



## Análise da adequabilidade geocológica do brejo de altitude Serra Negra no Agreste de Pernambuco: uma abordagem integrada dos componentes ambientais

Deyvid Luam da Silva Panta <sup>1</sup>  

Ana Maria Severo Chaves <sup>2</sup>  

Kleber Carvalho Lima <sup>3</sup>  

Daniel Dantas Moreira Gomes <sup>4</sup>  

### Destaques

- Análise integrada da paisagem tendo como aporte as Geotecnologias.
- Modelagem ambiental a partir dos pressupostos da Geoecologia das paisagens.
- Identificação do arranjo estrutural da paisagem do Brejo de Altitude localizado no Agreste Pernambucano.

**Resumo:** O uso das paisagens sem o devido conhecimento do funcionamento e capacidade de suporte dos seus componentes podem causar alterações na qualidade dos recursos naturais. Desse modo, o objetivo deste estudo foi identificar os diferentes níveis de adequabilidade geocológica para o uso da terra em áreas excepcionais no semiárido pernambucano, analisando o brejo de altitude Serra Negra. Para tanto, foram utilizadas técnicas de álgebra de mapas, realizando o tratamento em sistemas de informações geográficas para produção cartográfica de síntese. Os resultados obtidos indicaram que 17% da área da estudada apresentam uma adequabilidade considerada "adequada". A classe "parcialmente adequada" abrange 69% da área, correspondendo a áreas intermediárias entre adequadas e inadequadas. Por fim, a classe "inadequada" com 14%. Os resultados alcançados permitiram compreender a relação entre os componentes geocológicos da paisagem, identificando as potencialidades e limitações de uso de cada unidade do sistema ambiental Serra Negra. Conclui-se, portanto, que por meio de estudos dessa natureza, é possível repensar as práticas de uso estabelecidas, considerando as potencialidades e limitações os espaços ocupados.

**Palavras-chave:** Adequabilidade geocológica; geotecnologias; análise espacial; planejamento ambiental.

<sup>1</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental-PPGSDS, Universidade de Pernambuco (UPE).

<sup>2</sup>Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEO, Universidade Federal de Sergipe (UFS).

<sup>3</sup>Professor do departamento de Geografia da Universidade de Pernambuco-UPE, Campus Mata Norte e do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental-PPGSDS, Universidade de Pernambuco (UPE). Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental-PPGCTA.

<sup>4</sup>Professor do departamento de Geografia da Universidade de Pernambuco (UPE). Docente do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental-PPGSDS, Universidade de Pernambuco (UPE).



## ANALYSIS OF THE GEOECOLOGICAL SUITABILITY OF THE SERRA NEGRA HIGH-ALTITUDE SWAMP IN THE AGRESTE REGION OF PERNAMBUCO: AN INTEGRATED APPROACH TO ENVIRONMENTAL COMPONENTS

**Abstract:** Landscape use without proper knowledge of the functioning and carrying capacity of its components can alter the quality of natural resources. Therefore, the objective of this study was to identify the different levels of geo-ecological suitability for land use in exceptional areas in the semi-arid region of Pernambuco, analyzing the Serra Negra highland swamps. For this purpose, map algebra techniques were used, performing the treatment in geographic information systems to produce synthetic cartographic data. The results obtained indicate that 17% of the area studied has a suitability considered "adequate". The "partially adequate" class covers 69% of the area, corresponding to areas between adequate and inadequate. Finally, the "inadequate" class represents 14%. The results obtained have allowed us to understand the relations between the geo-ecological components of the landscape, identifying the potential and limitations of the use of each unit of the Serra Negra environmental system. The conclusion is that through such studies, it is possible to reconsider the established practices of use, considering the possibilities and limitations of the occupied spaces.

**Keywords:** Geocological suitability; geotechnologies; spatial analysis; environmental planning.

## ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD GEOECOLÓGICA DEL PANTANO DE ALTURA DE SERRA NEGRA EN EL AGRESTE DE PERNAMBUCO: UN ENFOQUE INTEGRADO DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES

**Resumen :** El uso de paisajes sin conocer el funcionamiento y la capacidad de apoyo de sus componentes puede provocar cambios en la calidad de los recursos naturales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar los diferentes niveles de idoneidad geocológica para el uso del suelo en áreas excepcionales de la región semiárida de Pernambuco, para lo cual se analizó el humedal de gran altitud de Serra Negra. Para ello, se utilizaron técnicas de álgebra cartográfica y se realizaron tratamientos en sistemas de información geográfica para la producción cartográfica sintética. Los resultados obtenidos indicaron que el 17 % del área estudiada presentó una idoneidad considerada "adecuada". La clase "parcialmente adecuada" cubre el 69 % del área, y corresponde a zonas intermedias entre adecuadas e inadecuadas. Finalmente, el 14 % del área presenta una idoneidad inadecuada. Los resultados alcanzados permitieron comprender la relación entre los componentes geocológicos del paisaje e identificación de las potencialidades y limitaciones de uso de cada unidad del sistema ambiental de Serra Negra. Por lo tanto, se concluye que, a través de estudios de esta naturaleza, es posible replantear los problemas prácticos de uso establecidos, considerando las potencialidades y limitaciones de los espacios ocupados.

**Palabras clave:** Idoneidad geocológica; geotecnologías; análisis espacial; planificación ambiental.

## INTRODUÇÃO

Os atributos que compõem o meio natural vêm sendo utilizados de diversas maneiras e intensidades, frente às particularidades técnicas e

tecnológicas das diferentes sociedades. A respeito disso, é difícil dissociar as relações que a sociedade estabelece com a natureza, pois estando contida na mesma, a emprega, para múltiplos fins.

A compreensão tradicional da questão sociedade e natureza instauradas até o século XIX, coloca esses dois aspectos como antagônicos no cenário ambiental, concebendo a natureza como fonte ilimitada de recursos estritamente vinculada às demandas produtivas. Contudo, a partir da segunda metade do século XX, se torna notória a incapacidade de renovação de determinados elementos naturais, por conseguinte, revelando a insustentabilidade da exploração sem restrições (Bernardes; Ferreira, 2003).

Diante do cenário global de alterações da qualidade ambiental, diferentes ações de cunho governamental começaram a reivindicar mudanças. Dentre essas, as conferências internacionais iniciadas na década de 1970 (Conferência de Estocolmo em 1972, Cúpula da Terra em 1992, Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em 2002, conferência das partes- COP, dentre outros) enfatizaram as consequências ambientais, assinalando assim, a humanidade como agente imperativo na degradação e promotor de desequilíbrios nas paisagens. A sociedade, mesmo integrando e dependendo do meio natural, não se insere no ambiente simplesmente como componente ecológico, visto a capacidade de modificar o equilíbrio ambiental e as funções ecológicas (Barros, 2021; Suertegaray, 2014;).

A partir disso, entende-se os processos de uso e ocupação da superfície da terra como aditivo para alterações dos sistemas ambientais, perante à apropriação, sem considerar a capacidade de suporte. Nessa perspectiva, Sánchez (2013) afirmou que o ambiente deve ser entendido como meio ao qual se extraem os recursos fundamentais para manutenção dos sistemas socioeconômicos, bem como consiste no meio de vida; em virtude disso, a sua manutenção é essencial e depende diretamente da qualidade, funcionamento e suporte de seus componentes.

Para tanto, é importante o entendimento das interações ambientais, em sua complexidade, buscando vislumbrar a capacidade de usos e limitações dos sistemas ambientais, em razão do uso da terra, identificando as ações que afetam

seu estado de desenvolvimento e equilíbrio (Souza, 2000; Carvalho; Kelting; Aguiar 2012).

Souza (2012) apontou que os estudos integrados favorecem a compreensão dos componentes biofísicos e sociais, pois a perspectiva geossistêmica corrobora ao ponderar de modo interatuante diferentes componentes de modo hierarquizado. Compreendendo a paisagem como resultado do potencial ecológico, exploração biológica e situação socioeconômica, por meio dessas relações interatuantes, que faz da paisagem um conjunto dinâmico e instável em perpétua evolução (Bertrand, 2004).

Com isso, a geocologia das paisagens assume a abordagem sistêmica pautada na avaliação da paisagem em suas múltiplas características, com propósito associado ao planejamento ambiental e ordenamento territorial, tendo suas aplicações presididas por diferentes enfoques.

