Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Geoconexões

ANÁLISE DE RISCO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL USANDO O MÉTODO AHP NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO GRAVATÁ NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL-PB

ENVIRONMENTAL DEGRADATION RISK ANALYSIS USING THE AHP METHOD IN THE GRAVATÁ STREAM MICROBASIN IN THE MUNICIPALITY OF PRINCESA ISABEL-PB

ANÁLISIS DE RIESGO DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE EL MÉTODO AHP EN LA MICROCUENCA DEL ARROYO GRAVATÁ EN EL MUNICIPIO DE PRINCESA ISABEL-PB

Histórico do Artigo
Submetido em: 26/01/2025
Aceito em: 20/04/2026
Publicado em: 01/11/2026

Dalva Damiana Estevam da Silva **Fábio Remy de Assunção Rios** **Sergio Murilo Santos de Araújo**

RESUMO

A intensificação das atividades antrópicas em bacias hidrográficas tem ampliado os riscos de degradação ambiental, exigindo análises integradas que considerem fatores físicos e socioespaciais. O risco ambiental refere-se à probabilidade de ocorrência de danos decorrentes da interação entre a suscetibilidade natural do meio e as pressões antrópicas. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar o risco de degradação ambiental na microbacia hidrográfica do Riacho Gravatá no município de Princesa Isabel-PB, utilizando o Processo Analítico Hierárquico (AHP) associado a técnicas de geoprocessamento. Na metodologia, foram considerados como critérios de análise o uso e a ocupação do solo, os tipos de solo, a declividade e a densidade habitacional. A aplicação do Modelo Multicritério possibilitou a normalização, a ponderação e a integração dos fatores, por meio da álgebra de mapas, que resultou no mapa de risco de degradação ambiental. Os procedimentos foram realizados no QGIS 3.16 *Hannover*. Os resultados indicam predominância das classes de risco baixa (51,55%), associadas a áreas com maior cobertura vegetal densa e semidensa, enquanto o risco de degradação ambiental moderada (21,67%) está relacionado a áreas montanhosas com vegetação preservada e, em alguns locais, a vegetação é mais rala. Nas demais áreas, verificou-se as classes de risco de degradação alta (14,57%) e muito alta (12,21%), que estão ligados à expansão da agropecuária e à urbanização. O mapeamento mostrou-se eficaz como instrumento de apoio ao planejamento ambiental e à gestão territorial sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: degradação ambiental; bacias hidrográficas; AHP; geoprocessamento.

ABSTRACT

The intensification of human activities in river basins has increased the risks of environmental degradation, requiring integrated analyses that consider both physical and socio-spatial factors. Environmental risk refers to the probability of damage resulting from the interaction between the natural susceptibility of the environment and human pressures. In this context, this research aimed to analyze the risk of environmental degradation in the Gravatá Stream micro-watershed in the municipality of Princesa Isabel-PB, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method combined with geoprocessing techniques. The methodology considered land use and occupation, soil types, slope, and population density as analysis criteria. The application of the Multicriteria Model enabled the normalization, weighting, and integration of factors through map algebra, resulting in the environmental degradation risk map. Procedures were performed in QGIS 3.16 Hannover. The results indicate a predominance of low-risk classes (51.55%), associated with areas with greater dense and semi-dense vegetation cover, while the risk of moderate environmental degradation (21.67%) is related to mountainous areas with preserved vegetation, and in some places the vegetation is sparser. In the remaining areas, the risk classes of high (14.57%) and very high (12.21%) degradation are linked to the expansion of agriculture and urbanization. The mapping proved to be effective as a tool to support environmental planning and sustainable territorial management.

KEYWORDS: environmental degradation; watersheds; AHP; geoprocessing.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

RESUMEN

La intensificación de las actividades humanas en las cuencas hidrográficas ha incrementado los riesgos de degradación ambiental, lo que requiere análisis integrados que consideren tanto factores físicos como socioespaciales. El riesgo ambiental se refiere a la probabilidad de daño resultante de la interacción entre la susceptibilidad natural del medio ambiente y las presiones humanas. En este contexto, esta investigación tuvo como objetivo analizar el riesgo de degradación ambiental en la microcuenca del arroyo Gravatá en el municipio de Princesa Isabel-PB, utilizando el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) combinado con técnicas de geoprocesamiento. La metodología consideró el uso y la ocupación del suelo, los tipos de suelo, la pendiente y la densidad poblacional como criterios de análisis. La aplicación del Modelo Multicriterio permitió la normalización, ponderación e integración de factores mediante álgebra de mapas, lo que resultó en el mapa de riesgo de degradación ambiental. Los procedimientos se realizaron en QGIS 3.16 Hannover. Los resultados indican un predominio de clases de riesgo bajo (51,55%), asociadas a áreas con mayor cobertura vegetal densa y semidensa, mientras que el riesgo de degradación ambiental moderada (21,67%) se relaciona con zonas montañosas con vegetación preservada, y en algunos lugares la vegetación es más dispersa. En las áreas restantes, las clases de riesgo de degradación alta (14,57%) y muy alta (12,21%) se vinculan a la expansión de la agricultura y la urbanización. El mapeo demostró ser una herramienta eficaz para apoyar la planificación ambiental y la gestión territorial sostenible.

PALABRAS CLAVE: degradación ambiental; cuencas fluviales; AHP; geoprocesamiento.

1 INTRODUÇÃO

O processo de conversão dos sistemas naturais em sistemas humanos foi intensificado nas últimas décadas, e a natureza dos impactos negativos foi se diversificando e se apresentando em amplas magnitudes (Andrade, 1973; Vila Nova; Torres; Coelho, 2015). Nesse contexto, a degradação ambiental tem como principal origem a ação antrópica, que causa a exploração dos recursos naturais, sendo um fator preponderante de alteração do meio ambiente.

A degradação resulta da utilização dos recursos naturais em diferentes níveis, surgindo da necessidade de organizar-se e fixar-se em um determinado espaço geográfico, alterando o meio natural e gerando problemas ambientais (Rubira, 2016; Freitas, 2020). Em bacias hidrográficas, essa temática tem sido recorrente, uma vez que as alterações no uso do solo têm aumentado de forma desenfreada, podendo causar impactos ambientais significativos em médio e longo prazo, que podem afetar o ciclo hidrológico e a disponibilidade de água (França, 2017; Baia *et al*., 2022; Alves *et al*., 2022; Monteiro; Falcão, 2022; Silva; Galvincio; Luz, 2023).

O risco de degradação ambiental está relacionado às atividades antrópicas exercidas no meio ambiente, gerando danos e modificação da paisagem, assim como a fatores naturais, como o relevo. “O risco refere-se à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam direta ou indiretamente a vida humana” (Castro; Peixoto; Rio, 2005, p. 12). Refere-se ainda à probabilidade de ocorrência de danos decorrentes da interação entre a suscetibilidade natural do meio e as atividades antrópicas (Clube do Gis, [2024]).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Assim, os diversos usos do solo podem gerar diferentes processos que resultam em degradação ambiental, como o desmatamento — que torna o solo propício às intempéries (vento, sol, chuva) —, "[...] o extrativismo mineral, o sobrepastoreio das pastagens nativas ou cultivadas e o uso agrícola por culturas que expõem os solos aos agentes erosivos" (Rabelo, 2021, p. 140).

Na microbacia hidrográfica do Riacho Gravatá, os usos são variados, mas a agropecuária é uma das principais atividades que impactam o meio ambiente. O desmatamento para ampliação de áreas de pastagens para a criação de bovinos e caprinos, como também para a agricultura, é uma prática comum. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar o risco de degradação ambiental na microbacia hidrográfica do Riacho Gravatá (MBHRG). Para isso, usou-se o Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* — AHP), uma metodologia amplamente utilizada em estudos integrados a técnicas de geoprocessamento. Essa junção permite a realização de uma análise espacial mais detalhada, contribuindo para a identificação de áreas vulneráveis. O método AHP tem sido empregado "[...] na gestão de recursos hídricos e no manejo de bacias hidrográficas, na definição de áreas prioritárias para recuperação florestal, zoneamentos ecológicos, impactos ambientais, estudos sobre a vegetação, ecologia da paisagem, entre outros" (Santos, 2023, p. 144).

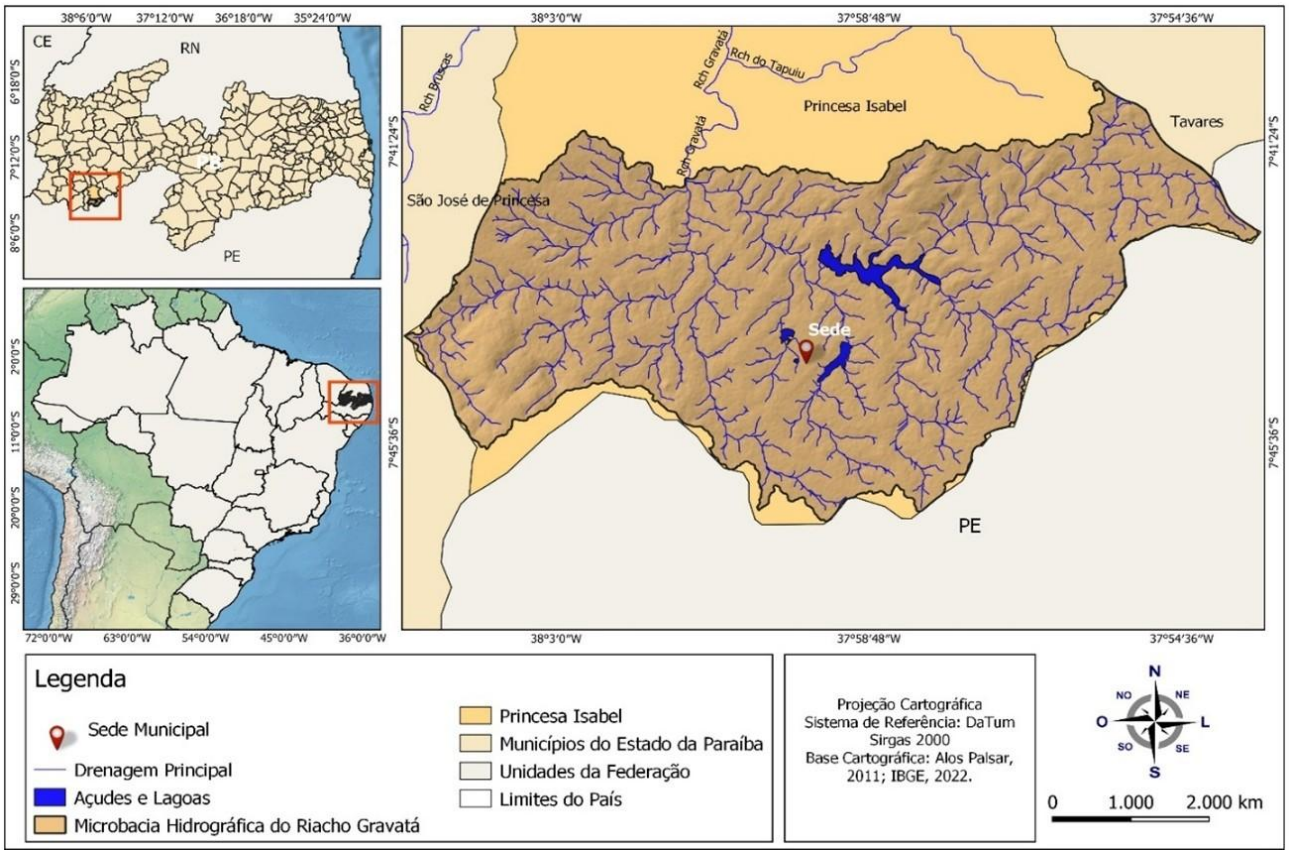
2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

