



ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO PEIXE, MUNICÍPIO DE MORRINHOS, CEARÁ, BRASIL

Analysis of Vulnerability to Soil Loss in the Riacho do Peixe Sub-basin,
Municipality of Morrinhos, Ceará, Brazil

Francisco Frank Soares

Universidade Estadual do Vale do Acaraú. Departamento de Geografia.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8348-4712>

frankcentec@yahoo.com.br

Ulisses Costa de Oliveira

Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1367-2394>

ucoliveira@msn.com

Elnatan Bezerra de Souza

Universidade Estadual do Vale do Acaraú. Departamento de Geografia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5222-4378>

elbezsouza@yahoo.com.br

Ernane Cortez Lima

Universidade Estadual do Vale do Acaraú. Departamento de Geografia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1744-6928>

ernanecortez@hotmail.com

Artigo recebido em 01/06/2022 e aceito em 30/10/2022

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar os diferentes níveis de vulnerabilidade à perda de solo na sub-bacia hidrográfica do riacho do Peixe, entre os municípios de Morrinhos e Santana do Acaraú, Ceará, Brasil. Para isto, usou-se como metodologia a construção de um banco de dados geográficos com auxílio do software QGIS versão 3.16-Hanover, a partir dos critérios Geologia (G), Declividade (D), Pedologia (S), Uso e Cobertura (U) e Clima (C). Foram identificadas na sub-bacia quatro classes de vulnerabilidade a processos erosivos. Os resultados mostraram que as classes com predominância de processos pedogenéticos somaram 14,43% da área da sub-bacia. Aquela cujos processos representam equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese foi 85,57%. Na média, a bacia se classifica como intermediária, ou seja, apresentando equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos, com valor de vulnerabilidade médio igual a 2.

Palavras-chave: Índice de Erosividade. Geotecnologias. Sub-bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

The present work aims to identify the different levels of vulnerability to soil loss in the Peixe creek sub-watershed, between the municipalities of Morrinhos and Santana do Acaraú, Ceará, Brazil. For this, the methodology used was the construction of a geographic database with the aid of QGIS software version 3.16-Hanover, based on the criteria: Geology (G), Slope (D), Pedology (S), Use and Coverage (U) and Climate (C). Were identified in the sub-basin four classes of vulnerability to erosion processes. The results showed that classes with a predominance of pedogenetic processes accounted for 14.43% of the sub-basin area. The one whose processes represent balance between pedogenesis and morphogenesis was 85.57%. On average, the basin is classified as intermediate, that is, presenting a balance between pedogenetic and morphogenetic processes, with an average vulnerability value equal to 2.

Keywords: Erosivity Index. Geotechnologies. Sub-watershed.

1. INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade ambiental de ambientes com Fragilidade Natural Potencial, está prevista no Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), desde então, iniciativas de caráter metodológico têm considerado a vulnerabilidade natural à perda de solos como uma parte do modelo de zoneamentos ambientais (ROSA & FERREIRA, 2021).

Conforme Souza (2000), o Zoneamento Ambiental deve ser fundamentado num processo de classificação de um dado espaço geográfico em sub-unidades territoriais, agrupadas segundo níveis de aptidão para determinados tipos de ocupação.

A análise da fragilidade ambiental envolve diversos procedimentos obrigatórios, tais como levantamentos de campo, serviços de laboratório, dentre outros, de modo a permitir a geração de produtos cartográficos temáticos, utilizados em conjunto para mapeamento da vulnerabilidade à erosão (OLIVEIRA & NUNES, 2022). Por outro lado, Lima (2004) cita que a interpretação dos processos que atuam nas diferentes feições geoambientais do contexto do semiárido nordestino, facilitam o ordenamento territorial, minimizando dos efeitos negativos decorrentes da exploração contínua e desordenada dos recursos naturais.

Com relação ao clima semiárido nordestino, os autores Lima, Sales e Oliveira (2021) definem o mesmo como, possui características de baixos índices pluviométricos, elevadas taxas de insolação e evapotranspiração, altas temperaturas com baixa amplitude térmica e déficit hídrico.