As paisagens representam de modo integral, elementos naturais e antropotecnogênicos, assim as atividades socioprodutivas (re)configuram as propriedades e condições (dinâmica-funcional) genéticas (Rodríguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

Chaves e Souza (2021) colocaram que o aporte teórico-metodológico da geocologia se organiza de modo a permitir identificar os sistemas paisagísticos tornando-os conhecidos através do diagnóstico das diferentes unidades geocológicas e, em seguida, indicando as possibilidades de uso dos ambientes e a capacidade de cada recurso disposto no ambiente. As paisagens por serem definidas como um conjunto interatuante de fatores, a característica climática é fator fundamental para entender o processo de interação entre seus componentes.

Nessa perspectiva, o semiárido brasileiro apresenta aspectos marcados principalmente pela variabilidade interanual de precipitação, elevadas taxas de insolação com temperaturas médias entre 26°C a 28°C, escassez hídrica, irregularidade de chuvas no tempo e espaço e, evapotranspiração potencial elevada, inserida no contexto azonal das latitudes tropicais (Almeida, 2016; Nimer, 1972; Zanella, 2014).

A variável climática constitui item importante no funcionamento das paisagens, contudo, o semiárido não deve ser definido como monótono, uma vez que, ocorre vasta diversidade de paisagens no contexto regional. Dentro desse espaço, coexistem áreas de exceção que se particularizam em suas propriedades ambientais em relação ao entorno. Os encaves com variação paisagística expressiva são denominados como: matas, brejos de cimeira ou brejos de altitude e serras úmidas, (Bastos; Cordeiro 2012). Nesses cenários, as interações geoambientais condicionadas ao efeito mesoclimático, reverberam em propriedades distintas em relação ao semiárido. Sendo os enclaves determinados pelo maior input pluviométrico e menores temperaturas.

As paisagens de exceção assumem um comportamento natural particular em relação às adjacências. Tendo como diferenciação ambiental o maior desenvolvimento dos solos, regime fluvial (intermitentes), vegetação com estrato arbóreo (fenologia perenifólia/ semiperenifolia) e intemperismo químico, sendo este último resultante dos fatores anteriores (Bastos; Cordeiro 2012).

De acordo com Ab'saber (1990, 2003), as “ilhas” de clima ameno correspondem às serras (brejos de cimeira e/ou encostas) orientadas à influência de ventos úmidos e representaram espaços virtuosos que fomentaram o desenvolvimento agropecuário. Em virtude das características distintas, parte dessas áreas contém solos e vegetação intensamente degradada pela pressão sofrida ao longo da ocupação do interior do Nordeste.

Sobrinho (1970) apontaram para a ocorrência dos brejos de altitude no estado de Pernambuco, caracterizando-os como espaços de exceção devido à elevação topográfica e característica climática. Estes se constituem, desse modo, como sistemas de relevância natural-ecológica, como também socioeconômica (Medeiros; Cestaro, 2019).

Dentre os brejos de altitude situados no estado de Pernambuco, encontra-se a Serra Negra, localizada no município de Bezerros, e inserida na delimitação oficial do semiárido (SUDENE, 2024). Cabe destacar que, mesmo diante dos componentes geográficos comuns (topografia e exposição) que instituem esses subespaços como brejos de altitude. Deve-se considerar, que cada área representa particularidades de elementos fisiográficos que estabelecem relações próprias,

em virtude das características socioeconômicas e disponibilidades de recursos que motivam díspares apropriações (Rodrigues *et al.* 2008).

Considerando os diferentes modos de apropriação das paisagens como atributo essencial para o planejamento ambiental, o presente estudo tem como objetivo reconhecer os diferentes níveis de suporte para o uso da terra em áreas de exceção no semiárido pernambucano, avaliando a adequabilidade geocológica do brejo de altitude Serra Negra (PE).

### **Área de estudo**

O brejo de altitude Serra Negra situa-se na zona rural do município de Bezerros, localizado no Agreste do estado de Pernambuco, Nordeste. Situada à norte da malha urbana, com distância de aproximadamente 10,0 km.

O município de Bezerros está inserido no contexto geológico do embasamento cristalino, pertencente à província da Borborema, contendo litotipos do Cenozoico Neoproterozoicos e Paleoproterozoico que fazem parte das seguintes unidades litoestratigráfica: Batólito Caruaru-Arcoverde, Ortognaisse Altinho, Complexo Salgadinho, Plúton Cambão, Complexo Surubim-Caroalina, Diques de Caruaru, Depósitos aluvionares de canal (CPRM, 2012,). O Brejo Serra Negra insere-se na unidade Batólito Caruaru-Arcoverde, com composição litológica anfibólio biotita granitos grossos a porfiríticos com fragmentos dioríticos, com estruturas em falhas, fraturas e zonas de cisalhamento (CPRM, 2012), formando vales estreitos condicionados e orientados pela estruturas de direção E-W e NE-SW.