A MBHRG localiza-se no município de Princesa Isabel, na região oeste do estado da Paraíba (Figura 1). O município pertence à microrregião Serra do Teixeira e à mesorregião do sertão paraibano. Tem 21.114 habitantes e área de 368 km^2, com densidade demográfica de 57,29 hab/km^2 (IBGE, 2022). A sede apresenta altitude de 680 m e coordenadas geográficas de 37° 59' 34" de longitude oeste e 07° 44' 13" de latitude sul (Beltrão *et al*., 2005).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 1 – Localização da MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Com relação ao tipo de clima presente na MBHRG, de acordo com a classificação de *Köppen*, é do tipo Aw — quente e úmido com chuvas de verão-outono (Brasil, 1972). Segundo o Serviço Geológico do Brasil (Beltrão *et al*., 2005, p. 5), "[...] durante o dia, as temperaturas são elevadas, ficando amenas à noite, apresentando variações anuais entre 23 e 30° C". As precipitações pluviométricas têm médias anuais em torno de 789,2 mm/ano. No geral, caracteriza-se por ter duas estações: a seca (verão) e a chuvosa (inverno).

O relevo da microrregião da Serra do Teixeira, cuja área da microbacia está inserida, faz parte do Planalto da Borborema. A hidrografia evidencia uma rede de drenagem do tipo intermitente, com padrão predominante dendrítico, e fraturas geológicas para angular. O principal curso d'água é o Riacho Gravatá, que, juntamente com seus tributários, faz parte da Bacia do Rio Piancó (Beltrão *et al*., 2005).

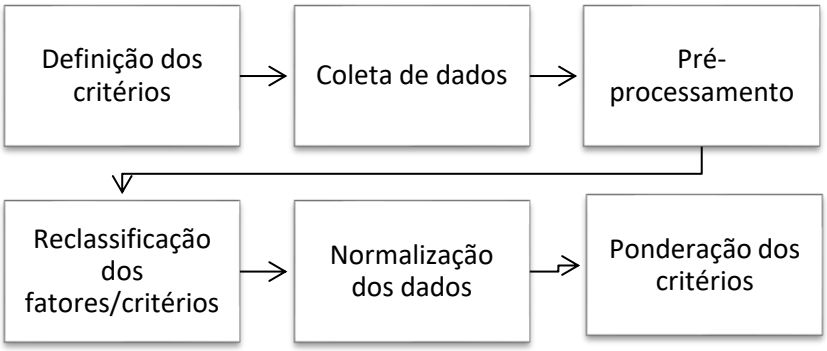
2.2 Método AHP

O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1977). Ele atua na resolução de problemas a partir de múltiplos critérios, por meio dos quais são realizadas a classificação e a comparação, auxiliando

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

na tomada de decisão de problemas complexos (Mazetto, 2020). A metodologia desta pesquisa foi estruturada conforme o fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

2.3 Seleção dos fatores/critérios

Os fatores foram selecionados com base na literatura sobre a temática, sendo utilizados os critérios que são mais usados por outros autores na Análise Multicritério, por meio do AHP, que são: uso e ocupação do solo, tipos de solos, declividade e densidade habitacional.

2.4 Aquisição dos fatores/critérios

Para a elaboração do mapa de risco de degradação ambiental, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Alos Palsar*, com resolução espacial de 12,5 m, obtido na plataforma *Alaska Satellite Facility*, disponível no *Earth Data* da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (*National Aeronautics and Space Administration* — NASA).

A imagem do uso e da ocupação do solo foi baixada na plataforma *Google Earth Engine*, disponibilizada pelo MapBiomas (2023). Os tipos de solos referentes à microbacia foram baixados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e os dados de densidade habitacional foram coletados no *Google Earth* (2024) ponto a ponto, totalizando 10.394 amostras coletadas. Os dados, o tipo, a origem e o ano podem ser observados no Quadro 1:

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Quadro 1 – Dados conforme tipo, origem e ano.

Dados	Tipo	Origem	Ano
Uso e ocupação do solo	Matricial (*raster*)	MapBiomas	2023
Tipos de solos	Vetorial (polígono)	AESA	2024
Declividade	Matricial (*raster*)	*Earth DATA/NASA*	2011
Densidade habitacional	Vetorial (pontos)	*Google Earth*	2024

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

2.5 Pré-Processamento

O pré-processamento foi realizado no QGIS 3.16 *Hannover*, *software* livre e gratuito que consistiu na reprojeção, recorte e transformação dos arquivos vetoriais (*shapefile*) para o matricial (*raster*). Assim, todos os dados ficaram no mesmo formato matricial.

2.6 Reclassificação dos fatores/critérios

A reclassificação ocorreu por meio da utilização da ordem hierárquica arbitrária, com escala de valores de 0 a 1 (Falcão, 2013). A atribuição de valores foi realizada para cada classe de critérios/fatores. Assim, quanto maior forem os valores aplicados em cada classe, maior será o risco de degradação ambiental da área, sendo os recursos hídricos um fator restritivo em que se atribuiu o valor 0, portanto, não sendo levado em conta na álgebra de mapas (Quadro 2). Na declividade, usou-se as classes estabelecidas pela Embrapa (1979).

Quadro 2 – Reclassificação e definição dos pesos dos fatores/critérios.

Fatores/critérios			
Uso e ocupação do solo	**Tipos de solos**	**Declividade**	**Densidade habitacional**
Formação florestal (0,12)	CXbe1 – Cambissolo Háplico (1)	Plano (0 – 3%)	0,0 – 0,2
Formação savânica (0,25)	CXbe2 – Cambissolo Háplico (1)	Suave ondulado (3 – 8%)	0,2 – 0,4
Formação campestre (0,37)	PVAe2 – Argissolo Vermelho-Amarelo (0,67)	Ondulado (8 – 20%)	0,4 – 0,6
Pastagem (1)	PVAe6 – Argissolo Vermelho-Amarelo (0,67)	Forte ondulado (20 – 45%)	0,6 – 0,8
Mosaico de usos (0,75)	-	Montanhoso (45 – 75%)	0,8 – 1,0
Área urbanizada (0,75)	-	Escarpado (>75%)	-
Outras áreas não vegetadas (0,85)	-	-	-
Corpos hídricos (0)	-	-	-
Outras lavouras temporárias (1)	-	-	-

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

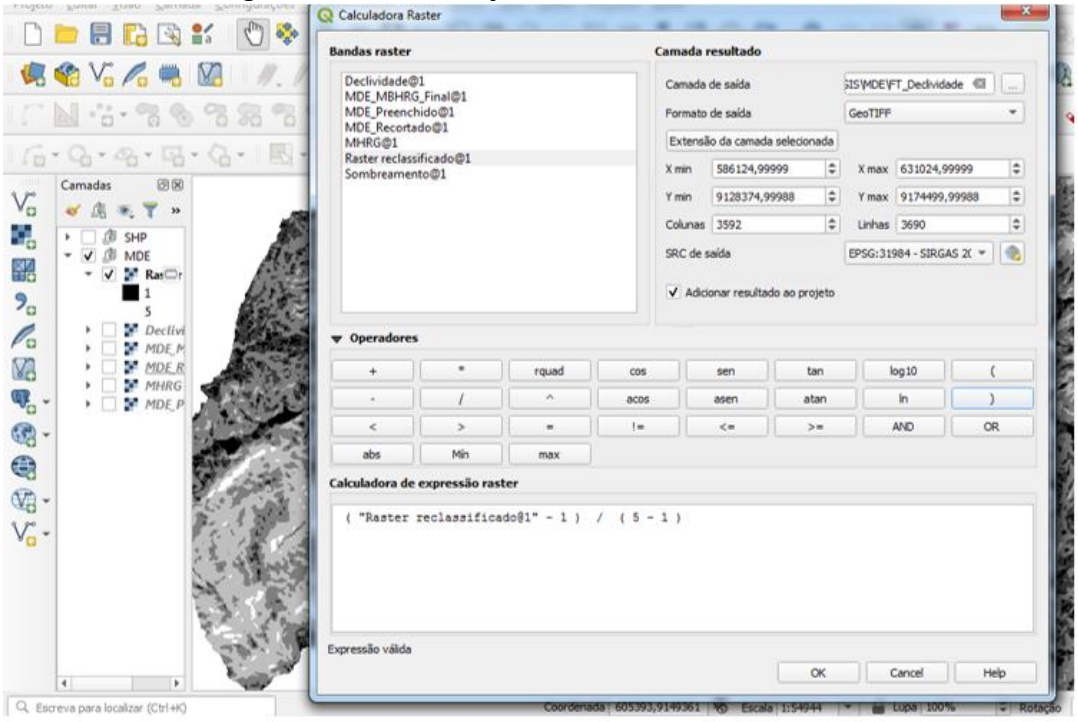
A metodologia usada neste trabalho para a reclassificação foi adaptada do estudo de Falcão (2013) sobre o risco de degradação ambiental em uma bacia hidrográfica, usando a Análise Multicritério, por meio do AHP.

2.7 Normalização dos fatores/critérios

A normalização foi realizada nos quatro fatores: uso e ocupação do solo para o ano de 2023, tipos de solos, declividade e densidade habitacional, por meio da calculadora *raster*, usando a seguinte expressão: ("*raster*" – menor valor) / (maior valor – menor valor). Essa expressão foi usada em cada um dos critérios utilizando o menor e o maior valor.