Também devemos considerar a influência da variação das formas de relevo na formação da cobertura pedológica ao estudar perda de solos, além da declividade das vertentes que podem gerar uma maior velocidade de escoamento superficial, onde conseqüentemente ocorre um maior deslocamento, arraste de materiais e que o grau de desenvolvimento dos solos está relacionado

também com a inclinação dos terrenos. Kawakubo (2005), cita que a fragilidade do solo tem a ver com sua vulnerabilidade à erosão, bem como ao tipo de uso e à cobertura vegetal, além das especificidades em seus atributos físicos e químicos.

Crepani *et al.* (2001) utilizou as variáveis índice de dissecação do relevo, rocha, solo e cobertura vegetal e estabeleceu igual importância para as variáveis ambientais no estudo de fragilidade. Primeiramente, procede-se a avaliação do grau de vulnerabilidade para cada tema, atribuindo-lhes valores que variam de acordo com o seu estado ecodinâmico, sendo que para as áreas consideradas ecodinamicamente estáveis são associados valores próximos a 1 (um); para áreas intermediárias valores próximos a 2 (dois) e, em áreas instáveis, valores próximos a 3 (três).

Diversos autores têm utilizado a metodologia para avaliar a vulnerabilidade em bacias hidrográficas. Rosa e Ferreira (2021) avaliaram a vulnerabilidade natural à perda de solos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba (UPGRH PN3), situada em Minas Gerais. O trabalho contribuiu para o zoneamento, o planejamento e a gestão ambiental deste conjunto de bacias hidrográficas, utilizando a metodologia de Crepani *et al.* (2001). Além de fornecer informações valiosas para os gestores da UPGRH PN3, o estudo também enfatiza a relevância, eficiência e qualidade dos resultados provenientes de dados e procedimentos acessíveis.

Carvalho *et al.* (2020) analisaram a vulnerabilidade da cobertura terrestre frente à mudança de uso do solo no Alto Camaquã, RS, empregando diferentes pesos para variáveis de cenários físicos, antrópicos e bióticos, usando imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), revelando alta fragilidade em áreas físicas com declividade superior a 43% e fragilidades alta e média nos meios antrópico e biótico, respectivamente. Os resultados visaram orientar projetos de recuperação, análises de fragilidades ambientais e políticas públicas para planejamento do uso do solo regional.

Silva *et al.* (2020) avaliaram a fragilidade ambiental da bacia do rio Candeias, Rondônia, associando atributos naturais como declividade, pedologia e erosividade com fatores antrópicos de uso e ocupação do solo, usando dados de sensoriamento remoto e técnicas de Sistema de Informação Geográfica. Mais de 60% da área da bacia apresenta fragilidade ambiental média, tanto potencial quanto emergente. Foi demonstrada a relevância do uso adequado do solo, visto que práticas agrícolas corretas contribuíram para diminuir a fragilidade potencial na região.

Soares *et al.* (2022) identificaram os níveis de vulnerabilidade à erosão no riacho Espinho, Morrinhos, Ceará, através do uso do software QGIS 3.16-Hanover para criar um banco de dados geográficos, baseado em critérios de Geologia, Declividade, Pedologia, Uso e Cobertura, e Clima. Quatro classes de vulnerabilidade foram identificadas, com 34% da área mostrando predominância de processos pedogenéticos, 64% indicando equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, e apenas 2% dominados por processos morfogenéticos.

