5; para os folhelhos, 2,8; e os arenitos com valor de suscetibilidade 2,4. A análise dos índices indica que a litologia encontrada é de fácil desagregação, principalmente quando exposta a fatores intempéricos como a água. Os valores de suscetibilidade empregados correspondem aos índices propostos por Crepani *et al.* (2001).

No contexto geomorfológico, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992), a área apresenta compartimentos geomorfológicos correspondentes a Planaltos, Planícies, Depressões e Patamares. O terreno é caracterizado por relevo plano e suavemente ondulado em quase toda a área da bacia. As feições onduladas e fortemente onduladas são avistadas em pequenas porções mapeadas nos extremos Norte e Sul, correspondentes as maiores declividades e altitudes, representadas pelas rugosidades em evidência no mapa geomorfométrico.



Como resultado da equação aplicada, utilizando-se os mapas de declividade, amplitude altimétrica e dissecação horizontal, obteve-se o mapa geomorfológico, com valores de suscetibilidade. Os dados resultantes da equação dos mapas determinaram áreas correspondentes a níveis de suscetibilidade que iniciaram em 1,6 (moderadamente estável) até 3,0 (classificados como suscetíveis). Os valores indicativos de áreas mais suscetíveis encontram-se nos extremos Sul e Norte da bacia hidrográfica. Mediante a análise da declividade, constatou-se inclinações na área vão de 0% a 73,1%. A maior parte da área apresenta relevo plano a levemente ondulado, o que representa cerca de 70% da área de estudo. O restante se distribui entre relevos classificados como ondulados, fortemente ondulados e uma pequena porção de caráter montanhoso, expressos pelos pontos com maior declive. Os valores obtidos de amplitude altimétrica basearam-se na delimitação de pontos altimétricos e microbacias, que expressaram valores de 0 a 250m. Para a dissecação horizontal, os valores obtidos expressam intervalos que vão de 6m a 254m de dimensão interfluvial. De acordo com Crepani *et al.* (2001), quanto maiores forem os interflúvios ou menor for a intensidade de dissecação, menores são os valores de suscetibilidade a serem atribuídos, ou seja, mais próximo da estabilidade.

No caso dos solos, a partir dos dados compilados obtidos do banco de dados geográficos da EMATER, a bacia é composta em maior quantidade por Latossolos, com 806,866 km<sup>2</sup> de área (Tabela 2), os quais podem ser divididos em Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho árico. Os solos do tipo Latossolo Vermelho apresentam textura argilosa, com o horizonte A moderado e álico, ocupando principalmente relevos de topografia plana, sendo usado na maioria das vezes para pastagens e culturas agrícolas, por favorecerem o trabalho com maquinários.

**Tabela 2.** Pedologia em km<sup>2</sup> da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso.

Solos	Km <sup>2</sup>	%
Argissolo Vermelho-Amarelo	47,667764	3%
Cambissolo Háplico	429,383698	23%
Latossolo Vermelho-Amarelo	35,86917	2%
Latossolo Vermelho árico	770,997252	42%
Neossolo Litólico	108,654241	6%
Neossolo Quartzarênico órtico	436,96382	24%
total	1829,535945	

Fonte: Organizado pelos autores, 2020

Conforme apresentado na Tabela 2, a área apresenta quatro tipos de solos predominantes: Latossolo Vermelho árico (42%), Neossolo Quartzarênico órtico (24%), Cambissolo Háplico (23%). O Cambissolo Háplico distrófico é caracterizado pela baixa fertilidade natural, apresentando pouca profundidade e pequena diferenciação entre horizontes (Souza *et al.*, 2020). O Latossolo Vermelho-Amarelo possui alto teor de areia e/ou estrutura granular, que contribui para uma porosidade efetiva alta, conseqüentemente, possui uma boa drenagem, e baixa fertilidade natural (Franco *et al.*, 2020). O neossolo quartzarênico órtico é bem desenvolvido e profundo, bastante suscetível à erosão, especialmente quando exposto ao fluxo superficial concentrado (Nogueira; Tocantins; Salomão, 2019).