A expressão usada no *raster* de declividade foi: ("declividade" – 1) / (5 – 1). Os valores 5 – 1 correspondem ao *raster* de declividade reclassificado. Essa expressão gerou o *raster* de declividade com os valores de 0 a 1, mantendo as mesmas características do *raster* reclassificado (Figura 3).

Figura 3 – Normalização do *raster* de declividade.

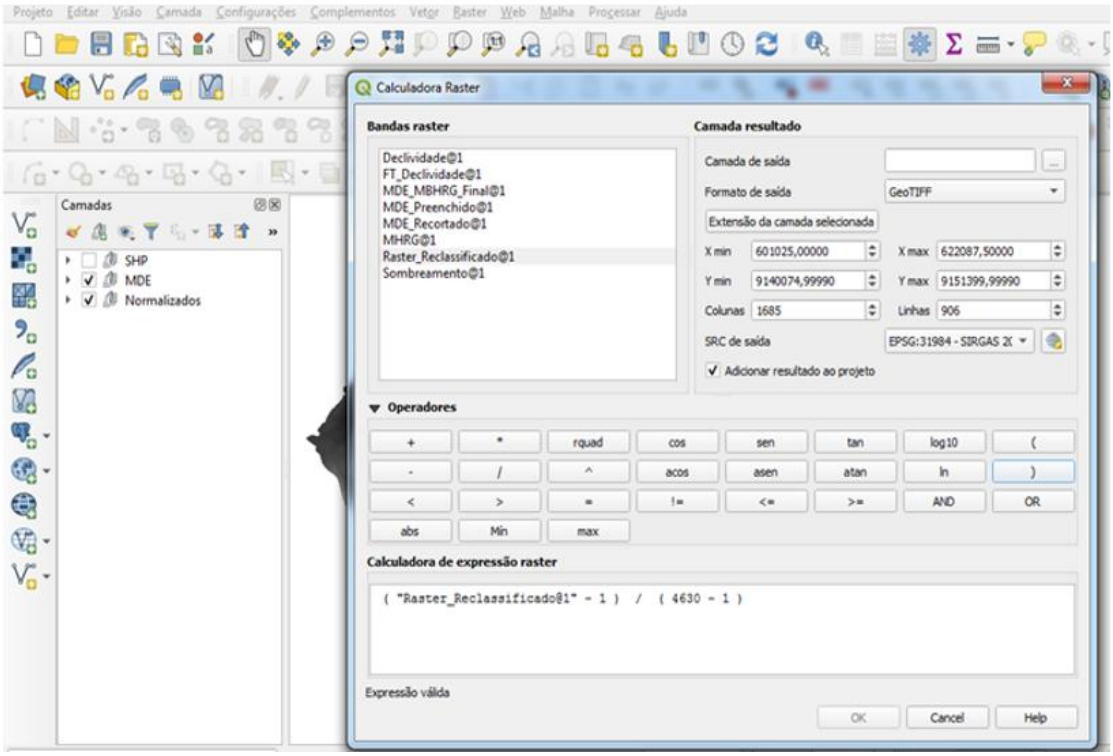


Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A criação e o recorte do mapa de calor de densidade Kernel foram realizados por meio da conversão do *raster*, por meio da ferramenta *raster*, que fica na parte superior do QGIS, na opção converter (converter o comando), ficando os valores do *raster* 1 a 4630. Nesse caso, a expressão usada foi ("Kernel" – 1) / (4630 – 1). Após a normalização, o arquivo foi salvo e renomeado (Figura 4).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 4 – Normalização do *raster* de densidade Kernel.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

O arquivo dos tipos de solos, uso e ocupação do solo estavam no formato *shapefile*, sendo necessário criar uma coluna denominada “Risco”, com os dados quantitativos demonstrados no Quadro 2.

> Com os valores atribuídos a cada classe de risco, realizou-se a transformação do arquivo para o formato raster. Tanto o arquivo dos tipos de solos quanto o arquivo de uso e ocupação do solo não necessitam passar pela normalização, pois usou-se a extensão do arquivo de declividade já normalizado, assim os arquivos após a transformação do formato estavam normalizados (Silva, 2025, p. 67).

2.8 Ponderação dos critérios/fatores

No método AHP, usa-se uma técnica baseada na lógica de comparação pareada. Dessa forma, todos os critérios/fatores que influenciam na tomada de decisão são pareados e comparados. A organização dos critérios/fatores ocorre hierarquicamente, conforme um valor de importância para um fator acima dos outros, para que possam ser comparados entre si (Silva; Nunes, 2009; Vilela *et al*., 2017). Para a construção da matriz, utilizou-se uma escala de pesos definida por Saaty (1977), seguindo a ordem de importância apresentada no Quadro 3.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Quadro 3 – Escala de pesos do AHP para comparação de valores.

Intensidade e importância	Definição do peso de importância	Explicação
1	Igual importância	Dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um elemento é ligeiramente mais importante do que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é mais importante do que o outro.
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se necessita de comprometimento ou coerência entre os julgamentos.

Fonte: Saaty (1994, p. 9).

A matriz pareada foi construída a partir dos critérios/fatores uso e ocupação do solo, tipos de solo, declividade e densidade habitacional, portanto, foram usados quatro critérios/fatores que foram comparados entre si, cujo resultado foi igual a 1.

Os demais valores da matriz foram atribuídos de acordo com o grau de importância ou o peso de importância de cada critério da linha em relação ao da coluna, para o objetivo da análise. Assim, o peso de prioridade varia de 1, para igual importância entre os pares, a 9, para preferência máxima ao critério da linha (Sampaio; Bastos; Cordeiro, 2018).

A realização da análise empírica dos pares de critérios possibilitou a verificação da relação entre eles (Tabela 1).

Tabela 1 – Matriz pareada.

Fatores/Critérios	Uso e cobertura	Solos	Declividade	Moradias
Uso e cobertura	1	5	7	8
Solos	0,2	1	2	4
Declividade	0,142857143	0,5	1	2
Moradias	0,125	0,25	0,5	1

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Os valores inteiros foram atribuídos em conformidade com o Quadro 3, que contém valores entre 1 e 9. Os demais valores foram obtidos a partir da divisão dos valores inteiros de cada linha pelo valor de cada coluna, comparando critério por critério, assim foram normalizados. Segundo Sampaio, Bastos e Cordeiro (2018, p. 4), "[...] a matriz normalizada resultante é usada para o cálculo do vetor de prioridades relativas (W), que consiste na média aritmética de cada linha da matriz".

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Após o cálculo dos valores da matriz, realizou-se a verificação da consistência do resultado, por meio de critérios estabelecidos por Saaty (Paula; Cerri, 2012; Santos; Louzada; Eugênio, 2010; Rezende; Marques; Oliveira, 2017). Esses mesmos autores mencionam que a verificação do resultado obtido na matriz é feita por meio do cálculo do Índice de Consistência (IC ou CI) e do Grau de Consistência (CR).

Rezende, Marques e Oliveira (2017, p. 10) ressaltam que o cálculo do IC "[...] é utilizado para obter uma boa estimativa em relação aos pesos estatísticos resultantes da AHP, sendo necessário verificar se o valor do *λmax* está próximo do número de indicadores usados para o cálculo". Tanto no IC quanto no CR, o valor deve ser menor do que 0,10 (10%) para ter consistência; caso esse valor seja maior, deve-se refazer os cálculos. Essa verificação é realizada por meio das Equações 1 e 2.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \qquad \text{Equação (1)}$$

$$CR = \frac{CI}{IR} \qquad \text{Equação (2)}$$

Sendo: *λmax*: autovalor máximo associado à matriz de comparações; n: ordem da matriz; IR = Índice de Aleatoriedade ou Índice Randômico.

O IR proposto por Saaty (1991), cuja ordem vai de 1 a 10, foi extraído da Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz Pareada.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0.58	**0.90**	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Saaty (1991, p. 10).

O valor do IC ou CI neste trabalho foi igual a 0,037; o valor do IR foi 0,89, que está aproximado de 0.90, conforme a Tabela 2; e o valor do CR foi 0,042. Portanto, existe consistência nos dados. Os valores dos pesos dos critérios encontrados conforme cada variável estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Peso dos critérios/fatores após a aplicação da Matriz de Comparação Pareada.

Critérios/fatores	**Pesos**
Uso e ocupação do solo	0,651
Tipos de solo	0,184
Declividade	0,108
Densidade habitacional	0,057

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Esses valores (pesos) foram usados na criação do mapa de risco de degradação ambiental, no QGIS 3.16 *Hannover*, na tabela de atributos, por meio da seguinte expressão: ("usos" x 0.651) + ("solo" x 0.184) + ("declividade" x 0.108) + ("moradias" x 0.057). Essa expressão permitiu unir os arquivos *raster* equivalentes a cada critério/fator, por meio da álgebra de mapas, sobrepondo-os e transformando-os em um único arquivo de risco de degradação ambiental. Após essa etapa, inseriu-se a simbologia/cores, sendo escolhida a cor espectral, classificando as classes de risco de degradação ambiental da seguinte forma: baixa, moderada, alta e muito alta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

