



VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO DA ZONA COSTEIRA DO CONDE, BAHIA

Nilmara Saturnino de Souza¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6115-6808>

Ana Caroline de Souza Santos² - Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-0463-6204>

Marcus Vinicius Costa Almeida Junior³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2742-5290>

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, Brasil*

²Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil**

³Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil***

Artigo recebido em 04/12/2023 e aceito em 27/01/2024

RESUMO

Essa pesquisa consistiu em analisar a vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do município do Conde, Bahia, considerando a relação entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos. O estudo da vulnerabilidade é importante porque influencia no ambiente físico enquanto recurso para as espécies e na interdependência entre os elementos bióticos e abióticos. Os procedimentos metodológicos envolveram a coleta de dados bibliográficos e secundários, a construção de mapas-base de Geologia, Geomorfologia, Declividade, Pedologia e Vegetação, Uso e Ocupação do Solo, bem como a atribuição de valores de 1 a 3 para cada unidade dos mapas; valores estes relacionados ao grau de vulnerabilidade. A classificação da vulnerabilidade ocorreu mediante a adoção de '1' para baixa, '2' para média e maior ou igual a 3 para elevada. O processamento dos dados, bem como todos os cálculos matemáticos, foi realizado através de ferramentas de geoprocessamento, no software QGIS. A análise do mapa de vulnerabilidade permitiu a identificação de uma maior predominância na faixa oeste da área de estudo de baixa vulnerabilidade; média no centro-oeste e partes do oeste; e elevada na faixa litorânea. A ação antrópica no contexto de uso e ocupação do solo é o estímulo externo ao sistema, que exerce influência mais predominante na área de estudo, fazendo com que os valores de vulnerabilidade natural à erosão se elevem.

Palavras-chave: geoprocessamento; álgebra de mapas; uso do solo; SIG-QGIS.

NATURAL VULNERABILITY TO EROSION OF THE COASTAL ZONE OF CONDE, BAHIA

ABSTRACT

This research consisted of analyzing the natural vulnerability to erosion of the coastal zone of the municipality of Conde, Bahia, considering the relationship between morphogenetic and pedogenetic processes. The study of

* Doutoranda em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. E-mail: saturninonilmara@gmail.com.

** Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. E-mail: anacaroline22santos@gmail.com.

*** Doutor em Geologia. Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. E-mail: mvcajr@ufrb.edu.br.

vulnerability is important because it influences the physical environment as a resource for species and the interdependence between biotic and abiotic elements. The methodological procedures involved the collection of bibliographic and secondary data, the construction of base maps of Geology, Geomorphology, Slope, Pedology and Vegetation, Land Use and Occupation, as well as the assignment of values from 1 to 3 for each unit of the maps; these values are related to the degree of vulnerability. The classification of vulnerability occurred by adopting '1' for low, '2' for medium and greater than or equal to 3 for high. The data processing, as well as all mathematical calculations, were carried out through geoprocessing tools, in the QGIS software. The analysis of the vulnerability map allowed the identification of a greater predominance in the western strip of the study area of low vulnerability; medium in the west-central and parts of the west; and high in the coastal strip. Human action in the context of land use and occupation is the external stimulus to the system, which exerts a more predominant influence in the study area, causing the values of natural vulnerability to erosion to rise.

Keywords: geoprocessing; map algebra; land use; GIS-QGIS.

VULNERABILIDAD NATURAL A LA EROSIÓN DE LA ZONA COSTERA DE CONDE, BAHIA

RESUMEN

Esta investigación consistió en analizar la vulnerabilidad natural a la erosión de la zona costera del municipio de Conde, Bahía, considerando la relación entre los procesos morfogénicos y pedogenéticos. El estudio de la vulnerabilidad es importante porque influye en el entorno físico como recurso para las especies y en la interdependencia entre los elementos bióticos y abióticos. Los procedimientos metodológicos implicaron la recopilación de datos bibliográficos y secundarios, la construcción de mapas base de Geología, Geomorfología, Pendiente, Pedología y Vegetación, Uso y Ocupación del Suelo, así como la asignación de valores de 1 a 3 para cada unidad de los mapas; estos valores están relacionados con el grado de vulnerabilidad. La clasificación de la vulnerabilidad se produjo mediante la adopción de '1' para baja, '2' para media y mayor o igual a 3 para alta. El procesamiento de los datos, así como todos los cálculos matemáticos, se realizaron a través de herramientas de geoprosesamiento, en el software QGIS. El análisis del mapa de vulnerabilidad permitió la identificación de una mayor predominancia en la franja occidental del área de estudio de baja vulnerabilidad; medio en el centro-oeste y partes del oeste; y alto en la franja costera. La acción humana en el contexto del uso y ocupación del suelo es el estímulo externo al sistema, que ejerce una influencia más predominante en el área de estudio, haciendo que los valores de vulnerabilidad natural a la erosión aumenten.

Palabras clave: geoprosesamiento; álgebra de mapas; uso del suelo; SIG-QGIS.

INTRODUÇÃO

A Zona Costeira, também conhecida como zona litorânea, é conceituada pela Lei nº 7.661, datada de 16 de maio de 1988, que estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Segundo essa legislação, a Zona Costeira é definida como o "espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre" (BRASIL, 1988). Dessa maneira, a legislação reconhece a Zona Costeira como um patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.

Ao abordarmos a Zona Costeira como patrimônio, é crucial considerar que os ecossistemas litorâneos no Brasil foram os primeiros a sofrerem os impactos da ação humana, remontando aos primórdios da colonização (Moraes, 2007). Desde a extração do pau-brasil até as atividades mais contemporâneas como pesca, turismo, setor imobiliário e exploração de petróleo, diversas formas de degradação ambiental foram desencadeadas ao longo dos séculos (Santos; Câmara, 2002).

Essa análise histórica da paisagem evidencia a complexidade da relação entre homem e ambiente, tornando o desenvolvimento sustentável um desafio. Com o objetivo de garantir que o ambiente das zonas costeiras seja preservado como um recurso para as gerações futuras, bem como para as diversas espécies que compõem a fauna e flora local, este estudo foi conduzido no município do Conde, Bahia, uma área litorânea integrante da Área de Proteção Ambiental (APA) do Litoral Norte (IBGE, 1990).

A APA do Litoral Norte, criada em 17 de março de 1992, pelo Decreto Estadual nº 1.046, abrange não apenas o Conde, mas também os municípios de Jandaíra, Esplanada, Entre Rios, Itanagra e Mata do São João, totalizando 142.000 hectares ao longo da BA-099, conhecida como Linha Verde (Machado, 2008).

Considerando a importância das Áreas de Proteção Ambiental como Unidades de Conservação e espaços territoriais com recursos ambientais, nos deparamos com diferentes agentes econômicos que possuem interesses estratégicos na APA Litoral Norte, em especial no município do Conde. Nas áreas de manguezais, dunas e restingas, observam-se diversos usos e ocupações da terra que podem comprometer a qualidade e a função desses ambientes.