O uso e cobertura, derivado do mapeamento representativo da coleção 8 do MapBiomias, apresenta duas classes com porcentagens mais representativas da área, Cerrado com 54%, que segundo Carneiro (2012), abrange também as fitofisionomias campestres como os campos limpo, sujo, além das savânicas e agropecuária com 33%, referente à usos como pastagem, lavouras e pecuária. Solo exposto e floresta, englobando as matas de galeria e ciliar, apresentaram porcentagens entre 0,5% e 12% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Uso e cobertura das terras em km<sup>2</sup> da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso

Uso e cobertura	Km <sup>2</sup>	%
Solo Exposto	9,020336	0,5%
Agropecuária (Pastagem, Cana/Soja, Mosaicos de agricultura, Lavoura temporária)	600,7713	33%
Cerrado (Formação Savânica, Formação Campestre)	995,9371	54%
Floresta (Formação Florestal, Floresta Plantada)	224,631	12%
Total	1830,359736	

Fonte: Organizado pelos autores (2020).

De acordo com Crepani *et al.* (2001), a distribuição das chuvas é muito importante na análise de perda de solo, principalmente por quantificar a vulnerabilidade de uma determinada unidade de paisagem. Isso significa dizer que, no caso de chuvas intensas em um curto período, o volume de água disponível é grande, traduzindo-se em uma maior

capacidade à erosão. Com os dados obtidos, os valores da precipitação média mensal e da intensidade pluviométrica, para cada uma das quatro estações, são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Precipitação e intensidade pluviométrica média mensal, de 1987 a 2022, na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso.

Código estação	Estação	Precipitação (mm) (média – 30 anos)	Intensidade pluv. (média mensal)
1652000	Bom Jardim De Goiás	1300,056	185,7151
1652003	Doverlândia	1262,739	180,3913
1651002	Piranhas	1170,231	167,1759
1651000	Caiapônia	1149,749	164,2499

Fonte: Organizado pelos autores (2020).

Pelos valores de intensidade, verifica-se que o índice pluviométrico é considerado moderadamente estável, conseqüentemente, a erosividade, devido à chuva, também pode ser analisada como de valores baixos, levando-se em conta que o índice oscila entre 1 e 3. Entretanto, salienta-se a importância de se dar atenção à análise dos dados diários, para verificar a intensidade de modo mais pormenorizado possível.

Através do mapeamento realizado, observa-se que a bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso apresenta valores que vão de 1,0 (estável) a 2,5 (moderadamente suscetível), representando grande parte da área a classe medianamente estável/suscetível, que compreende 78%, indicada pelos valores que vão de 1,8 a 2,2 de suscetibilidade. O grau denominado moderadamente estável apresentou 17%, que corresponde aos valores de 1,4 a 1,7. Seguido em ordem decrescente pelo grau moderadamente vulnerável, representados pelos índices que oscilam entre 2,3 e 2,5 que em porcentagem representam 4%. O grau de suscetibilidade estável, com 0,4% consistiu na menor área do mapeamento, que se iniciam em 1,0 e vai até 1,3. Esses valores e suas respectivas porcentagens estão expressos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Suscetibilidade à erosão em km<sup>2</sup> da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso (Crepani *et al.*, 2001).

Classes de suscetibilidade	km <sup>2</sup>	%
estável (1,0-1,3)	7,218953	0,4%
moderadamente suscetível (1,4-1,7)	317,182	17%
medianamente estável/suscetível (1,8-2,2)	1435,069	78%
moderadamente suscetível (2,3-2,5)	71,20138	4%