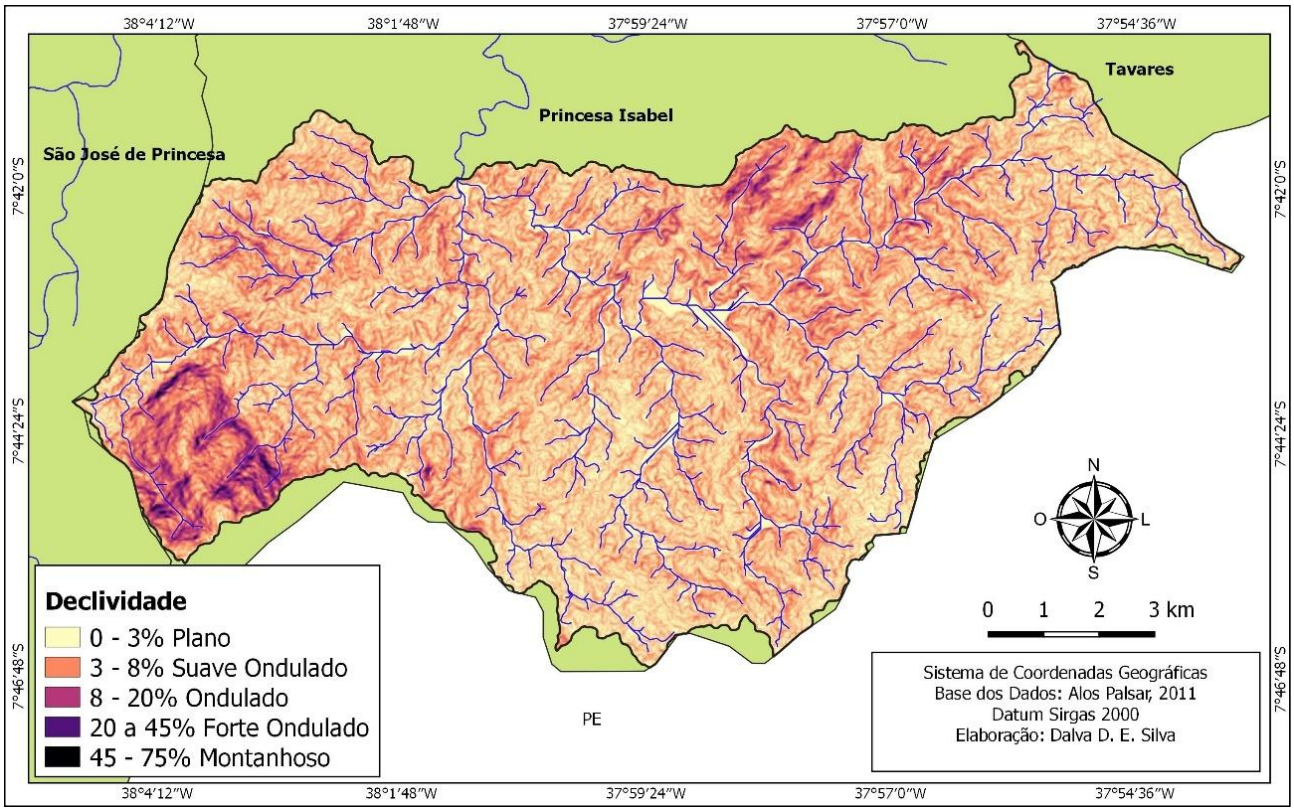
3.1 Análise dos fatores/critérios

A análise da declividade do terreno é importante, pois influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo, em relação à velocidade de escoamento superficial e à infiltração da água no solo (Cardoso *et al*., 2006; Moreira; Dias, 2016). Salis *et al*. (2019, p. 196) mencionam que, "[...] nas regiões de maior declividade, a velocidade do escoamento superficial tende a ser maior, resultando em menor quantidade de água armazenada no solo".

Nesse processo, a vegetação desempenha um papel fundamental na redução da velocidade do escoamento, bem como na infiltração da água no solo. Nas áreas onde a vegetação é inexistente, a velocidade do escoamento é bem maior do que em áreas vegetadas. A análise e o mapeamento da declividade de uma área auxiliam na detecção de áreas mais baixas do terreno, assim como das áreas mais íngremes. Na MBHRG, a declividade foi classificada em quatro classes distintas. A distribuição das classes de declividade mais íngremes ao longo da microbacia está situada na porção sul, mais a oeste, e na porção norte da microbacia. Essas são áreas que têm maior altitude e também as maiores declividades; são áreas consideradas montanhosas, cujas altitudes podem ultrapassar os 1.000 metros (Figura 5).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 5 – M apa das classes de declividade da MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Na microbacia, o relevo plano ocupa mais da metade da área de estudo, na faixa que vai de 0 a 3%, que equivale a 60,97 km^2 (50,7%). A segunda classe com maior declividade pertence ao relevo suave ondulado, que vai de 3 a 8%, com área de 29,12 km^2 (24,21%); ela é seguida da classe com relevo ondulado, que vai de 8 a 20%, cuja área é de 28,65 km^2 (23,82%); as menores áreas correspondem ao relevo forte ondulado, de 20 a 45%, e montanhoso, de 45 a 75%, que têm área de 1,44 km^2 (1,2%) e 0,08 km^2 (0,07%), respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Distribuição das classes de declividade da MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.

Declividade (%)	Relevo	Área (km^2)	(%)
0 – 3%	Plano	60,97	50,7
3 – 8%	Suave ondulado	29,12	24,21
8 – 20%	Ondulado	28,65	23,82
20 – 45%	Forte ondulado	1,44	1,2
45 – 75%	Montanhoso	0,08	0,07
Total		120,26	100

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Os solos presentes na MBHRG são de dois tipos: os argissolos e os cambissolos. Esses solos apresentam características distintas, como profundidade, fertilidade natural, textura, grau de

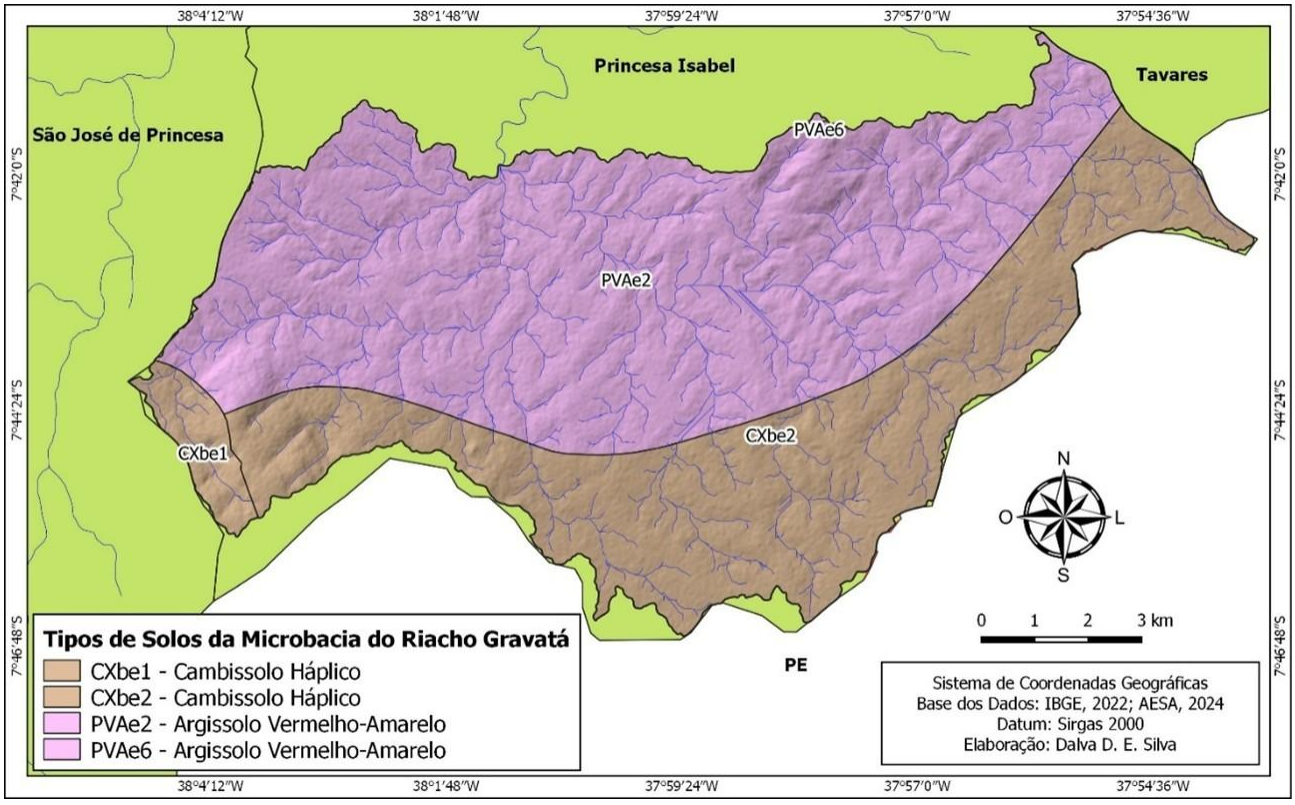
Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

intemperismo, capacidade de retenção da água e aptidão para o uso agrícola, que influenciam diretamente na dinâmica ambiental local.

Os argissolos são solos que variam de médios a profundos, moderados a bem drenados; têm horizonte B textural, com textura média a argilosa, coloração vermelha a amarela, abaixo do horizonte A ou E, além de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Esse tipo de solo se desenvolve a partir de materiais de origem em áreas com relevo plano a montanhoso (Cunha *et al*., 2010). Já os cambissolos são solos que variam de fortemente a mal drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada; têm alta a baixa saturação, por bases e atividade química da fração coloidal. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa a mais argilosa, ocorrendo em diversos relevos (Cunha *et al*., 2010).

Na microbacia, os argissolos predominam na porção central e norte, estendendo-se das áreas mais baixas até o exutório. Os cambissolos abrangem uma faixa que se estende de leste a oeste e sul da microbacia, estando associados às maiores elevações, onde estão relevos ondulados e fortemente ondulados, incluindo áreas montanhosas, com altitudes que variam de 700 metros a mais de 1.000 metros (Figura 6).

Figura 6 – Tipos de solos presentes na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

A compreensão da distribuição dos solos na MBHRG é fundamental, pois influencia diretamente no uso e na ocupação do solo, principalmente no que se refere às atividades agrícolas, ao manejo ambiental e ao planejamento ambiental. Contudo, além dos aspectos físicos, é importante considerar também a dinâmica antrópica.

Nesse sentido, a análise da densidade habitacional, que é entendida como a quantidade de casas distribuídas ao longo da microbacia, fornece subsídios para avaliar a pressão exercida pelo uso humano sobre os recursos naturais. A distribuição das moradias está fortemente associada à acessibilidade, à disposição de infraestrutura e às características do relevo e do solo, o que torna a integração entre os dados físicos e sociais essencial para o entendimento da ocupação espacial da microbacia.