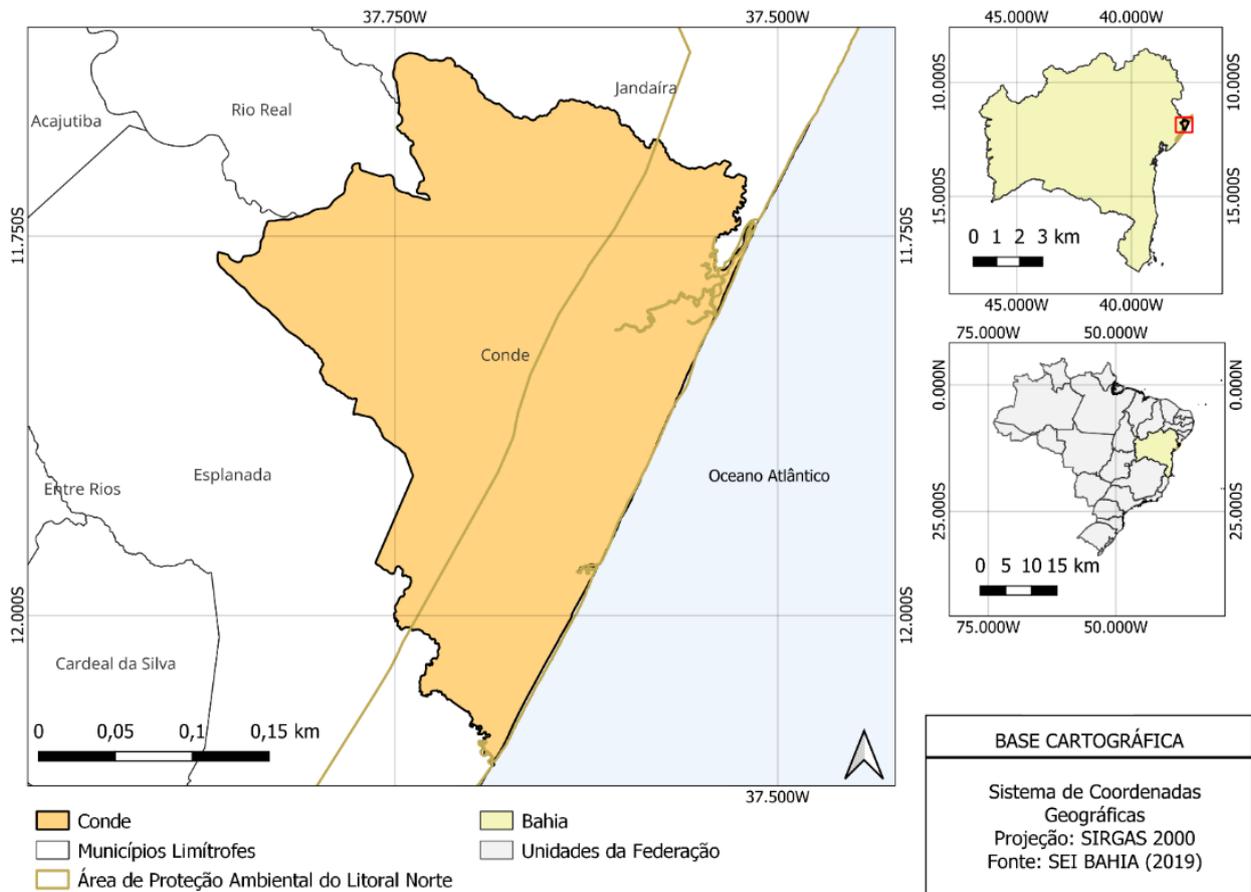
Essas atividades antrópicas têm provocado mudanças substanciais na operação do ecossistema natural em várias áreas geográficas do Brasil, resultando em sua crescente fragilidade (Carvalho *et al.*, 2020). Assim, torna-se imprescindível realizar estudos nessa região para contribuir com a gestão territorial e ambiental.

Além disso, a zona costeira do Conde apresenta potencial turístico, paisagístico e comercial, explorados ao longo do tempo de maneira desordenada e muitas vezes sem considerações ambientais. Com o intuito de manter o equilíbrio dos ecossistemas costeiros, muitos dos quais frágeis e ambientalmente vulneráveis, é necessário um enfoque mais consciente e sustentável na exploração desses recursos.

Este estudo, portanto, adota a abordagem de "sistema", conforme definido por Tricart (1977), Bertrand (1971) e Sotchava (1977), como instrumento para analisar os problemas ambientais, a vulnerabilidade ambiental e o potencial ecológico. A análise de uma unidade de paisagem envolve a compreensão de sua gênese, forma e constituição do meio físico, por meio da geologia, geomorfologia, pedologia, uso e cobertura do solo (Lopes; Saldanha, 2016).

Nesse contexto, a pesquisa se concentra na análise da vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do Conde (Figura 1), inserida na APA do Litoral Norte, levando em consideração a relação entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos, envolvendo uma análise integrada de fatores como rocha, solo, relevo, vegetação e uso e ocupação do solo.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Elaboração: Os autores.

A ‘persistência’, medida do quanto o sistema perturbado se afasta do equilíbrio, e a ‘resiliência’, relacionada à capacidade de recuperação da estabilidade (MMA, 2007), são considerações importantes. A vulnerabilidade ocorre em um espaço-tempo devido a processos naturais e antropogênicos, influenciando o ambiente físico como recurso para as espécies e na interdependência entre os elementos bióticos e abióticos.

Apesar da importância da Zona Costeira do Conde e sua riqueza ambiental, há uma lacuna no conhecimento sobre os aspectos fisiográficos do município e não existem registros na literatura sobre a vulnerabilidade natural à erosão. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna e servir como base para estudos futuros, contribuindo para a identificação de áreas prioritárias para conservação e, quando possível, restauração, visando aprimorar a gestão territorial e ambiental do Conde.

Em síntese, este estudo visa não apenas preencher lacunas no conhecimento sobre a zona costeira do Conde, mas também fornecer subsídios para práticas mais sustentáveis e conscientes na gestão desses ambientes. A análise integrada proposta contribui para uma compreensão mais abrangente dos desafios e potencialidades da região, promovendo a conservação desses importantes ecossistemas para as gerações presentes e futuras.

METODOLOGIA

O presente estudo adotou uma abordagem metodológica abrangente, incorporando tanto elementos qualitativos quanto quantitativos para analisar a vulnerabilidade natural da área em questão. A escolha por essa abordagem mista permitiu uma compreensão mais completa e aprofundada dos processos envolvidos, possibilitando uma visão holística da situação.