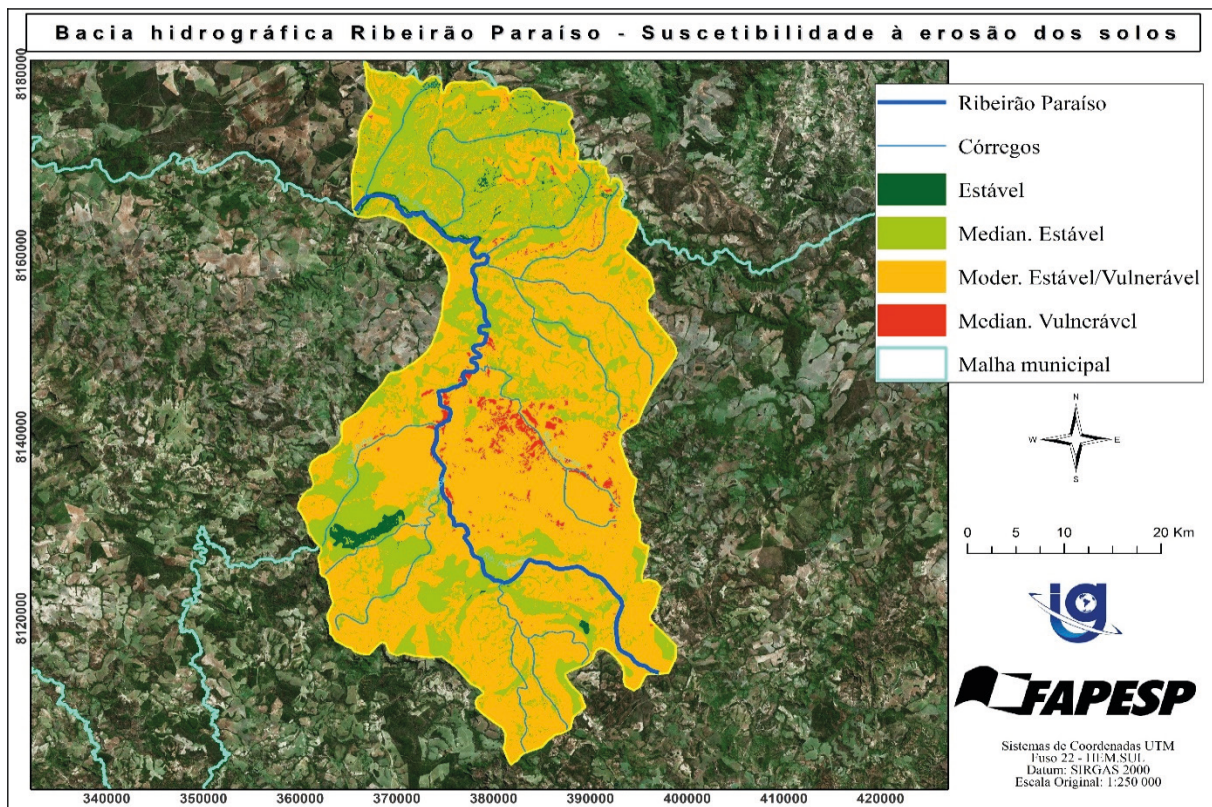
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Considerando-se os processos de dinâmica morfológica característicos da bacia analisada, as áreas correspondentes às suscetibilidades mais baixas (estáveis e moderadamente estáveis) estão ocupadas geralmente florestas, matas de galeria e Cerrado e inseridas em relevos médios ondulados, correspondentes às margens dos principais cursos d'água dessa bacia. Há também solos mais profundos e intemperizados nessas áreas, como latossolos vermelho e amarelo.

Conforme mapeamento apresentado na Figura 3, a classe moderadamente estável/suscetível representa a maior parte da bacia, onde a parcela mais significativa é ocupada por áreas agrícolas e atividades humanas como pastagem e solo descoberto. Esta categoria também expressa valor em encostas íngremes, relevos ondulados, erosão recuante, colinas e áreas montanhosas.

As regiões mapeadas com maior suscetibilidade, localizam-se majoritariamente na parte central, o que evidencia uma relação à existência de relevo ondulado, a litologia composta principalmente por arenito e presença de solos arenosos, bem como intenso uso agropecuário. Como já comentado, a retirada ou a conversão da cobertura vegetal em pasto, associado aos outros fatores analisados incidem em áreas de maior suscetibilidade, atestado pelo mapeamento realizado, reafirmando a importância da vegetação na estabilidade da dinâmica da paisagem.

Em análise das relações entre os fatores já evidenciados, a saber, Geologia, Geomorfologia e Solos com o Uso e cobertura, evidencia-se a forte relação da vegetação natural e/ou a falta dela com áreas classificadas por maiores índices de suscetibilidade. Como exemplo, o extremo Sul e Centro, composto por arenitos e folhelhos; relevo movimentado e presença de neossolos e cambissolos, nota-se que o tipo de uso é predominantemente agropecuário, que comumente é caracterizado pela troca da vegetação natural por pasto. Essa troca, de maneira inadequada, acarreta a somatória de suscetibilidades, que em interação com outros fatores favorece a perda de solos.