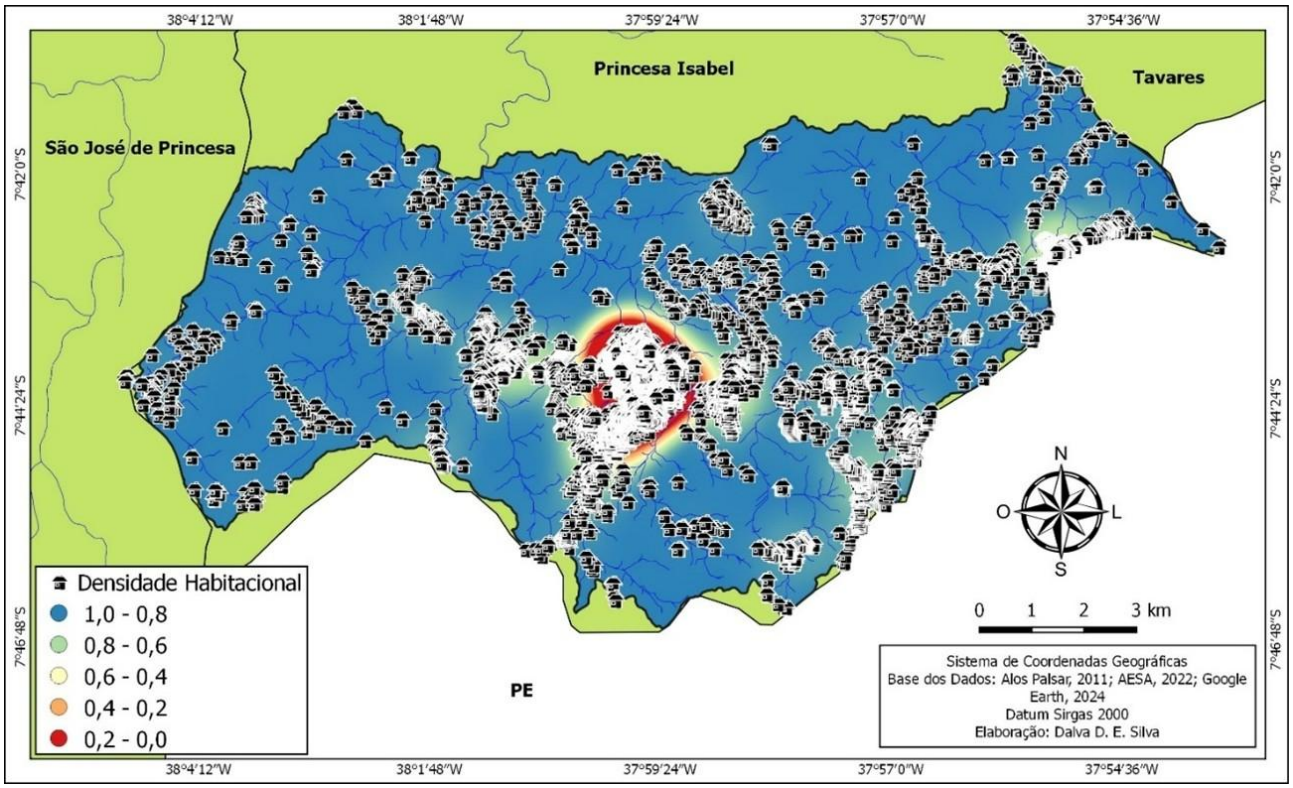
Assim, a densidade é considerada um indicador relacionado à área de uma determinada superfície e pode estar associada a fatores populacionais, habitacionais, empregatícios, entre outros (Silva; Silva; Nome, 2016; Sousa; Baptista, 2021). Nesse contexto, a densidade habitacional não se refere ao número de pessoas, mas sim à quantidade de construções residenciais presentes em uma área, as quais exercem influência significativa sobre o meio ambiente. Isso porque, onde há uma residência, há também ação antrópica.

A densidade habitacional na área da microbacia pode ser considerada intensa, com um total de 10.394 unidades habitacionais, incluindo casas e empreendimentos, distribuídos ao longo da microbacia. No município de Princesa Isabel, onde a microbacia está inserida, a zona urbana concentra 14.358 habitantes (68%), enquanto a zona rural tem 6.756 habitantes (32%), conforme o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

A área de influência das habitações e das manchas foi delimitada por meio do estimador de densidade Kernel, permitindo identificar os pontos de maior concentração de moradias, sua influência na área e suas respectivas localizações dentro da microbacia. A tonalidade vermelha no mapa da Figura 7 representa os maiores valores de densidade, indicando as áreas com elevada concentração de residências. Observa-se que a zona urbana abriga a maior parte das habitações e da população do município. Os espaços representados por cores mais claras, como o verde claro, o laranja e o amarelo, indicam maior proximidade entre as residências, embora com densidade relativamente menor.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 7 – Densidade habitacional na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.



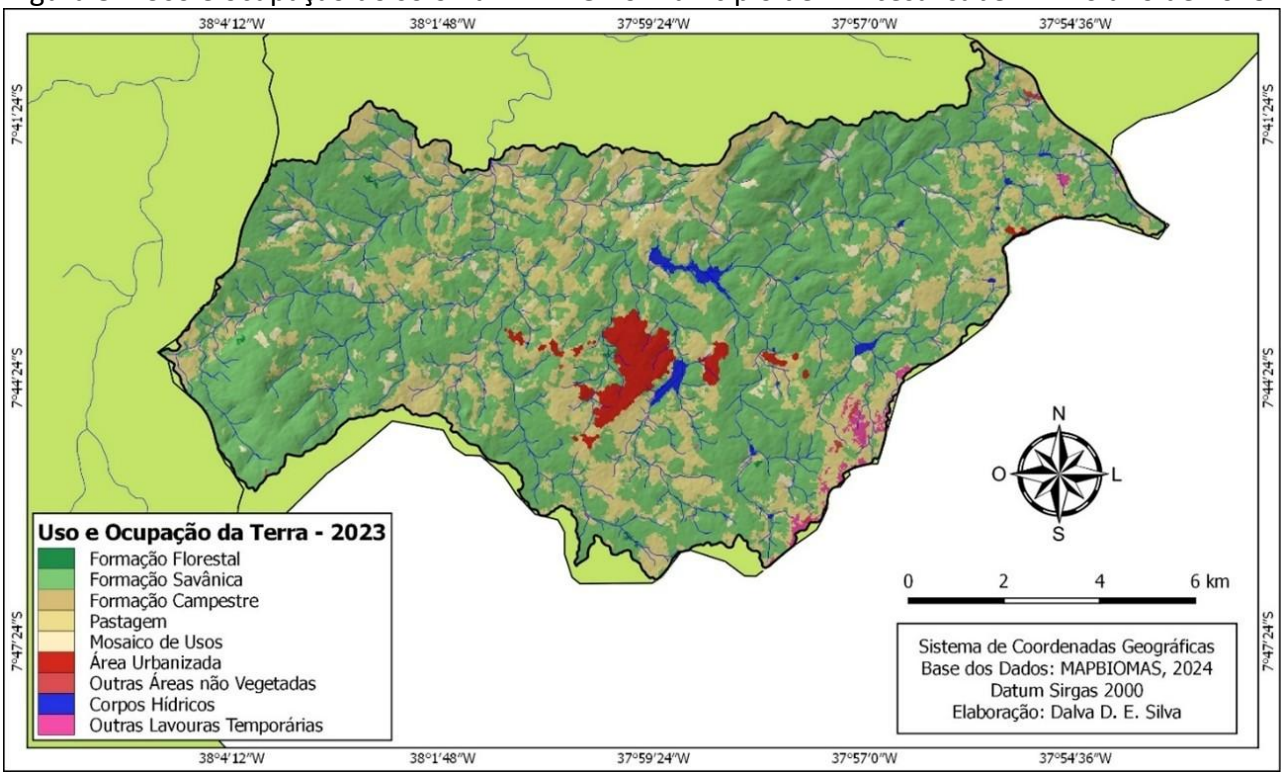
Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A zona urbana contém a maior parte das moradias, enquanto as demais zonas de influência encontram-se nos povoados. É importante destacar que muitas construções localizadas na zona rural não são habitadas, servindo apenas de apoio para os agricultores e/ou produtores que utilizam esses espaços durante o dia para suas atividades, retornando à noite para as suas casas situadas na cidade e nos povoados.

Em relação ao uso e a ocupação da terra no ano de 2023, observa-se que muitos locais foram desmatados, cedendo espaço a culturas temporárias e áreas de pastagem. As práticas agropecuárias são as atividades mais desenvolvidas na microbacia. A urbanização também se destaca como uma classe relevante, ocupando uma porção significativa do território (Figura 8).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 8 – Uso e ocupação do solo na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB no ano de 2023.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A classe formação savânica apresentou a maior área ocupada, com 79,48 hectares (65,47%); em seguida, a pastagem, com 33,79 hectares (27,8%); o mosaico de usos teve 3,43 hectares (2,83%); a área urbanizada, 2,87 hectares (2,36%); os corpos hídricos, 0,84 hectares (0,7%); outras lavouras temporárias, 0,71 hectares (0,6%); a formação florestal, 0,11 hectares (0,1%); outras áreas não vegetadas, 0,14 hectares (0,12%); e a formação campestre, com 0,03 hectares (0,02%) (Tabela 5).

Tabela 5 – Características e parâmetros analisados na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.

Classes de uso e ocupação do solo	**Área (ha)**	
	2023	**(%)**
Formação florestal	0,11	0,1
Formação savânica	79,48	65,47
Formação campestre	0,03	0,02
Pastagem	33,79	27,8
Mosaico de usos	3,43	2,83
Área urbanizada	2,87	2,36
Outras áreas não vegetadas	0,14	0,12
Corpos hídricos	0,84	0,7
Outras lavouras temporárias	0,71	0,6
Total	121,40	100

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

O uso desordenado dos recursos naturais tem gerado impactos que causam alterações no solo, caracterizando-se como uma das principais preocupações para o planejamento ambiental, uma vez que podem afetar significativamente o meio ambiente (Foley *et al*., 2005). O uso do solo é considerado como um dos principais elementos operacionais no planejamento de uma bacia hidrográfica (Lopes *et al*., 2015; Fiorese; Leite, 2018).

3.2 Risco de degradação ambiental na MBHRG

A degradação ambiental surge como consequência das ações humanas na natureza pelo uso desordenado dos recursos ambientais. As bacias hidrográficas são frequentemente adotadas para a análise da paisagem, sendo a unidade utilizada para a gestão ambiental. Elas permitem, por intermédio da diferenciação da paisagem, entrelaçar os fatores físicos, químicos e os agentes naturais presentes na sua dinâmica com a ação humana (Martins; Freitas, 2014; Fiorese, 2021). A evolução das geotecnologias ao longo das décadas possibilitou o monitoramento ambiental e o uso de produtos cartográficos que auxiliam na compreensão das características estáticas e dinâmicas de uma determinada região (Barros; Castrogiovani; Teixeira, 2019; Arruda *et al*., 2024).