Considerando a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), que tem sido amplamente utilizada no Brasil para avaliações da perda de solos e elaboração de zoneamentos ambientais, e diante do exposto, propõem-se com o presente trabalho apresentar a vulnerabilidade à perda de solo da sub-bacia hidrográfica do riacho do Peixe, localizado no município de Morrinhos/CE. Trata-se de uma contribuição para trabalhos de zoneamento, planejamento e gestão ambiental nesta sub-bacia do referido riacho, região onde apresenta práticas agrícolas por vezes inadequadas, criação de animais e em paralelo é desenvolvida a atividade de extração de rocha ornamental, o quartzito. Atividades econômicas que põem em risco a qualidade dos recursos hídricos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do riacho do Peixe (SBHRP) localizada no município de Morrinhos, estado do Ceará (Figura 1). A SBHRP localiza-se entre as coordenadas geográficas 3°17'5.92"S a 40°16'0.79"O e 3°20'20.73"O a 40°12'30.93"O, com área de 12,06 km². O riacho do Peixe percorre um trajeto curso total de 7,14 km, iniciando através de suas nascentes localizada na Serra do Mucuripe, desenvolvendo-se no sentido oeste-leste até desaguar no rio Acaraú.

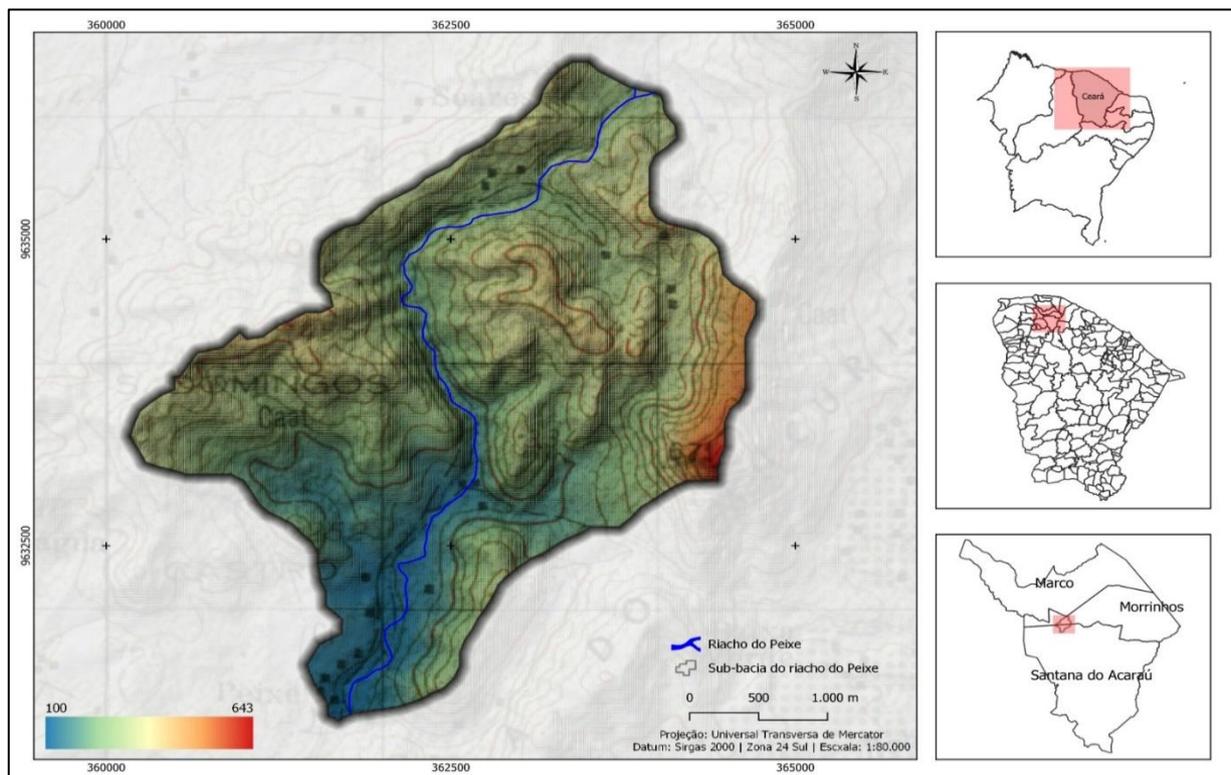


Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo, Morrinhos, Ceará.

Fonte: Autores, 2022.