A primeira etapa metodológica consistiu no levantamento de dados, onde foram coletadas informações relevantes sobre a área de estudo, abrangendo desde características geológicas e geomorfológicas até aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo. Esse levantamento detalhado proporcionou uma base sólida para as análises subsequentes, garantindo que a compreensão da vulnerabilidade natural estivesse fundamentada em dados precisos e representativos.

Foram coletados dados secundários, disponibilizados em sites específicos, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Eletrônico de Informações do Estado da Bahia (SEI-BA), Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), Serviço Geológico do Brasil (SGB) e informações obtidas por meio do Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Conde elaborado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH, 2003) e do Plano de Manejo da APA do Litoral Norte (SEPLANTEC/CONDER, 1995), além de referências de estudos para a caracterização do contexto regional.

Com base nesses dados, elaborou-se, no *software* QGIS versão 3.28, mapas-base de declividade, geologia, geomorfologia e pedologia, sendo sobrepostos ao mapa hipsométrico, além do mapa de uso e cobertura do solo com dados e informações do MAPBIOMAS (Souza *et al.*, 2020), para auxiliar as observações do meio físico, úteis à análise da vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do município de Conde.

Na elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão, utilizou-se uma ferramenta denominada álgebra de mapas no *software* QGIS versão 3.28. A primeira etapa consistiu na atribuição de pesos (graus) para cada uma das classes presentes nos mapas-base de geologia, geomorfologia, pedologia, declividade, e vegetação, uso e ocupação do solo.

A adoção de graus de vulnerabilidade para cada unidade mapeada, ocorreu mediante uma escala que variou de 1 a 3, conforme a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), que considera a relação Pedogênese/Morfogênese. Tricart (1977) por meio dos princípios da Ecodinâmica categorizou a morfodinâmica dos processos de morfogênese e pedogênese. Dessa forma, quando há predominância do primeiro prevalecem processos de erosão e quando há predominância do segundo prevalecem processos de formação de solos. Ademais, em virtude da presença de corpos d'água permanentes na região, foi atribuído o valor 5,0 para essa classe, buscando isolar essas áreas alagadas da análise do estudo.

Assim, a pesquisa considera as escalas de vulnerabilidade: baixa, média e alta, tomando-se como base as categorias morfodinâmicas de Tricart (1977) que são: Estável, Intermediária e Instável. O Quadro 01 representa a correspondência entre as categorizações, como resultado da análise dos mapas temáticos.

Quadro 1 - Correspondência entre as categorizações.

Classificação da Vulnerabilidade	Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese/ Morfogênese	Valor
Baixa	Estável	Prevalece a Pedogênese	1.0
Média	Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/ Morfogênese	2.0
Alta	Instável	Prevalece a Morfogênese	≥ 3

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001) e Tricart (1977).

Posteriormente, os mapas-base em formato vetorial foram convertidos para o formato raster, para fins de aplicação do método algébrico via *software* QGIS versão 3.28, a partir da equação abaixo, modificada de Crepani *et al.* (2001):

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + D)}{5}$$

Onde tem-se:

V = Vulnerabilidade; G = vulnerabilidade para o tema Geologia; R = vulnerabilidade para o tema Relevo (Geomorfologia); S = vulnerabilidade para o tema Solos; Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação, Uso e Ocupação; D = vulnerabilidade para o tema Declividade.

A partir dos dados acima obtidos, em formatos raster, o resultado algébrico dessas informações gerou o mapa – ou carta – de vulnerabilidade natural à erosão da área de estudo. Com a geração desse produto, iniciaram-se as análises e interpretações da área de estudo. Tanto aspectos qualitativos quanto quantitativos foram considerados durante essa análise, proporcionando uma visão abrangente das condições presentes na área. A interrelação entre variáveis, como tipos de solo, cobertura vegetal, e processos erosivos, foi examinada minuciosamente para identificar padrões e tendências significativas.

A divulgação dos resultados contribui não apenas para o entendimento da vulnerabilidade natural da zona costeira em foco, mas também fornece informações valiosas para gestores ambientais, pesquisadores e demais interessados.

CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

A APA do Litoral Norte, objeto deste estudo, revela características climáticas distintas que moldam sua geologia, geomorfologia e ecossistemas. Com médias térmicas elevadas e índices pluviométricos expressivos, a região apresenta um clima quente e úmido, cujas chuvas distribuem-se ao longo do ano, sendo mais intensas de março a julho, conforme indicado pela SEMARH (2003) e dados históricos (Thornthwaite, 1948).

O município do Conde, cuja zona costeira situa-se nessa APA, experimenta variações mensais e anuais de temperatura, com médias oscilando entre 23 e 25°C, e amplitudes térmicas de 3 a 6°C (Lyrio, 1996). Essas condições climáticas estabelecem o cenário para a diversidade biótica e abiótica da região.

Geologicamente, a região é subdividida em três domínios distintos: Pré-Cambriano, Terciário e Quaternário (Martin *et al.*, 1980), sendo caracterizada pela presença de sedimentos quaternários de origem continental e marinha, assim como pelos sedimentos pliocênicos (Terciário) da Formação Barreiras, além de afloramentos rochosos provenientes do embasamento cristalino (Pré-cambriano). A planície quaternária, geralmente estreita (com uma média de cerca de 1 a 2 km de largura), expande-se principalmente nas proximidades das principais desembocaduras fluviais, com as paleofalésias esculpidas na Formação Barreiras durante a Transgressão Mais Antiga servindo como limite interno (Bittencourt *et al.*, 1979). A estreiteza da planície quaternária neste setor indica que a linha de costa teve um avanço muito limitado durante o Quaternário, especialmente nos últimos 5 mil anos, na maior parte do Litoral Norte do Estado da Bahia.

O Domínio Pré-Cambriano, localizado nos vales dos rios, caracteriza-se pelo embasamento cristalino, constituído de rochas granulíticas e/ou gnáissicas, formando solos ricos em argilominerais. Entretanto, esses solos apresentam potencial erosivo e baixa capacidade aquífera, destacando a sensibilidade dessa área a processos erosivos (Barbosa; Cruz; Souza, 2012).

No Domínio Terciário, a presença predominante é da Formação Barreiras, originada entre o Plioceno Inferior e o Plioceno Superior (Bittencourt *et al.*, 1979; Suguio *et al.*, 1985). Essa formação constitui, geomorfologicamente, tabuleiros costeiros a oeste da Linha Verde, bastante dissecadas em vales em forma de “V”, caracterizando-se por solos profundos, vermelhos e amarelos álicos, de baixa fertilidade, (Nunes; Ramos; Dilinger, 1981; Suguio *et al.*, 1985; Esquivel, 2006; Dominguez; Bittencourt, 2012).