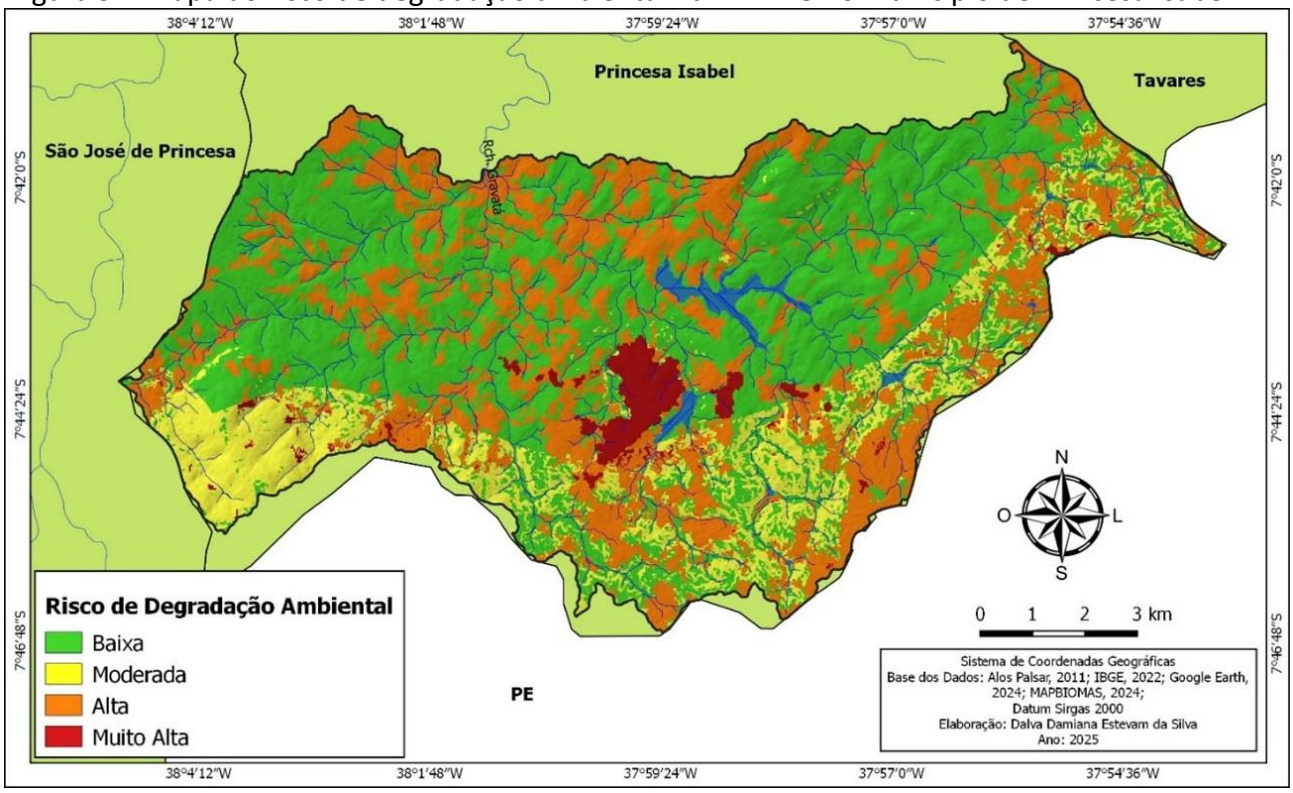
Nesse contexto, a construção do mapa de risco de degradação ambiental da MBHRG foi realizada por meio da combinação dos seguintes fatores normalizados: uso e ocupação do solo, solos, declividade e densidade habitacional, sendo definidas quatro classes de risco de degradação ambiental: baixa, moderada, alta e muito alta (Figura 9).

A identificação das classes de risco possibilita compreender com precisão as áreas mais propícias e vulneráveis à degradação, promovendo a detecção de impactos negativos, contribuindo com o planejamento de ações que visem a proteção e recuperação ambiental. Portanto, "[...] identificar e caracterizar a vulnerabilidade dessas áreas são imprescindíveis para nortear o manejo mais viável na resolução de problemas e planejar adequadamente o uso e ocupação do território frente às ações humanas, além de auxiliar na tomada de decisões" (Carvalho; Silva; Salvio, 2022, p. 1578 *apud* Trevisan *et al*., 2018).

O mapeamento auxilia na definição de estratégias de conservação e manejo sustentável, bem como na identificação dos locais para proteção ambiental que são escassos na cidade, como parques ecológicos urbanos. Esse tipo de análise é essencial para o planejamento territorial, contribuindo para prevenção e mitigação dos desastres.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Figura 9 – Mapa do risco de degradação ambiental na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

O risco de degradação ambiental está presente em algumas áreas, pois apresentam mais suscetibilidade do que outras devido às suas características e aos fatores naturais. No entanto, o espraiamento urbano, as atividades antrópicas, como a agricultura, o desmatamento, entre outras, são as principais causas. Para Silva (2017, p. 78), o "[...] processo de degradação contribui com o aumento dos riscos de desertificação. A modificação da paisagem chama a atenção, embora existam ainda muitas áreas com vegetação preservada no município". A Tabela 6 mostra a distribuição das classes de risco de degradação, a área e a porcentagem.

Tabela 6 - Características e parâmetros analisados na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB.

Classes de risco de degradação	**Área (km²)**	**(%)**
Baixa	61,20	51,55
Moderada	25,73	21,67
Alta	17,30	14,57
Muito alta	14,49	12,21
Total	**118,72**	**100**

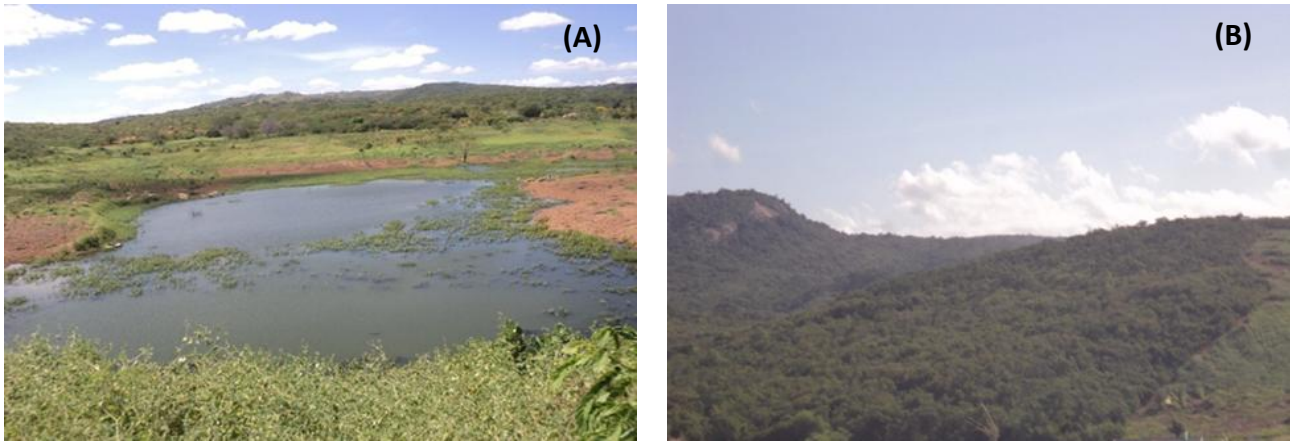
Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A classe de risco de degradação baixa apresentou área de 61,20 km², com porcentagem de 51,55%, predominando na maior parte da microbacia, presente na área central até a saída do

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

exutório, o que abrange os argissolos vermelho-amarelos, além de alguns trechos que compõem os cambissolos háplicos. O relevo dessa área caracteriza-se como ondulado a forte ondulado em alguns locais. Além disso, o açude Jatobá II está inserido nessa região, sendo um fator importante por fornecer água para as atividades cotidianas como dessedentação animal e outros usos (Figura 10). Essa área, apesar das atividades agropecuárias exercidas, tem vários locais com vegetação densa a semidensa.

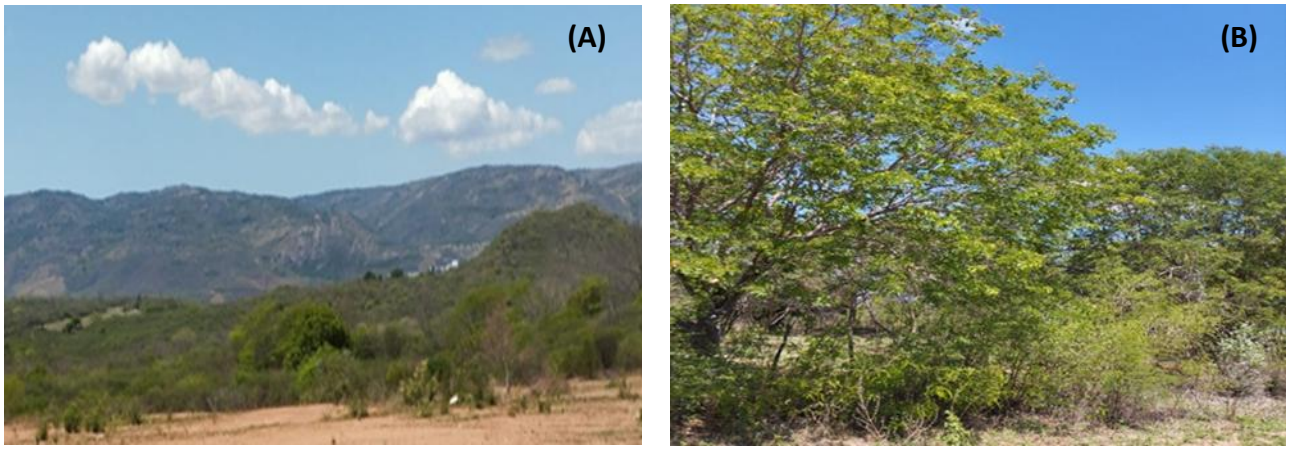
Figura 10 – (A) açude Jatobá II e (B) área declivosa com vegetação densa.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A classe moderada apresenta-se mais ao sul, ao leste e ao oeste, onde estão os cambissolos, apresentando fragmentos na área norte, onde estão os argissolos vermelho-amarelo, cuja área é de 25,73 km^2, com porcentagem de 21,67%. O relevo vai de forte ondulado a montanhoso na divisa com Pernambuco. Por ter essa peculiaridade do relevo, ou seja, serem áreas mais elevadas, a vegetação é mais preservada, sendo que em alguns locais a vegetação é rala (Figura 11).

Figura 11 – (A) relevo na área sul da microbacia e (B) vegetação.