Segundo IPECE (2017), a região onde se localiza a sub-bacia apresenta clima Tropical Quente Semiárido, com temperaturas médias anuais entre 26°C e 28°C. A média pluviométrica anual fica em

torno dos 1.066,6 mm. Suas altitudes variam entre 89 e 725 m. O padrão geológico é composto predominantemente por rochas do embasamento cristalino, com gnaisses e migmatitos diversos. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos arenosos e argilosos, podendo incluir níveis carbonosos do Terciário. A litologia é composta de Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Planossolos Háplicos, Planossolos Solódicos e Argissolos Distróficos (IBGE, 2019). A vegetação é formada por caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta e floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar com carnaúbas e dicotiledôneas).

3. METODOLOGIA

Para realização do presente trabalho, foram utilizadas imagens ALOS-PALSAR, da Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa (JAXA) com resolução espacial de 12,5 metros. Os limites da bacia hidrográfica foram obtidos da Base Hidrográfica Otocodificada, no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2015).

Quanto aos dados de uso e cobertura da terra, utilizou-se a Plataforma do Projeto Mapbiomas que tem como objetivo o mapeamento anual da superfície do solo a nível nacional, dispondo de arquivos no formato *raster* com resolução espacial de 30 metros, cujos valores de pixels compreendem classes de cobertura e uso para o ano de 2020 (MAPBIOMAS, 2020).

Os dados vetoriais de pedologia e geologia foram adquiridos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) na escala de 1:250.000.

Os dados de precipitação foram adquiridos do Projeto de Previsão de Recursos Energéticos Mundiais (POWER) da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) *Langley Research Center* (LaRC), financiado pelo Programa de Ciências da Terra/Ciências Aplicadas da NASA (STACKHOUSE, 2022).

Os dados adquiridos foram padronizados por meio de reprojeção para SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geodésico para as Américas 2000), UTM zona 24 Sul. Todos os arquivos foram convertidos para o formato *raster*, com resolução espacial de 12,5 metros, dimensões de linhas e colunas com 361 e 428, respectivamente. De acordo com Francisco *et al.* (2019), os referidos procedimentos permitem simplificar cálculos métricos e uniformizar parâmetros para realização da análise.

3.1. Análise da Vulnerabilidade à Perda de Solo

A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida através de uma escala de valores (21 classes de 1,0 a 3,0) conforme Crepani *et al.* (2001), de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando-se os critérios Geologia (G), Declividade (D), Pedologia (S),

Uso e Cobertura (U) e Clima (C). A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida através de uma escala de valores (1,0 a 3,0) conforme Crepani *et al.* (2001), de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando-se cada um dos subcritérios.

Inicialmente os dados foram adquiridos nas respectivas bases de dado. Em seguida, procedeu-se a vetorização, inserção dos pesos nas tabelas de atributos e conversão para o formato *raster*. Para isto, utilizou-se o *software* QGIS 3.16.13-Hannover e calculada a média aritmética dos critérios, conforme equação 1:

$$V = \frac{(G + R + S + U + C)}{5} \quad (1)$$

Onde V = Vulnerabilidade à perda de solo; G = Vulnerabilidade para o tema Geologia; R = Vulnerabilidade atribuída ao tema Geomorfologia; S = Vulnerabilidade atribuída ao tema Pedologia; U = Vulnerabilidade atribuída ao tema Uso e Cobertura; e C = Vulnerabilidade atribuída ao tema Clima.

Em seguida, após obtido o fator V, procedeu-se a reclassificação tomando como base no quadro 1.

Quadro 1: Representação dos valores e das classes de estabilidade/vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Valores
Estável	$1,0 \leq V < 1,4$
Moderadamente Estável	$1,4 \leq V < 1,8$
Medianamente Estável/Vulnerável	$1,8 \leq V < 2,3$
Moderadamente Vulnerável	$2,3 \leq V < 2,7$
Vulnerável	$2,7 \leq V \leq 3,0$

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, 2001.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos adotados, foram obtidos os dados de vulnerabilidade para cada um dos critérios utilizados para obtenção do mapa de vulnerabilidade à perda de solos na área estudada. Os resultados podem ser visualizados no quadro 2:

Quadro 2: Classes de vulnerabilidade e áreas (km²) na SBHRP.