O Domínio Quaternário engloba as unidades geológico-geomorfológicas depositadas a partir do Pleistoceno inferior, originadas por oscilações climáticas e do nível do mar, representando uma transição vital entre ambientes continentais e marinhos, agregando complexidade ao cenário geológico da APA Litoral Norte (SEMARH, 2003). Pode ainda ser subdividido em dois grupos, o dos depósitos continentais, representados pelos materiais que se acumulam em ambientes tipicamente continentais, como por exemplo depósitos de leques aluviais, depósitos eólicos (dunas) e depósitos fluviais; e os depósitos marinhos transicionais, originados a partir de processos marinhos (ondas, marés e correntes), como por exemplo depósitos de terraços marinhos, arenitos de praia (*beachrocks*) e depósitos de faixa de praia (Esquivel, 2006).

Quanto à vegetação, a APA apresenta uma variedade de fitofisionomias, incluindo Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Área de Formação Pioneira, Matas Ciliares e Vegetação de Restinga, todas associadas ao grande bioma Mata Atlântica (Brazão; Araújo, 1981).

A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, em diferentes estágios de sucessão ecológica, evidencia-se como um elemento crucial na diversidade biológica da região, destacando-se: a) estágio inicial de regeneração, caracterizado por fisionomia arbustivo herbácea; b) estágio médio de regeneração, com cobertura arbórea de até dez metros; e c) estágio elevado de regeneração, com cobertura arbórea de até doze metros de altura (Almeida Junior; Anjos; Sampaio, 2013). Essa diversidade estrutural é vital para o suporte da biodiversidade na região.

As áreas de vegetação pioneira, com influência aluvial e marítima, e as matas ciliares, que desempenham um papel crucial na prevenção de erosão e assoreamento de cursos d'água, são elementos-chave na conservação dos recursos hídricos na área (Jean, 2017). Já as restingas, encontradas em solos ácidos, lixiviados e arenosos sob influência marinha, desempenham um papel ecológico fundamental na região.

É imperativo ressaltar que, ao longo dos séculos, as atividades econômicas impactaram significativamente a vegetação original na região. Desde a colonização, com a extração de recursos como o pau-brasil, até atividades mais contemporâneas como plantios de *Pinus* e coqueiros, a cobertura vegetal original foi drasticamente reduzida. Além disso, o processo de ocupação urbana intensificou os processos erosivos, contribuindo para a perda da cobertura vegetal nas restingas.

RESULTADOS

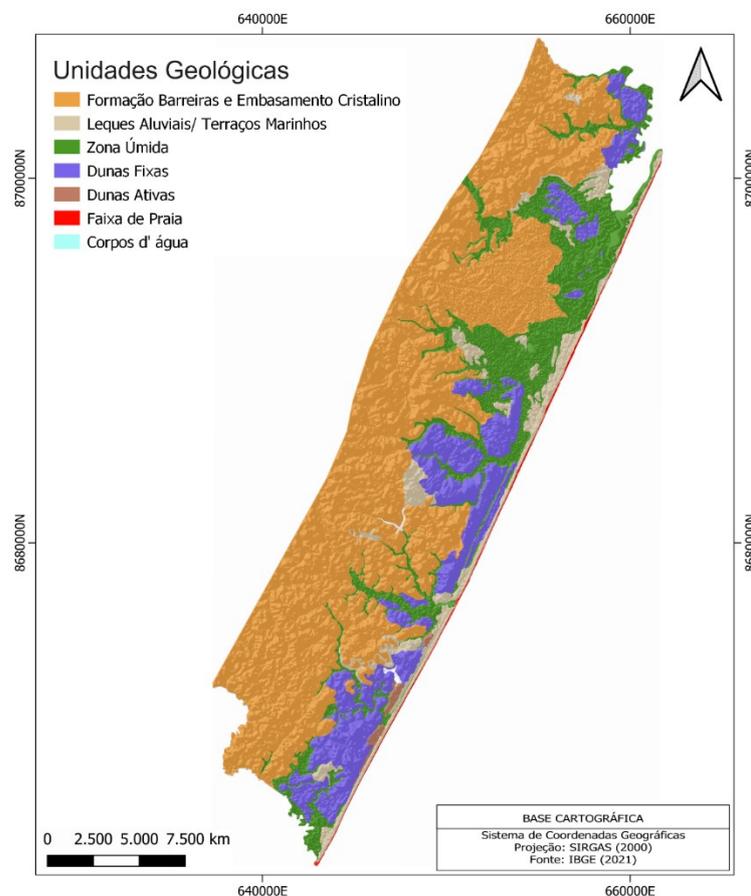
Nesse estudo as unidades de paisagem foram analisadas em observância à sua gênese, constituição, forma, estágio de evolução, informações essas provenientes da Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Declividade e Vegetação, Uso e Ocupação do Solo, com a atribuição de graus de vulnerabilidade para as

diferentes classes dos diferentes mapas e, por fim, a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão da área de estudo.

A vulnerabilidade para a Geologia

A análise da geologia da área de estudo (Figura 2) fez-se importante, pois forneceu informações sobre a história geológica da área de estudo, bem como o grau de coesão das rochas que fazem parte. A resistência das rochas ao intemperismo, conforme Crepani *et al.* (2001), depende dos minerais que a integram e da resistência à desagregação, assim rochas muito coesas prevalecem pedogênese e nas pouco coesas há a prevalência morfogênese. As diferentes classes geológicas foram classificadas conforme os graus de vulnerabilidade expostos na Tabela 1.

Figura 2 – Mapa geológico da área de estudo.



Elaboração: Os autores.

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade para o Zoneamento Geoambiental da área de estudo.

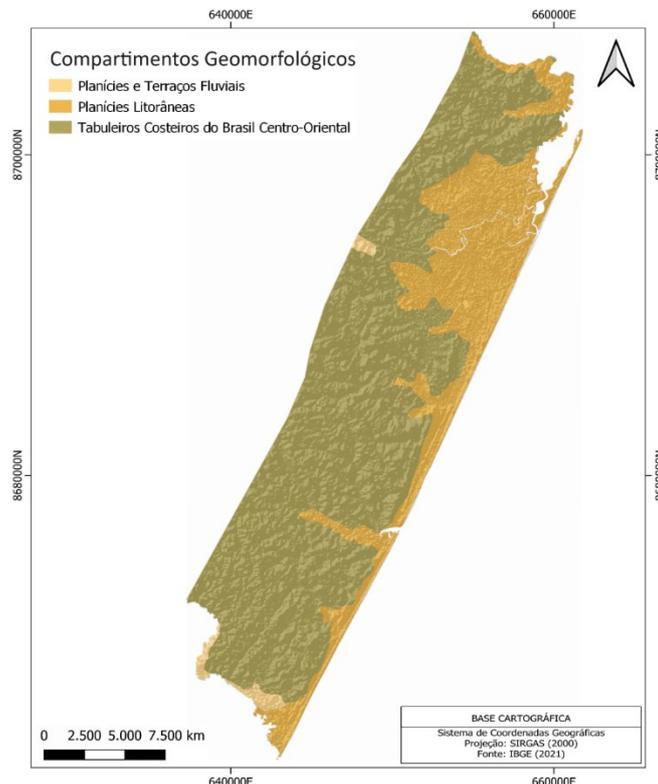
Classes	Grau de vulnerabilidade	Classificação da vulnerabilidade
Formação Barreiras e Embasamento Cristalino	1.6	Baixa
Leques Aluviais	2.0	Média
Terraços Marinheiros	3.0	Alta
Zona Úmida	3.0	Alta
Dunas Fixas	2.3	Média
Dunas Ativas	2.3	Média
Faixa de Praia	3.0	Alta
Corpo d'água	5.0	Alta