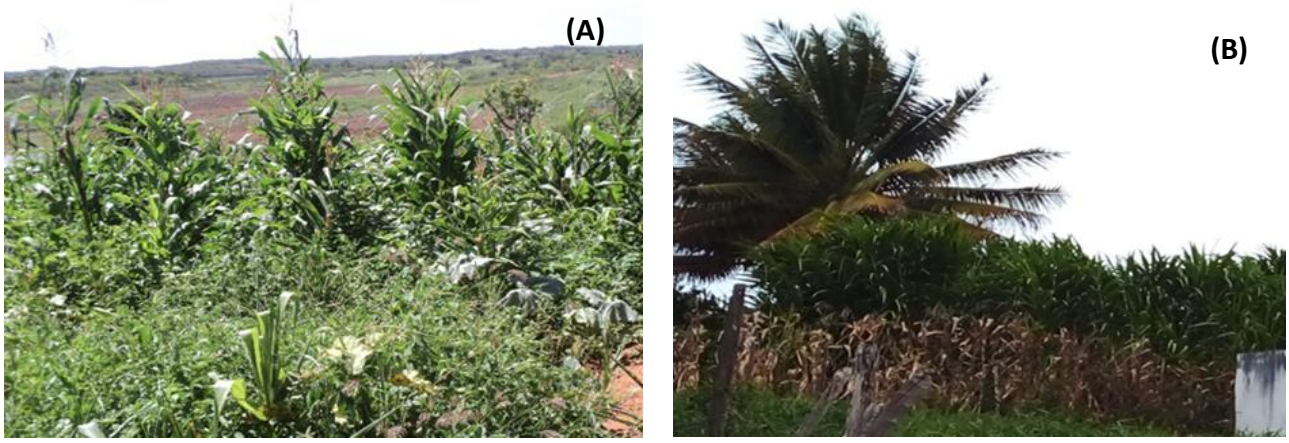


Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

A classe alta corresponde a uma área de 17,30 km^2, com percentual de 14,57%, e aparece tanto onde estão os argissolos quanto os cambissolos, estando distribuída por toda a microbacia. Os cambissolos, por serem solos mais arenosos e pedregosos, têm maiores suscetibilidades à degradação do que os argissolos; porém, verifica-se que a degradação alta se apresenta em ambos os tipos de solos, seja em locais mais baixos, seja em locais mais elevados. São espaços que têm diversos usos do solo, como a agropecuária, e culturas temporárias, como o feijão e o milho, entre outras (Figura 12).

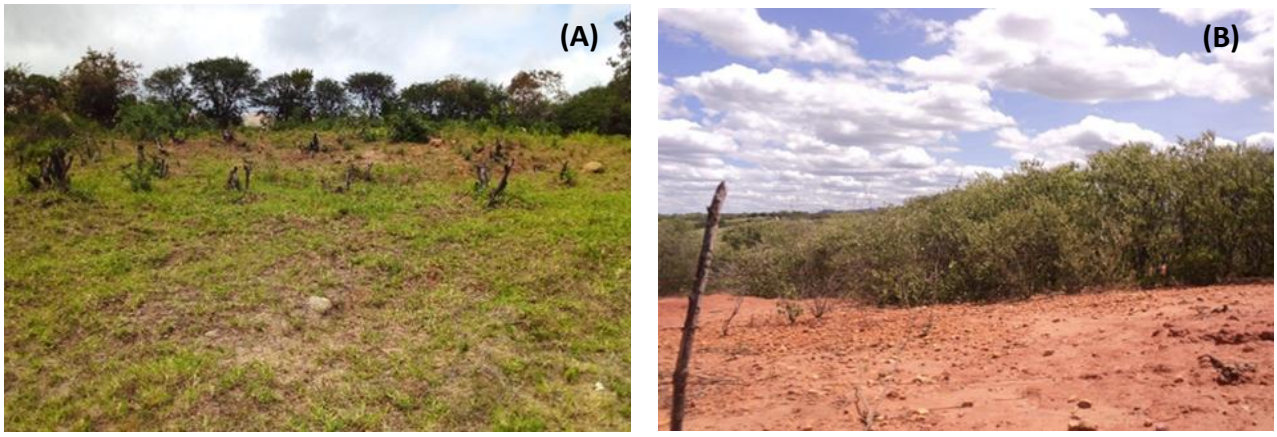
Figura 12 – (A) culturas temporárias: milho e abóbora e (B) plantação com milho e capim.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

A classe de degradação ambiental alta corresponde ainda às áreas com pastagens, onde a vegetação natural foi e está sendo substituída por capim para alimentação animal. Na microbacia, existem locais desmatados, apresentando vegetação rala ou solo exposto (Figura 13).

Figura 13 – (A) área com pastagem na parte sul e (B) área desmatada com solo exposto na microbacia.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

A classe muito alta tem área de 14,49 km^2, com porcentagem de 12,21%; contém poucas e pequenas manchas espalhadas pela microbacia. Essa classe é composta pela zona urbana e por pequenas áreas com urbanização aleatória (povoados), assim como empreendimentos que apresentam potencial muito alto de degradação (Figura 14). Os empreendimentos correspondem a galpões onde ocorrem a criação de galinhas para comercialização da carne e de ovos. Esse tipo de empreendimento está distribuído por diversas áreas da microbacia, como também as habitações.

Figura 14 – (A) casas periféricas (B) empreendimento distribuído na microbacia.



Fonte: elaborada pelos autores (2025).

As atividades agropecuárias estão presentes em toda a microbacia, sendo uma das práticas mais realizadas pelos agricultores/produtores, causando impactos e degradação ambiental. Além disso, empreendimentos como granjas estão cada vez mais presentes em áreas na microbacia. Além do mais, a urbanização desordenada gera diversos problemas que impactam o meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

O mapeamento do risco de degradação ambiental na MBHRG no município de Princesa Isabel-PB permitiu a classificação das áreas vulneráveis à degradação em quatro categorias: baixa, moderada, alta e muito alta.

Na MBHRG, são exercidas diversas atividades antrópicas. A partir da análise dos dados, verificou-se que 51,55% da área analisada apresenta risco de degradação classificada como baixa. Esses locais estão associados a áreas com vegetação densa e semidensa, com relevo ondulado a forte ondulado.

O risco de degradação moderada representa 21,67% da área total da microbacia. Já os riscos de degradação alta (14,57%) e muito alta (12,21%) apresentaram relação direta com a expansão de

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

atividades agropecuárias, nas quais a vegetação nativa tem sido gradualmente substituída por pastagens e práticas agrícolas. Além disso, tem-se ainda as áreas urbanizadas.

Como medidas para minimizar os processos de degradação ambiental, torna-se fundamental a adoção de práticas de manejo e planejamento territorial. Entre as principais estratégias, tem-se a recuperação de áreas degradadas por meio do reflorestamento com espécies nativas, especialmente nas áreas de maior declividade e nas margens dos cursos d'água, contribuindo para a proteção do solo e a manutenção do equilíbrio hidrológico da microbacia.

Outra medida importante consiste na implementação de práticas conservacionistas no uso do solo, como o plantio em curvas de nível, terraceamento e sistemas agroecológicos, que auxiliam na redução da erosão e na melhoria da infiltração da água do solo. Nas áreas destinadas à pecuária, recomenda-se a adoção de sistemas de manejo adequado das pastagens, evitando o sobrepastoreio, o que favorece a recuperação da cobertura vegetal.

No que se refere à ocupação urbana, torna-se necessário fortalecer o planeamento territorial e o ordenamento do uso do solo, evitando a expansão urbana desordenada e a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis e vulneráveis. A implantação de políticas públicas voltadas aos agricultores e criadores, por meio da educação ambiental, o monitoramento e o incentivo de práticas sustentáveis na microbacia podem contribuir com a redução dos impactos ambientais.

O mapeamento do risco de degradação ambiental, aliado às estratégias de gestão e planejamento ambiental, configura-se como um instrumento importante para subsidiar ações de conservação, recuperação e uso sustentável dos recursos naturais na microbacia.

REFERÊNCIAS

AESA. [Tipos de Solos]. **AESA**, [*s. l.*], [2022]. Disponível em: https://geoportal.aesa.pb.gov.br/arquivos/arquivos-shapefiles/. Acesso em: 10 jan. 2022.

AESA. [Tipos de Solos]. **AESA**, [*s. l.*], [2024]. Disponível em: AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Tipos de Solos. 2024. Disponível em: https://geoportal.aesa.pb.gov.br/arquivos/arquivos-shapefiles/. Acesso em: 20 dez. 2024.

ALASKA SATELLITE FACILITY. [Imagem de radar ALOS PALSAR]. **ASF**, [*s. l.*], [2011]. Disponível em: https://asf.alaska.edu/. Acesso em: 7 jul. 2022.

ALVES, C. M. *et al*. Dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo na microbacia e zona ripária do Rio Tamarupá, Rondônia, Brasil. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, [*s. l.*], v. 3, n. 6, p. e361513, 2022. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1513. Acesso em: 20 jun. 2025.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no Nordeste**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1973. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/743510307/A-Terra-e-o-Homem-No-Nordeste. Acesso em: 20 jun. 2024.

ARRUDA, S. F. *et al*. **Identificação e caracterização dos riscos à degradação ambiental de microbacias hidrográficas em assentamentos de reforma agrária por meio de técnicas de geoprocessamento e da análise espacial multicritério**. 2024. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agroecologia e Sustentabilidade) – Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2024. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/6454. Acesso em: 23 jul. 2025.

BAIA, A. R. dos S. *et al*. O processo de uso e ocupação do solo na bacia do baixo Tocantins. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [*s. l.*], v. 8, n. 12, p. 657-665, 2022. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8053. Acesso em: 20 jun. 2025.

BARROS, L. A.; CASTROGIOVANI, A. C.; TEIXEIRA, C. C. A importância da paisagem na leitura das espacialidades. **Revista Eletrônica Para Onde!?**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 39-48, 2019. Disponível em: http://observatoriodageografia.uepg.br/files/original/9b5036702ad9557eee6067fbf300ddb432e513ca.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.

BELTRÃO, B. A. *et al*. (org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Princesa Isabel, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16286/1/Rel_Princesa_Isabel.pdf. Acesso em: 31 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1972. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330784. Acesso em: 9 fev. 2025.

CARDOSO, C. A. *et al*. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rarv/a/cXmkNxXThc8ksdjWwFM6vNt/. Acesso em: 5 fev. 2025.