Classes de Vulnerabilidade	D*	U*	S*	G*	C*
Estável	-	9,70	-	-	-
Moderadamente Estável	0,86	2,24	-	-	12,06
Medianamente Estável/Vulnerável	-	0,07	-	12,06	-
Moderadamente Vulnerável	-	0,05	-	-	-
Vulnerável	11,20	-	12,06	-	-
TOTAL			12,06		

*Declividade (D), Uso e Cobertura (U), Pedologia (S), Geologia (G) e Clima (C).

Fonte: Autores.

Conforme pode-se verificar no quadro 2, nos critérios Uso e Cobertura da Terra foram classificados como classe estável, na qual predominam processos pedogenéticos. Os critérios Declividade e Clima apresentaram maior representatividade na classe de vulnerabilidade Medianamente Estável/Vulnerável, denotando, para tais critérios, um equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos. A classe vulnerável predominou no critério pedologia, ocorrendo, portanto, processos com tendência a morfogênese. Na figura 2, observam-se os critérios especializados individualmente com a representação das classes de vulnerabilidade, de forma que se permite verificar a disposição das áreas ao longo da área estudada.

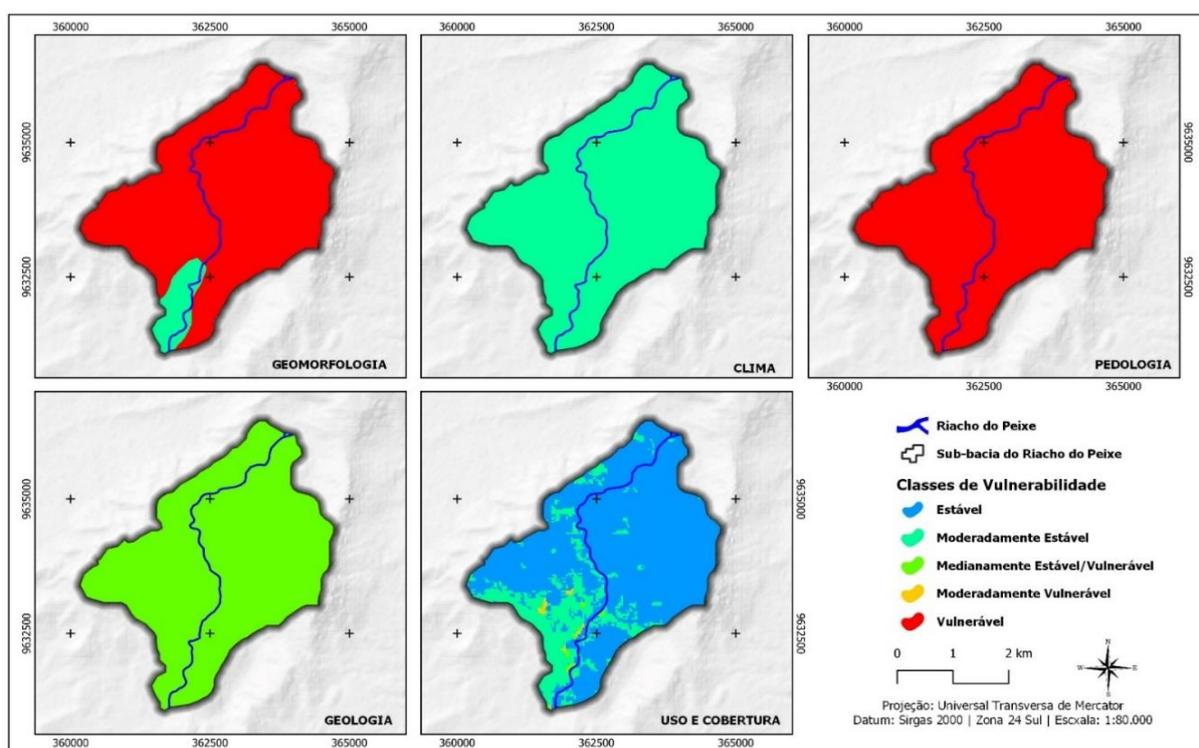


Figura 2 - Espacialização da vulnerabilidade para os critérios declividade, uso e cobertura, pedologia, geologia e clima na SBHRP, Morrinhos, Ceará.