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

A vulnerabilidade para a Geomorfologia e Declividade

Os resultados apontam para a classificação da vulnerabilidade, quando a unidade analisada foi geomorfologia (Figura 3), expressos em graus na Tabela 2 e a declividade (Figura 4), expressos em graus na Tabela 3. Assim onde há elevados valores de declividade, amplitudes de relevo e graus de dissecação prevalecem processos morfogenéticos, enquanto locais que apresentam baixos valores para prevalecem processos pedogenéticos.

Figura 3 – Compartimentação geomorfológica da área de estudo.



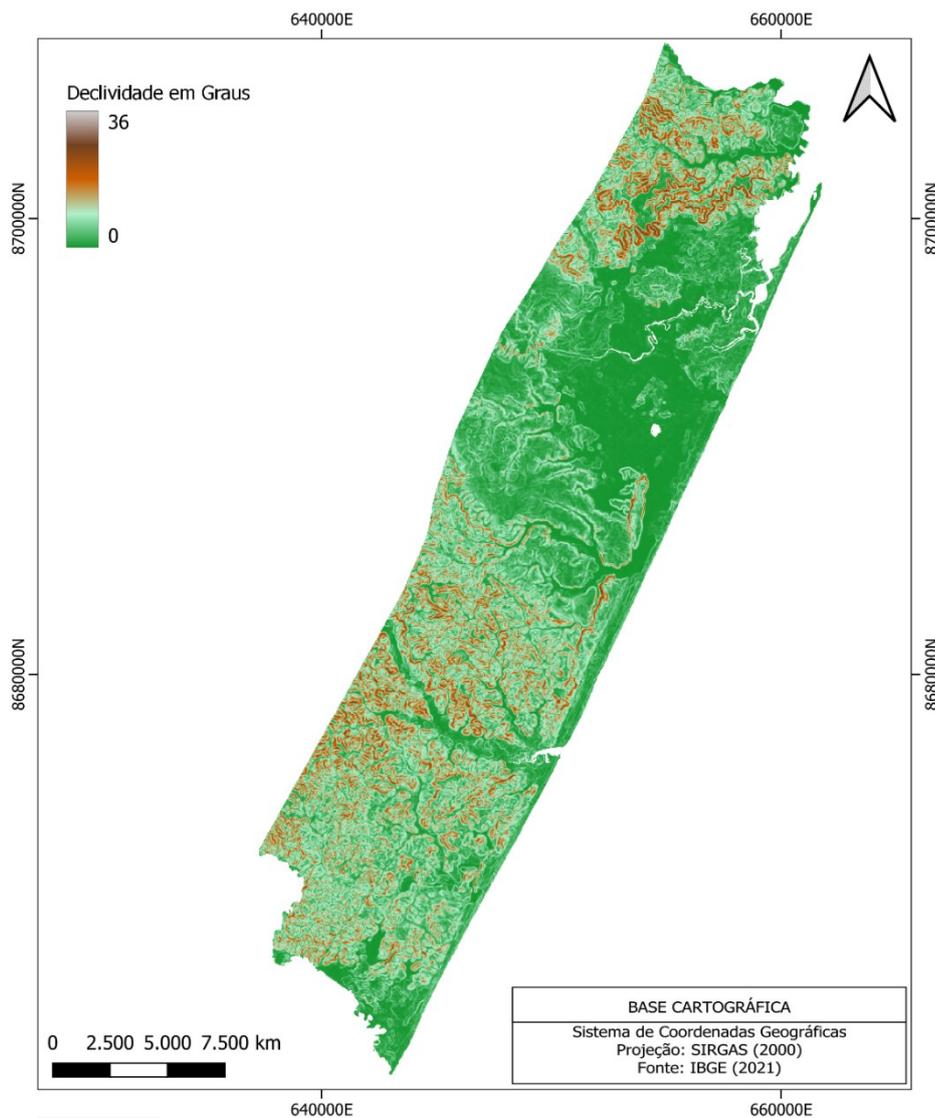
Elaboração: Os autores.

Tabela 2 – Classificação da vulnerabilidade para geomorfologia da área de estudo.

Classes	Vulnerabilidade	Classificação da vulnerabilidade
Planícies e Terraços Fluviais	2.1	Média
Planícies Litorâneas	3.0	Alta
Tabuleiros Costeiros do Brasil Centro-Oriental	1.6	Baixa

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

Figura 4 – Mapa de declividade da área de estudo.



Elaboração: Os autores.

Tabela 3 - Classificação da vulnerabilidade para declividade da área de estudo.

Graus	Vulnerabilidade Estabilidade	Graus	Vulnerabilidade estabilidade	Graus	Vulnerabilidade estabilidade
<2	1,0	9,9 - 11,2	1,7	19,1 - 20,4	2,4
2 - 3,3	1,1	11,2 - 12,5	1,8	20,4 - 21,7	2,5
3,3 - 4,6	1,2	12,5 - 13,8	1,9	21,7 - 23,0	2,6
4,6 - 5,9	1,3	13,8 - 15,2	2,0	23,0 - 24,4	2,7
5,9 - 7,3	1,4	15,2 - 16,5	2,1	24,4 - 25,7	2,8
7,3 - 8,6	1,5	16,5 - 17,8	2,2	25,7 - 27	2,9
8,6 - 9,9	1,6	17,8 - 19,1	2,3	>27	3,0

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

A vulnerabilidade para a Pedologia

Segundo Crepani *et al.* (2001) a maturidade dos solos é uma resultante do balanço morfogênese/pedogênese. Quando prevalece os processos erosivos da morfogênese tem-se solos jovens, pouco desenvolvidos, em contrapartida se predominam processos de pedogênese tem-se solos maduros, lixiviados, bem desenvolvidos. Assim, a análise dos solos da área de estudo (Figura 5) resultou na vulnerabilidade dos solos representada na Tabela 4.

Figura 5 – Mapa de solos da área de estudo.



Elaboração: Os autores.

Tabela 04 – Classificação da vulnerabilidade para pedologia da área de estudo.