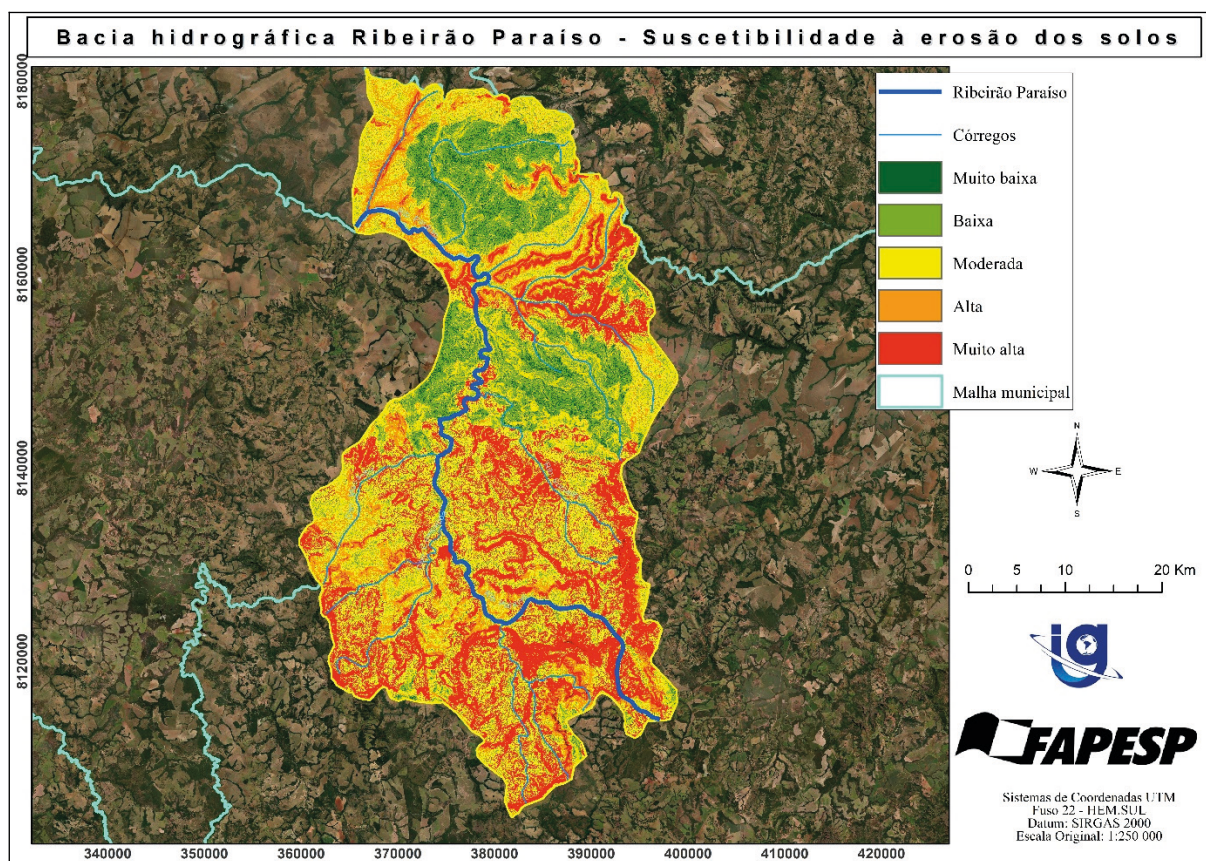


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 3. Mapeamento da suscetibilidade à erosão baseado em Crepani *et al.* (2001).

Com essa análise, é reforçado a importância da vegetação, e principalmente em mantê-la. Com a presença da vegetação ou o uso e manejo adequado para a localidade, processos de perda e de suscetibilidade tendem a ter menor incidência. A água como principal fator de transporte de material, na presença de vegetação diminui sua velocidade cinética, tendo em vista as raízes geram fortes agregações no solo, favorecendo também a infiltração da água, ocasionando em estabilidade.

A partir dos dados de suscetibilidade disponibilizados pela Embrapa, foram contabilizadas 5 classes de suscetibilidade para a área de estudo: Muito baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito alta (Figura 4 e Tabela 6).



Fonte: Adaptado de Embrapa (2020).

Figura 4. Mapeamento da susceptibilidade à erosão EMBRAPA (2020).

Tabela 6. Suscetibilidade à erosão em km<sup>2</sup> da bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso (Embrapa, 2020).