Fonte: Autores, 2022.

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das classes de vulnerabilidade na área estudada. A classe Medianamente Estável/Vulnerável prevaleceu na área com 1.032 hectares (85,57%). Esta classe se distribui ao longo de toda a bacia. A classe Moderadamente Estável (174 hectares ou 14,43%), prevalecendo na região do baixo curso do Riacho do Peixe.

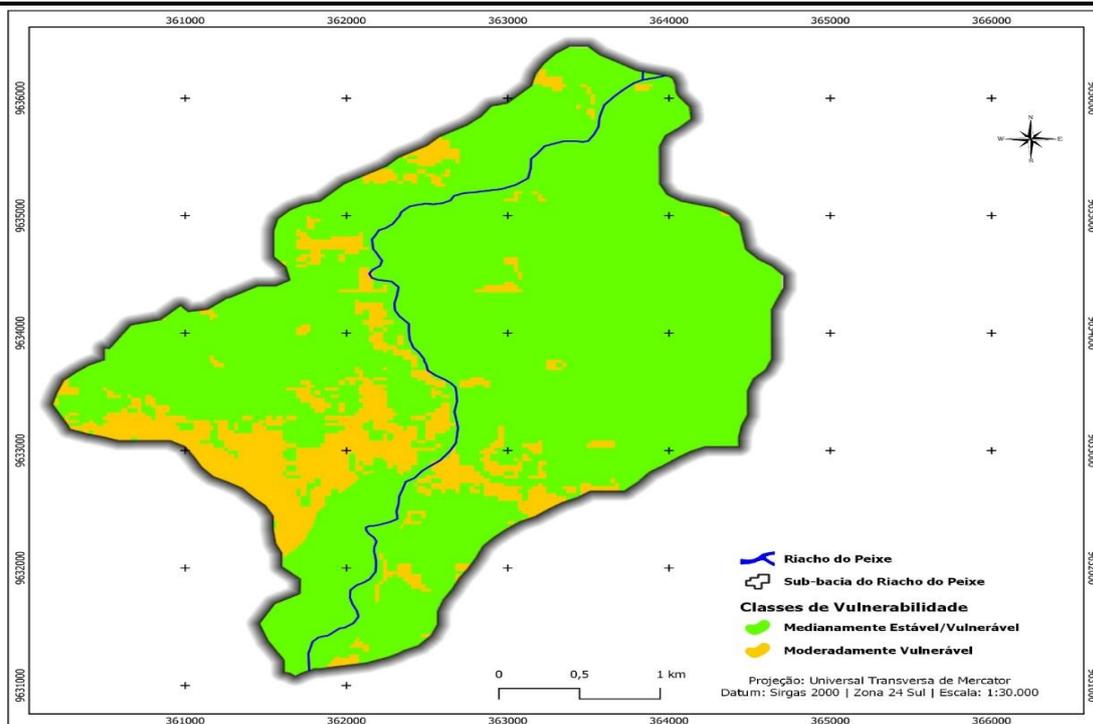


Figura 3 - Vulnerabilidade a processos erosivos na SBHRP, Morrinhos, Ceará.
Fonte: Autores, 2022.

Verifica-se, portanto, que a sub-bacia hidrográfica do Riacho do Peixe pode ser classificada como Medianamente Estável/Vulnerável à perda de solo, o que corresponde à transição entre as unidades mais estáveis e as mais vulneráveis, havendo um equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos.