Classes	Grau de vulnerabilidade	Classificação da vulnerabilidade
Argissolo	2.0	Média
Espodossolo	2.0	Média
Gleissolo	3.0	Alta
Neossolo	3.0	Alta

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

A vulnerabilidade para Vegetação, Uso e Ocupação do Solo

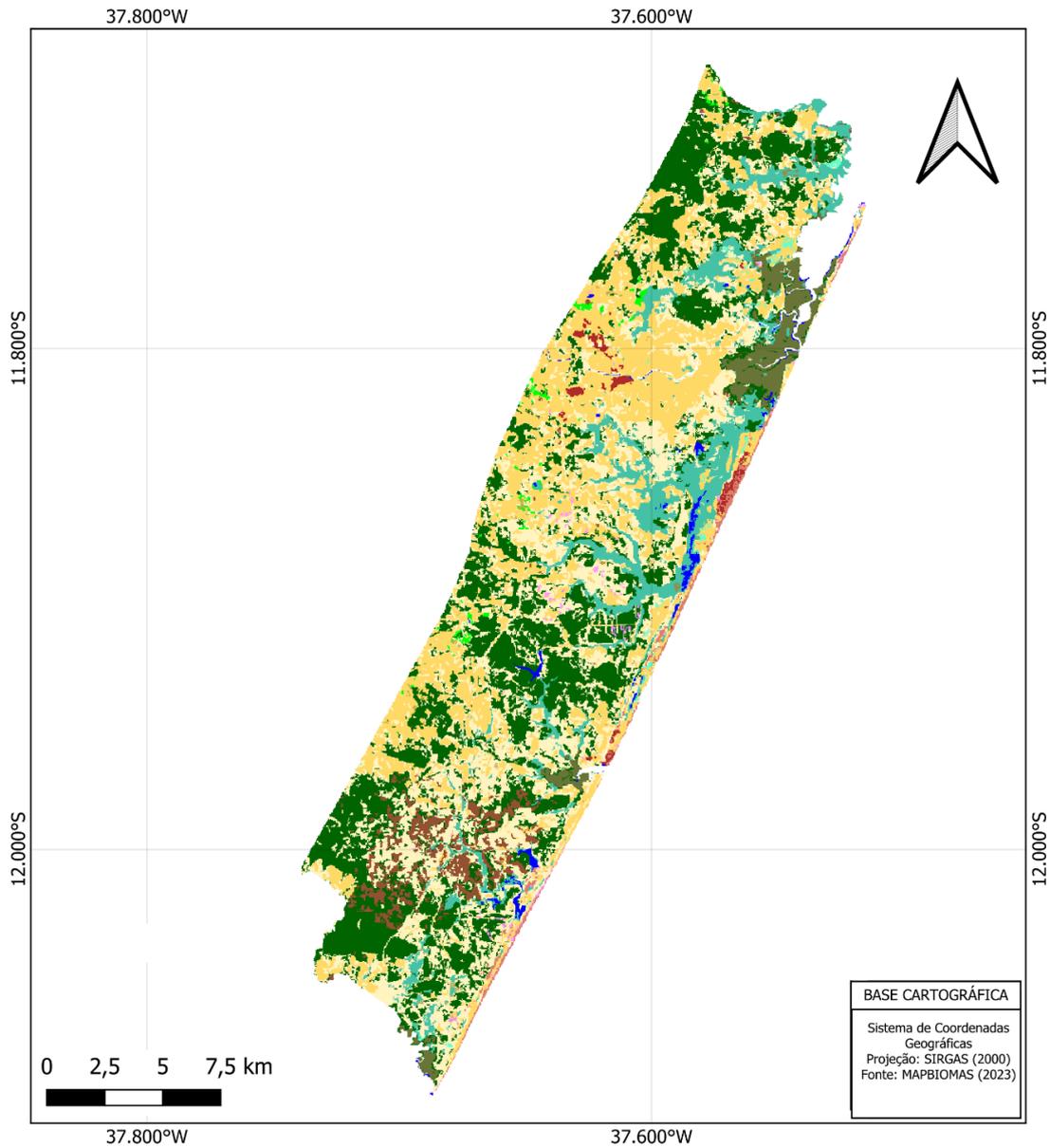
As coberturas vegetais de densidade baixa estão relacionadas a processos morfogenéticos, por outro lado onde há cobertura vegetal com maior densidade torna possível o desenvolvimento e maturação do solo, conseqüentemente os processos pedogenéticos são predominantes.

A ação antrópica no contexto de uso e ocupação dos solos configura-se como estímulos externos ao sistema, retomando a ideia exposta na introdução, na qual o ambiente é interpretado com partes interdependentes e atuantes para que os organismos biológicos sobrevivam nele enquanto não só substrato, mas também como recurso. Um exemplo dessas atividades humanas na área de estudo é a pecuária, agricultura e as áreas urbanas.

A depender do tipo de atividade sobre uma determinada unidade de paisagem, essa pode degradar ou destruí-la devido à sua capacidade de absorver os estímulos. Sob esse aspecto conforme os estudos de Crepani *et al.* (2001) há uma viabilidade se essa interação ocorrer em uma unidade de menor vulnerabilidade, conforme técnicas de manejo mais indicadas do ponto de vista conservacionista, pode se configurar em um “desenvolvimento sustentado”.

Os graus de vulnerabilidade referentes à cobertura vegetal, uso e ocupação do solo para a área de estudo (Figura 6) se encontram representadas na Tabela 05.

Figura 6 – Mapa de vegetação, uso e ocupação do solo da área de estudo.



Classes de Vegetação, Uso e Ocupação do Solo

- | | |
|---------------------------------|--|
| Formação Florestal | Mosaico de Usos Agricultura e Pastagem |
| Formação Savânica | Praia, Duna e Areal |
| Mangue | Área Urbanizada |
| Floresta Plantada | Outras Áreas não Vegetadas |
| Campo Alagado | Apicum |
| Formação Campestre | Rio, Lago e Oceano |
| Outras Formações não Florestais | Outras Lavouras Temporárias |
| Pastagem | Restinga Herbácea |

Elaboração: Os autores.

Tabela 5 – Classificação da vulnerabilidade para vegetação, uso e ocupação do solo na área de estudo.