Classes de susceptibilidade	km <sup>2</sup>	%
Muito baixa	49,471622	2,74%
Baixa	345,31982	19,10%
Moderada	703,067579	38,89%
Alta	202,31377	11,19%
Muito alta	507,570953	28,08%
Total:	1807,743744	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A análise dos dados referentes à susceptibilidade à erosão dos solos na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, conforme apresentados na Figura 4 e na tabela de dados quantitativos (Tabela 6), revela uma distribuição heterogênea das classes de susceptibilidade. Observa-se que a maior proporção da área, correspondendo a 38,89%, é classificada com susceptibilidade moderada à erosão. Esse resultado sugere que uma parcela significativa do terreno apresenta condições que podem favorecer processos erosivos sob certas circunstâncias, como chuvas intensas ou práticas inadequadas de manejo do solo. Nessa classe os solos podem não ser extremamente resistentes à erosão, mas as condições topográficas, a vegetação e o manejo do solo contribuem para manter a erosão em níveis gerenciáveis.

As áreas classificadas como de susceptibilidade muito alta representam 28,08% da bacia, indicando uma preocupação considerável em termos de potencial degradação do solo e perda de fertilidade. A extensão dessas áreas requer uma atenção especial para práticas de manejo e conservação do solo para mitigar os riscos de erosão. São caracterizadas por solos altamente erodíveis, declives acentuados, pouca ou nenhuma cobertura vegetal e condições climáticas que favorecem a ocorrência de processos erosivos intensos.

As classes de susceptibilidade baixa e muito baixa, que somam juntas 21,84%, refletem as áreas menos propensas à erosão, onde as condições do solo, topografia e cobertura vegetal contribuem para uma maior estabilidade e resistência aos processos erosivos. Essas áreas podem ser consideradas como zonas de menor risco, onde práticas de uso do solo menos restritivas podem ser aplicadas. A classe muito baixa está associada a áreas onde os fatores

condicionantes, como a resistência do solo à erosão (baixa erodibilidade), a proteção da cobertura vegetal, a topografia suave e as condições climáticas, contribuem para uma mínima ocorrência de erosão. A percentagem de 2,74% do total da área indica regiões potencialmente estáveis onde medidas de conservação do solo podem ser menos intensivas. A Classe de suscetibilidade baixa representa 19,10% da área, esta classe indica solos com maior resistência à erosão ou condições topográficas e climáticas que não favorecem fortemente a erosão.

Por outro lado, a classe de alta suscetibilidade, que abrange 11,19% da área, também demanda estratégias eficazes de manejo para prevenir a erosão, uma vez que tais locais estão em uma condição intermediária e podem evoluir para uma condição de maior risco sob influência antrópica ou eventos climáticos extremos. Essa classe indica áreas onde os solos são mais susceptíveis à erosão, podendo ser devido a uma combinação de solos mais erodíveis, maior declividade, práticas de uso do solo que expõem o solo ou condições climáticas que promovem a erosão, como chuvas intensas.

### **Comparação entre resultados**

As metodologias de Crepani *et al.* (2001) e da Embrapa (2020) para mapeamento da suscetibilidade à erosão oferecem abordagens distintas que refletem em resultados variados. A metodologia de Crepani *et al.* foca em parâmetros morfogenéticos e pedogenéticos, oferecendo uma análise detalhada do terreno e do solo, que influencia diretamente a suscetibilidade à erosão. Por outro lado, a Embrapa, com sua atualização em 2022, adota uma integração temática baseada em conhecimento especialista, incorporando fatores como erodibilidade dos solos, erosividade das chuvas e topografia, fornecida pelo Modelo Digital do Terreno (SRTM/NASA) com 30 m de resolução espacial.

A diferença fundamental entre as duas metodologias reside na abrangência e na natureza dos dados analisados. Enquanto Crepani *et al.* se concentram em aspectos físicos específicos do terreno e do solo, a Embrapa abrange uma gama mais ampla de variáveis, incluindo condições climáticas e topográficas, para determinar a suscetibilidade à erosão. Essa diferença de abordagem resulta em mapas de suscetibilidade que podem variar significativamente em termos de identificação de áreas de risco.

Como já esperado, os resultados gerados pela metodologia de Crepani *et al.* (2001) tendem a ser mais detalhados em termos de características físicas do solo e do terreno, o que pode ser particularmente útil para aplicações que requerem um alto grau de especificidade. Por outro lado, a abordagem da Embrapa, fornece uma visão mais holística da suscetibilidade à erosão, o que pode ser vantajoso para o planejamento de uso do solo em escala regional ou nacional.