O estudo realizado sobre a bacia evidenciou uma estabilidade em seu grau de vulnerabilidade aos processos pedogenéticos e morfogenéticos. Em uma escala que classifica tais fenômenos, a bacia apresentou uma classificação intermediária, demonstrando um equilíbrio entre esses dois processos, sugerindo que as influências dos processos pedogenéticos e dos processos morfogenéticos estão ocorrendo em um ritmo balanceado. O índice médio de vulnerabilidade estabelecido foi igual a 2, confirmando a situação de equilíbrio. Este dado possui implicações significativas para a gestão e conservação desse ecossistema, e pode servir como base para o desenvolvimento de estratégias de manutenção dessa estabilidade no futuro.

5. CONCLUSÕES

A utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de SIG aliados à análise integrada dos critérios relativos à Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Clima e Uso e Cobertura da Terra resultou no mapa de vulnerabilidade a processos erosivos. Com isso foi gerado o mapa síntese que permitiu identificar e analisar a vulnerabilidade com base nos conceitos de ecodinâmica, com fundamento na relação morfogênese e pedogênese.

A vulnerabilidade da sub-bacia do riacho do Peixe apresentou predominância no grau medianamente estável/vulnerável na escala de vulnerabilidade a perda de solos. Ressalta-se a importância das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na elaboração de estudos ambientais, facilitando a obtenção e cruzamento de dados, aliados ao conhecimento teórico e da área de estudo, bem como à visão sistêmica que permitiu compreender a paisagem da área de estudo.

REFERÊNCIAS

ANA. **Base Hidrográfica Ottocodificada**. Brasília: ANA, 2015. 17p.

ASF – ALASKA SATELITE FACILITY. **Alos Palsar**. About. Alaska. 2022. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-about/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 4.297**, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm. Acesso em: 29 jun. 2022.

CARVALHO, C. M. Fragilidade Ambiental Frente ao Uso do Solo no Alto Camaquã, RS. Revista de Geografia, v. 37, n. 1, p. 324–338, 2020.

CREPANI, E. *et al.* **Curso Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. INPE: São José dos Campos. São Paulo. 2001. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acessado em: 29 jun. 2022.

FRANCISCO, H. R. *et al.* Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multicriteria analysis. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 8. p. 394. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil**. escala 1:250.000. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019. 8p.

IPECE. **Perfil Básico Municipal: Morrinhos**. Fortaleza. Gerência de Estatística, Geografia e Informação, 2018.

KAWAKUBO, F. S. *et al.* Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2203-2210.

LIMA, E. C. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas - CE**. Dissertação (Mestrado em geografia). 2004. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2004.

LIMA, E.C.; CLAUDINO-SALES, V.; OLIVEIRA, U. C. Levantamento fisiográfico do alto curso das sub-bacias hidrográficas no maciço cristalino da Meruoca, Ceara. **Revista Geografares**, v. 1, p. 52, 2021.

MAPBIOMAS. **Coleção 5 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil**. 2020. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 22 jun. 2022.

OLIVEIRA, U. C.; NUNES, A. B. A. Análise de Áreas de Vulnerabilidade a Processos Erosivos Por Meio da Lógica Fuzzy e Análise Multicritério, na Bacia Hidrográfica do Rio Boa Viagem, Ceará, Brasil. **Revista Geociências**, v. 41, n. 4, p. 927–942, 2002.

ROSA, R. M.; FERREIRA, V. O. Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba. **Revista Georaguaiá**, v. 11, n. esp. p. 107-131, 2021.

SILVA, T. A. *et al.* Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Candeias, RO. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 58–68, 2020.

SOARES, F. F. *et al.* Evaluation of Vulnerability to Soil Loss in the Espinho Stream Sub-Basin, municipality of Morrinhos, Ceará, Brazil. **International Journal Semiarid**, v. 5, n. 5, 2022.

SOUZA, A, M. J. N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Funece, 2000. p. 06 -103.

STACKHOUSE, P. **Nasa Power**. Docs - NASA POWER. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/docs/>>. Acesso em: 29 jun. 2022.