Classes	Grau de vulnerabilidade	Classificação da vulnerabilidade
Formação Florestal	1.0	Baixa
Formação Savana	1.0	Baixa
Mangue	3.0	Alta
Silvicultura	2.0	Média
Campo Alagado e Área Pantanosa	3.0	Alta
Formação Campestre	2.0	Média
Outras Formações Não Florestais	1.0	Baixa
Pastagem	3.0	Alta
Mosaico de Usos	3.0	Alta
Praia, Duna e Areal	2.3	Média
Área Urbanizada	3.0	Alta
Outras Áreas Não Vegetadas	3.0	Alta
Apicum	1.4	Baixa
Rio, Lago e Oceano	5.0	Alta
Outras Lavouras Temporárias	3.0	Alta
Restinga Herbácea	3.0	Alta

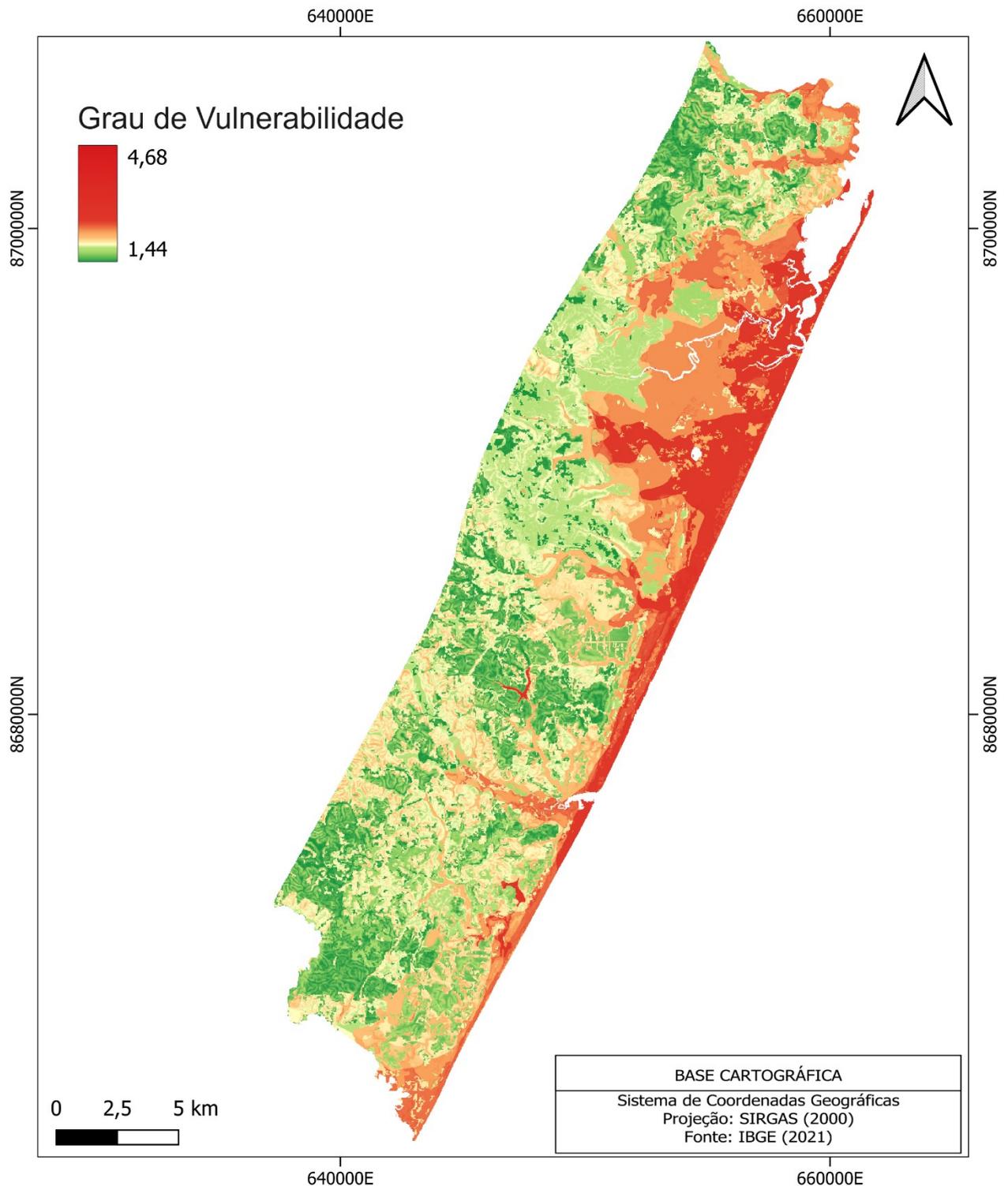
Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do Município do Conde

O mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão é um processo que resulta da análise abrangente do meio físico e biótico, com o objetivo de guiar a ocupação racional dos recursos naturais. Após atribuir valores de vulnerabilidade a todas as classes pertinentes, realizou-se a integração dos mapas por meio da álgebra de mapas e, essa integração, segue uma rotina de programação detalhada, que inclui a definição das classes de vulnerabilidade, proporcionando uma abordagem sistemática e estruturada para a compreensão e gestão desse importante aspecto ambiental. Esse processo culminou na produção do mapa de vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do Conde, conforme ilustrado na Figura 7, inserida na APA do Litoral Norte.

O referido mapa oferece, portanto, uma visão detalhada de um ambiente heterogêneo na região costeira do município em questão, onde fatores geológicos, vegetacionais e antropogênicos convergem para criar distintos graus de suscetibilidade erosiva. A utilização de um banco de dados robusto desempenhou um papel fundamental, permitindo a análise das nuances representadas pelos diversos matizes presentes no mapeamento, enriquecendo assim a compreensão da vulnerabilidade natural à erosão nessa área específica.

Figura 7 – Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da zona costeira do Conde, Ba.



Elaboração: Os autores.

A presença dominante de áreas com coloração verde a oeste da área de estudo sinaliza uma menor vulnerabilidade à erosão. Este fenômeno é intrinsecamente associado à geologia local, onde a Formação Barreiras e o Embasamento Cristalino atuam como elementos protetores. A formação rochosa robusta e as

características intrínsecas do cristalino conferem estabilidade ao solo, reduzindo a suscetibilidade à erosão. Além disso, a transição da vegetação, que abrange desde a restinga até a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, contribui para a preservação da integridade do solo. Solos classificados como argissolos e latossolos, caracterizados por sua coesão e resistência, reforçam a resiliência dessas áreas perante as forças erosivas.

Indo na direção centro-oeste, o surgimento de tons alaranjados indica uma elevação na vulnerabilidade à erosão. Este fenômeno está correlacionado com a introdução de atividades humanas, como pastagens e áreas agrícolas. Pastagens, embora representem uma forma de cobertura do solo, tendem a reduzir a coesão do solo, aumentando sua suscetibilidade à erosão, especialmente quando combinadas com práticas agrícolas. A concentração de tons alaranjados nas proximidades da faixa litorânea sugere uma interação complexa entre atividades humanas e a fragilidade associada a ecossistemas costeiros, como campos alagados, dunas e pastagens.

Contudo, é na faixa litorânea que a vulnerabilidade atinge seu ápice. As áreas marcadas por tons intensos de laranja e vermelho revelam uma alta propensão à erosão, especialmente em ecossistemas sensíveis como manguezais, campos alagados, dunas e áreas urbanas. A interseção de fatores, como a ação das marés, a instabilidade do solo e as atividades urbanas, cria um ambiente propício para a erosão costeira. A presença de mangues, embora essenciais para a biodiversidade, também contribui para a vulnerabilidade, dada a sua localização delicada entre os ambientes terrestre e marinho.