A escolha entre essas metodologias, portanto, depende dos objetivos específicos do mapeamento e das características da área de estudo. Para análises que exigem um foco em propriedades específicas do solo e do terreno, a metodologia de Crepani *et al.* (2001) pode ser mais apropriada. Para avaliações que necessitam de uma compreensão abrangente dos riscos de erosão em uma área mais ampla, a metodologia da Embrapa pode ser mais indicada.

O mapeamento da Embrapa categoriza a suscetibilidade à erosão em cinco classes distintas, desde "Muito Baixa" até "Muito Alta". Os dados quantitativos indicam que uma grande parte da área estudada apresenta suscetibilidade "Moderada" (38,89%) e "Muito Alta" (28,08%). Por outro lado, o mapeamento realizado com a metodologia de Crepani *et al.* (2001) apresenta uma distribuição diferente. A maior parte da área é classificada como "Medianamente Estável/Suscetível" (78%), o que indica uma predominância de condições de estabilidade moderada na área, mas com uma suscetibilidade potencial à erosão. As outras categorias, como "Estável" e "Moderadamente Suscetível", compõem proporções menores da área total, sendo 0,4% e 17% respectivamente.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A crescente implementação de novas técnicas e o avanço das tecnologias em geoprocessamento têm impulsionado significativamente a pesquisa em suscetibilidade à erosão, fortalecendo o arcabouço teórico e metodológico disponível para análise ambiental. A integração de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem aprimorado a qualidade dos dados e dos produtos cartográficos, permitindo um planejamento e controle mais efetivos por parte dos órgãos gestores. Em particular, a comparação entre as metodologias de Crepani *et al.* (2001) e da Embrapa (2020) para mapeamento da suscetibilidade à erosão revelou diferenças notáveis em suas abordagens e resultados. Enquanto a metodologia de Crepani *et al.* oferece um detalhamento minucioso, fundamentado em uma ampla gama de fatores físico-ambientais, a metodologia da Embrapa proporciona uma visão mais geral, que pode ser imediatamente aplicada ao manejo do território.

Os impactos antrópicos que resultam em perdas econômicas, de biodiversidade e danos culturais, frequentemente irreversíveis, reforçam a necessidade de tais ferramentas analíticas avançadas. A análise dos resultados mostrou que uma proporção significativa da bacia do Ribeirão Paraíso está vulnerável à erosão, evidenciando a necessidade de

monitoramento e ações mitigadoras nas áreas de maior risco. A comparação realizada sublinha a importância de escolher a metodologia adequada para cada caso específico, garantindo que as práticas de manejo e conservação sejam baseadas em informações precisas e contextualizadas.

A análise da suscetibilidade à erosão, enriquecida pela comparação metodológica, provou ser eficaz na identificação das áreas mais vulneráveis. Esta abordagem comparativa não apenas reforça a capacidade de diagnóstico, mas também amplia as possibilidades para o desenvolvimento de estratégias proativas de planejamento e mitigação. A metodologia aplicada demonstrou ser uma valiosa alternativa para a gestão dos recursos naturais, tanto no âmbito público quanto no privado, contribuindo para a prevenção e o monitoramento dos impactos ambientais.

Concluindo, este estudo reitera o valor de combinar diferentes metodologias para obter uma compreensão abrangente da suscetibilidade à erosão em bacias hidrográficas como a do Ribeirão Paraíso.