CARVALHO, G. O. T. de; SILVA, N. C. da; SALVIO, G. M. M. Vulnerabilidade ambiental em Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira. **Ciência Florestal**, [*s. l.*], v. 32, n. 3, p. 1575-1593, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cflo/a/MnT7z4Q7bxpDv3XC7KjK7kC/. Acesso em: 20 jul. 2025.

CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6292. Acesso em: 26 fev. 2026.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

CLUBE DO GIS. [O que é risco ambiental?] **Clube do Gis**, [*s. l.*], out. [2024]. Disponível em: https://clubedogis.com.br/glossario/o-que-e-risco-ambiental-e-sua-importancia/. Acesso em: 14 mar. 2026.

CUNHA, T. J. F. *et al*. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: Caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In*: SA, I. B; SILVA, P. C. G. (org.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 50-87. v. 2. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861913/principais-solos-do-semiarido-tropical-brasileiro-caracterizacao-potencialidades-limitacoes-fertilidade-e-manejo. Acesso em: 22 mar. 2025.

EMBRAPA. **Classes de Declividade**. CEIVAP, [*s. l.*], 1979. Disponível em: https://www.ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.

FALCÃO, E. C. **Análise de riscos à degradação ambiental utilizando avaliação multicritério espacial, no município de Boa Vista - PB**. 2013. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28007. Acesso em: 20 dez. 2024.

FIORESE, C. H. U.; LEITE, V. R. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, Estado do Espírito Santo. ***Agrarian Academy***, Goiânia, v. 5, n. 10, p. 52-65, 2018. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2018B/dinamica.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

FIORESE, C. H. U. Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Fruteiras, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Labor e Engenho**, Campinas, v. 15, n. 00, p. e021002, jun. 2021. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8659875. Acesso em: 16 jul. 2025.

FOLEY, J. A. *et al*. Global consequences of land use. ***Science***, [*s. l.*], v. 309, n. 5734, p. 570-574, jul. 2005. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16040698/. Acesso em: 2 jul. 2025.

FRANÇA, L. M. de A. **Impactos das ações antrópicas e do clima no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Pajeú**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/26802. Acesso em: 24 fev. 2025.

FREITAS, A. R. de. Degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Antas, Sudeste do Paraná: análise quantitativa e qualitativa mediante a utilização da metodologia do IDA. **Revista GEOgrafias**, [*s. l.*], v. 16, n. 1, p. 22-42, jan./jun. 2020. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/21485/30282. Acesso em: 12 jul. 2025.

GOOGLE EARTH. [Densidade habitacional]. **Google Earth**, [*s. l.*], 2024. Disponível em: http://earth.google.com/. Acesso em: 25 jun. 2025.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

IBGE. **Malha Municipal**. IBGE, [*s. l.*], [2022]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html. Acesso em: 9 maio 2025.

LOPES, B. O. *et al*. Uso e ocupação do solo urbano – Jardim das Rosas – Presidente Prudente/SP. **Colloquium Humanarum**, v. 12, n. Especial, p. 392-398, 2015. Disponível em: http://www.unoeste.br/site/enepe/2015/suplementos/area/Humanarum/Arquitetura%20e%20Urbanismo/USO%20E%20OCUPA%C3%87%C3%83O%20DO%20SOLO%20URBANO%20-%20JARDIM%20DAS%20ROSAS%20%E2%80%93%20PRESIDENTE%20PRUDENTE.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

MAPBIOMAS. [Coleções MapBiomas]. **MapBiomas**, [*s. l.*], [2023]. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 20 jun. 2023.

MARTINS, F; FREITAS, A. R. Identificação das unidades de paisagem na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras e, Irati-PR. **Perspectiva**, Erechim, 2014, v. 38, n. 143, p. 39-49, set. 2014. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_432.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

MAZETTO, I. O. **Método Analytic Hierarchy Process (AHP) e classificação ABC na priorização de produtos importados para disponibilidade no estoque**. 2020. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/31239/1/MetodoAnalyticHierarchy.pdf. Acesso em: 3 jan. 2025.

MONTEIRO, F. das N.; FALCÃO, K. dos S. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio São Miguel-MS associada à mudança de cobertura e uso da terra. **Revista Geoaraguaia**, v. 12, n. 2, p. 16-30, dez. 2022. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12755/11659. Acesso em: 17 jul. 2025.

MOREIRA, L. L.; DIAS, R. R. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego Manoel João, Porto Nacional (TO). **GEOAMBIENTE ON-LINE**, Jataí, n. 27, p. 18-33, jul./dez. 2016. Disponível em: https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/40074/22080. Acesso em: 3 fev. 2025.

PAULA, B. L. de; CERRI, L. E. da S. Aplicação do processo analítico hierárquico (AHP) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico nos municípios de Itapecerica da Serra e Suzano (SP). **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 247-257, 2012. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/6478/4732. Acesso em: 15 jan. 2025.

RABELO, D. R. Degradação ambiental decorrente do uso e ocupação do solo no município de Junco do Seridó, PB. **Revista Pensar Geografia**, v. 5, n. 2, p. 139-148, 2021. Disponível em: https://periodicos.apps.uern.br/index.php/PGEO/article/view/3741/2983. Acesso em: 18 jul. 2025.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. de. Construção de modelo e utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico – AHP para mapeamento de risco à inundação em área urbana. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 1-18, mar. 2017. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/31408/19973. Acesso em: 12 jan. 2025.

RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espaços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, [*s. l.*], v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016. Disponível em: https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/P.2318-2962.2016v26n45p134/8740. Acesso em: 10 jul. 2025.

SAATY, T. L. A scaling method form priorities in hierarquical structures. ***Journal of Mathematical Psychology***, [*s. l.*], v. 15, n. 3, p. 234-281, jun. 1977. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022249677900335?via%3Dihub. Acesso em: 31 out. 2025.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/17608/17608_5.PDF. Acesso em: 20 jul. 2025.

SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **Interfaces**, [*s. l.*], v. 24, n. 6, p. 19- 43, 1994. DOI: https://doi.org/10.1287/inte.24.6.19.

SALIS, H. H. C. *et al*. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas - MG. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 186-201, 2019. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/36965/751375149984. Acesso em: 7 fev. 2025.

SAMPAIO, A. C. P.; BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. Técnicas de análise de multicritério aplicadas à modelagem do escoamento superficial na Bacia do Rio Mundaú, Ceará, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 3, pp. 646-666, set./dez. 2018. Disponível em: https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/56363/26881. Acesso em: 7 fev. 2025.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total**: aplicações para dados espaciais. Alegre: CAUFES, 2010. Disponível em: https://www.mundogeomatica.com/livros/livroarcgis93/livro_arcgis93_total.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

SANTOS, C. Z. A. dos. **Análise multicritério como instrumento para definição de áreas de proteção florestal na bacia hidrográfica do rio Japaratuba - SE**. 2023. 199 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023. Disponível em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/18489. Acesso em: 24 fev. 2025.

SILVA, A. M. F.; GALVINCIO, J. D.; LUZ, G. G. Análise do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá (PE). ***Journal of Hyperspectral Remote Sensing***, [*s. l.*], v. 13, n. 2, p. 142-151, 2023. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/jhrs/article/view/259656/44577. Acesso em: 20 fev. 2025.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

SILVA, C. A. da; NUNES, F. de P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 14., Natal. **Anais** [...]. Natal: INPE, 2009. p. 5435-5442. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.19.56/doc/thisInformationItemHomePage.html. Acesso em: 18 dez. 2024.

SILVA, D. D. E. da. **Degradação ambiental e uso das terras do município de Princesa Isabel-PB**. 2017. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/612. Acesso em: 14 nov. 2024.

SILVA, D. D. E. **Modelo metodológico de análise do processo de degradação ambiental e dos impactos na microbacia hidrográfica do Riacho Gravatá, Princesa Isabel-PB**. 2025. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2025. Disponível em: https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/43390. Acesso em: 14 mar. 2026.

SILVA, G. J. A.; SILVA, S. E.; NOME, C. A. Densidade, dispersão e forma urbana: Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. **Arquitextos**, [*s. l.*], ano 16, n. 189.07, fev. 2016. Disponível em: https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.189/5957. Acesso em: 23 nov. 2024.

SOUZA, M. L. R.; BAPTISTA, G. M. de M. Densidade e Evolução Urbana como Ferramenta de Planejamento Urbano Sustentável: O Caso em Primavera do Leste – MT, Brasil. **Paranoá**, [*s. l.*], n. 30, jan./jun. 2021. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/34841/29631. Acesso em: 17 abr. 2025.

TREVISAN, D. P. *et al*. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de São Carlos – SP. **Revista Ra'e Ga**: **O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 44, p. 272-288, maio 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/50439/35140. Acesso em: 2 jun. 2025.

VILA NOVA, F. V. P.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P. Uso e ocupação da terra e indicadores ambientais de impactos negativos: baixo curso do Rio São Francisco, Estado de Alagoas, Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-14, jan./abr. 2015. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/22352/pdf_41. Acesso em: 3 jul. 2025.

VILELA, W. de A. *et al*. Determinação de áreas com potencial para o reassentamento de famílias atingidas pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco utilizando geotecnologias. **Bol. Ciênc. Geod**., [*s. l.*], v. 23, n. 2, p. 338-351, abr./jun. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bcg/a/9bg7mThzcydHjzmGxbDJMsc/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 dez. 2024.

Este é um artigo publicado com acesso aberto sob
Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

AUTORES E CONTRIBUIÇÕES

Dalva Damiana Estevam da Silva: Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais. Afiliação: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Contato: dalva.estevam@ifpb.edu.br. Contribuição no artigo (Taxonomia CRediT): Conceitualização; Análise formal; Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – esboço original; Escrita – revisão e edição.

Fábio Remy de Assunção Rios: Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais. Afiliação: Universidade Federal de Campina Grande. Contato: fabioremy@gmail.com. Contribuição no artigo (Taxonomia CRediT): Análise formal; Investigação.

Sergio Murilo Santos de Araújo: Doutorado em Geociências. Afiliação: Universidade Federal de Campina Grande. Contato: sergiomurilosa.ufcg@gmail.com. Contribuição no artigo (Taxonomia CRediT): Conceitualização; Redação – revisão e edição.

EDITORES RESPONSÁVEIS (NÃO PREENCHER NA ETAPA DE AVALIAÇÃO)

Geovany Pachelly Galdino Dantas. Editor-Chefe. Afiliação: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Contato: geovany.dantas@ifrn.edu.br.

Andrey Luna Saboia. Editor de Seção. Afiliação: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Contato: andrey.saboia@ifrn.edu.br.