CONCLUSÃO

A ação antrópica, no contexto do uso e ocupação do solo, emerge como um estímulo externo ao sistema, exercendo uma influência predominante na área de estudo. Nota-se que atividades como agricultura e pecuária praticadas na faixa litorânea contribuem significativamente para o aumento dos valores de vulnerabilidade natural à erosão. Esse impacto é ainda mais pronunciado no ambiente de manguezais, onde a vulnerabilidade atinge níveis elevados.

No âmbito das interações entre os diversos subsistemas, torna-se evidente a importância dessas relações para o planejamento ambiental adequado. Minimizar os impactos ambientais negativos, sobretudo de origem antrópica, nos diversos ecossistemas da área de estudo requer uma compreensão aprofundada das diferentes dinâmicas. Nesse contexto, o conhecimento, identificação e proposição das zonas de maior/menor vulnerabilidade natural à erosão tornam-se elementos cruciais para embasar decisões assertivas.

A análise da vulnerabilidade natural à erosão na zona costeira do Conde se configura como uma abordagem eficaz para auxiliar o planejamento ambiental. Essa análise possibilita não apenas a avaliação

das potencialidades e restrições do ambiente, mas também uma compreensão mais profunda dos processos que podem resultar na degradação da área. Identificar as regiões mais e menos propícias para ocupação, considerando variáveis ambientais e intervenção humana, é fundamental para um planejamento territorial sustentável.

No que diz respeito à aplicabilidade e utilização das técnicas e procedimentos da metodologia de Crepani *et al.* (2001), conclui-se que os parâmetros empregados se mostraram eficazes e apropriados para alcançar os objetivos finais. As metodologias aplicadas revelam sua utilidade nas práticas de gestão territorial, proporcionando um ordenamento mais adequado do ambiente. Esse aspecto ganha relevância, especialmente porque as áreas mais vulneráveis ambientalmente já são identificadas. Nesse cenário, torna-se crucial implementar fiscalizações para prevenir o desgaste prematuro do solo, maiores degradações ambientais e mudanças extremas na paisagem natural.

A compreensão aprofundada da interação entre a ação antrópica, a vulnerabilidade natural à erosão e a aplicação de metodologias eficazes destaca a importância de abordagens integradas no manejo ambiental. Isso não apenas contribui para a preservação dos ecossistemas, mas também promove o desenvolvimento sustentável, garantindo a harmonia entre as atividades humanas e a conservação do meio ambiente. O planejamento estratégico, baseado em dados robustos e metodologias confiáveis, emerge como um elemento fundamental para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e promover um equilíbrio duradouro entre a sociedade e a natureza.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, M. V. C.; ANJOS, A. S. A.; SAMPAIO, F. J. Mapeamento geológico da zona costeira limitada pela foz do rio Pojuca e a praia de Imbassaí, Mata de São João – Bahia. **Geologia USP – Série Científica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 4-50, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201300030005>

BARBOSA, J. S. F.; CRUZ, S. C. P.; SOUZA, J. S. Terrenos Metamórficos do Embasamento. In: BARBOSA, J. S. F. (coord.). **Geologia da Bahia - pesquisa e atualização**. Salvador: CBPM, 2 v. : il. color. 2012 – (série publicações especiais; 13).

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27. 1971.

BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). In: SUGUIO *et al.* (eds.). 1978 **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary**. São Paulo, p. 232-253. 1979.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 7.661**, de 16 de maio de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03?leis/19985.htm. Acesso em: 27/02/2023.

BRAZÃO, J. E. M.; ARAÚJO, A. P. Vegetação In: **Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral.** Projeto RADAMBRASIL. Folha SD-24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra, Rio de Janeiro: IBGE, 1981. v. 24. p. 406-464.

CARVALHO, A. P. P.; GUERRERO, J. V. R.; SILVA, E. V. E.; PINTO, M. J. R.; VAZ, R. M. G. F. C.; PEREIRA, C. T.; MOSCHINI, L. E. Fragilidade Ambiental à Erosão em uma Bacia Hidrográfica Antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 07-18, 2020.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; 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, 102p., 2001.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Zonas Costeiras do Estado da Bahia. In: BARBOSA, J. S. F. (coord.). **Geologia da Bahia - pesquisa e atualização.** Salvador: CBPM, 2 v.: il. color. 2012 – (série publicações especiais; 13).

ESQUIVEL, M. S. **O Quaternário costeiro do município de Conde: implicações para a gestão ambiental.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/23378>. Acesso em: 23/02/2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas.** Volume I. 1990. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf. Acesso em: 27/02/2023.

INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **APA Litoral Norte do Estado da Bahia. Decreto Estadual nº1.046/92 de 17 de março de 1992.** Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/DECRETO-N%C2%BA-1.046-DE-17-DE-MAR%C3%87O-DE-1992-Litoral-Norte-do-Estado-da-Bahia.pdf>. Acesso em: 27/03/23.

JEAN, L. T. S. **Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na APA-Litoral Norte do estado da Bahia (1993-2010), entre os rios Pojuca e Imbassaí.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/22574>. Acesso em: 27/03/23.

LOPES, M. S.; SALDANHA, D. L. Análise de Vulnerabilidade Natural à Erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da Bacia Hidrográfica do Camaquã-RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº68/9, p. 1689 – 1708. 2016.

LYRIO, R. **Modelo sistêmico integrado para a Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte do Estado da Bahia.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1996.

MACHADO, C. N. **Turismo, direito ambiental e conflitos na produção do espaço: o caso da Reserva Imbassaí e seu entorno na APA Litoral Norte da Bahia.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/19837>. Acesso em: 20/02/2023

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS-BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M. **Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia: escala 1:250.000**. Coordenação da Produção Mineral, Secretaria das Minas e Energia do Estado da Bahia. Salvador. 1980.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade Ambiental, Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>. 2007. Acesso em: 01/09/2023.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2007.

NUNES, B. T. A.; RAMOS, V. L. S.; DILINGER, A. M. S. Geomorfologia. In: BRASIL, Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, **Projeto RADAMBRASIL, Folha SD. 24**. Salvador/Rio de Janeiro. 1981.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. **Geo Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Edições IBAMA. Brasília: IEAPM. 2002.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Informação dos Municípios baianos**. Salvador. V. 3. 1998.

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Projeto de Gerenciamento Costeiro “Gestão Integrada da Orla Marítima no Município do Conde no Estado da Bahia”. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Conde**. Centro de Recursos Ambientais (CRA), Salvador, Ba, Brasil, 221p, 2003.

SEPLANTEC – Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia / CONDER – Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Litoral Norte do Estado da Bahia**, 1995.

SOTCHAVA, V. B. O. Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 16, p. 1- 52, 1977.

SOUZA, C. M., Jr. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12, 2735, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M., Flutuações no nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 15 (4): 273-286. 1985.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1. p. 55-94, 1948.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p.