## REFERÊNCIAS

- ADGER, W.N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, v.16, n.3, p.268-281, 2006.
- BRAMORSKI, J., CRESTANA, S. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo e chuva simulada. *Revista Sítio Novo*, 4(2), 73-80, 2020.
- CARNEIRO, G. T. **Processo de fragmentação e caracterização dos remanescentes de Cerrado: Análise ecológica da paisagem da bacia do rio dos Peixes (GO)**. Tese. Doutorado em Ciências Ambientais. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 135 fls. 2012.
- CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; FILHO, P. H; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (Primeira aproximação)**, 2020. Disponível em <<https://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916>>. Acesso em: 10 de março de 2024.
- FRANCO, A. C. S., DE OLIVEIRA FERREIRA, F. A., SOUZA, J. D., MATEUS, N. B., SOUZA, J. C. Caracterização física simplificada dos solos que margeiam a rodovia go-070, entre as cidades de GOIÁS E ITABERAÍ (GOIÁS). *Revista Geoaraguaia*, 10, 155-170. 2020.
- KASPERSON, RE, DOW, K., ARCHER, E., CACERES, D., DOWNING, T., ELMQVIST, T., VOGEL, C. Povos e lugares vulneráveis. *Ecossistemas e bem-estar humano: Estado e tendências atuais*, 1, 143-164. 2005.
- LEPSCH, I.F.; ESPINDOLA, C.R.; FILHO, O.J.V.; HERNANI, L.C.; SIQUEIRA, D.S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 170p. 2015.
- LOPES, M. S.; SALDANHA, D. L. Análise de vulnerabilidade natural a erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da bacia hidrográfica do Camaquã – RS. *Revista Brasileira de Cartografia*. Nº68/9. Edição especial Movimentos de massa e processos erosivos. Rio de Janeiro. 2016. p.1689-1708.
- MACHADO, N. L.; LOSS, A.; BACIC, Z. I. L.; DORTZBACH, D.; DE CAMPOS LALANE, H. Vulnerabilidade à perda de solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Brasil. *Scientia Agropecuaria*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 159-168, 2017. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2017.02.08.
- MARCATTO, F. S; SILVEIRA, H. Efeitos do uso e manejo e dinâmica físico-hídrica de um sistema pedológico derivado de arenitos, no Paraná-Brasil. *Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia*, v. 32, n. 1, 2023.
- MESQUITA, C.; ASSIS A. Q. S.; SOUZA, R. M. Vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do rio sagrado –Morretes/pr. *Revista de Geografia*, UFPE, v. 27, n. 2, p.214-264, 2010. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2010.228872>
- MUÑOZ, V. A.; VALERIANO, M. M. Modelagem da dissecação por geoprocessamento para delimitação de manchas de solo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 14. (SBSR), 2009, Natal. [Anais...] São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7741-7748.
- NASCIMENTO, M. A. Geomorfologia do estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, 12(1), 01–22. 1992. <https://doi.org/10.5216/bgg.v12i1.4371>
- NEOTROPICA TECNOLOGIA AMBIENTAL, EIBH, **Estudo integrado de bacia hidrográfica para avaliação do aproveitamento hidrelétrico no estado de Goiás**. EIBH – Bacia do Rio do Peixe, Goiânia, 2010.
- NICOLAU, R. F. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do rio do Peixe –Goiás. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia-MG, v. 19, n. 66 p. 285–296. 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196620>
- NOGUEIRA, A. M., TOCANTINS, N., & SALOMÃO, F. D. T. Degradação de áreas com processo de Arenização na Bacia do Córrego Guanabara, Município de Reserva do Cabaçal-MT. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(3), 722-737. 2019.

- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030**. Genebra: UNISDR. 2015. Disponível em: <[https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. de 2019.
- RIFFEL, E. S., RUIZ, L. F. C.; GUASSELLI, L. A. Mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos a partir de mineração de dados e do modelo SHALSTAB. **Revista Brasileira de Cartografia**, 68, 1805-1818, 2017.
- ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R.; WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 29, p. 262-278, 2015. DOI: 10.11606/rdg.v29i0.102085.
- ROVANI, F. F. M.; VIERA, M. Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins-RS. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 23, n. 2, pág. 151-160, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.125614>.
- DA SILVA FILHO, A. L., DA COSTA, V. C. Análise Comparativa Da Modelagem Para Mapeamento De Suscetibilidade À Inundação, Nas Sub-Bacias Rio Da Prata Do Mendanha E Campinho, Município Do Rio De Janeiro. **Revista Tamoios**, 19(2), 4-23, 2023.
- SOUZA, J. C., DA SILVA, A. D. L., SALGADO, A. P., DA MATA, A. D. S., GODINHO, D. C. Avaliação geoambiental das margens da rodovia GO-070: trajeto entre as cidades de Goiás (GO) e Itaberaí (GO). **Cerrados**, 18(1), 23-43. 2020.
- TAVARES, K. S. R.; ROMAO, P. A.; OLIVEIRA, I. J. de. Vulnerabilidade Ambiental no Município de São Domingos (GO). **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 13, p. 2212-2232, 2020. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2212-2232>.
- TRICART, J. **Ecodinâmica. Recursos Naturais e meio ambiente**. Rio de Janeiro. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, n.1, 1977.
- YOKOMIZO, G. K. I., ARIAS, C. A. A., DA SILVA NETO, S. P., DOS SANTOS, I. C. Desempenho de cultivares de soja no cerrado do amapá quanto a estabilidade e adaptabilidade. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, 9(1), 1-11, 2022.
- ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Editora da UNESP, 2010.