A condição elevada da área tem relação litoestrutural que embasam o brejo. A presença de massa plutônica com litologia granítica composta de minerais resistentes e estruturas rúpteis sobre a área e adjacências, é um componente que corrobora em sua disposição como sobressalto topográfico. A composição das rochas não é o único fator de influências geomorfológica, contudo, o material litológico magmático em função a composição química, mineralógica e textura denotam controle diferencial de desgaste resultando em diferentes formas, dentre essas as superfícies elevadas (Bastos; Cordeiro, 2021).

De acordo com Corrêa *et al.* (2010) a Serra Negra inclui-se no compartimento morfoestrutural Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal, unidade que sofreu processos de arqueamento, resultando em relevos elevados caracterizados como: maciços isolados, cristas e depressões interplanálticas, tendo controle associado à formação de intrusões brasileiras.

Situado na mesorregião do Agreste, no estado de Pernambuco, apresenta características de transição entre litoral com clima úmido e quente com chuvas regulares e o Sertão com condições climáticas seco e quente, marcada pela irregularidade e com ocorrência de chuvas torrenciais.

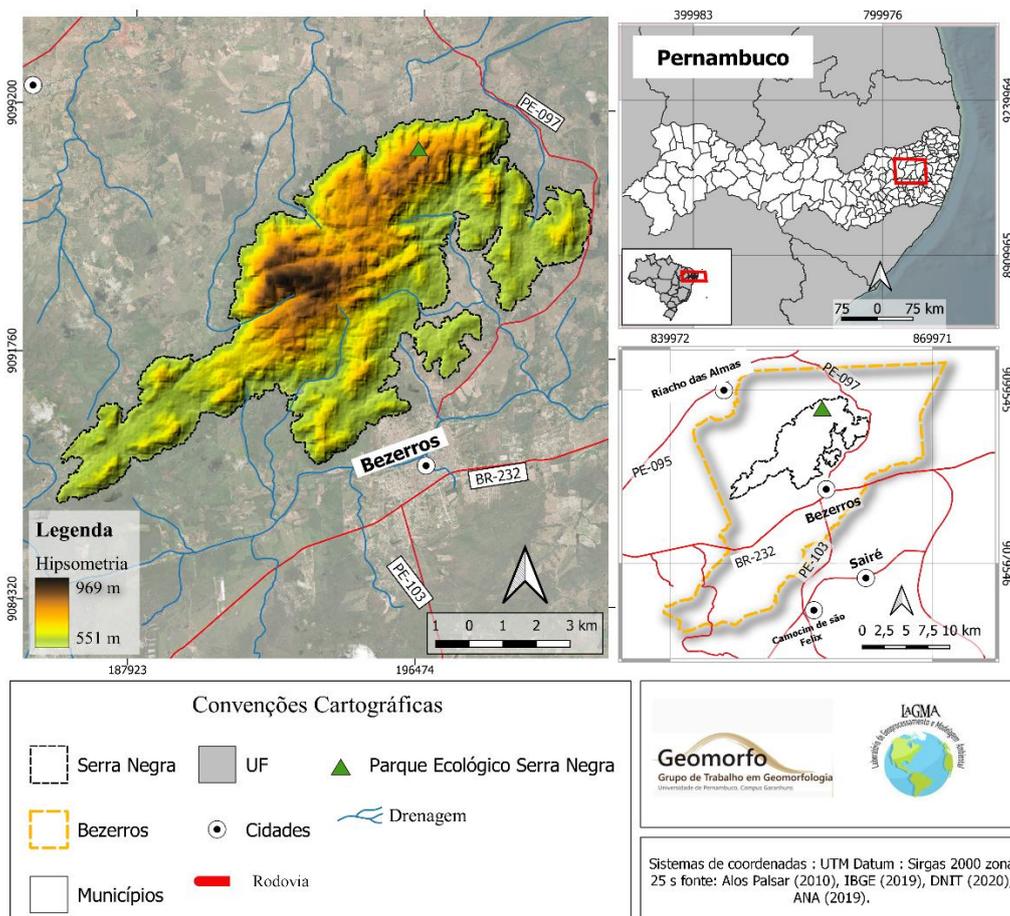
De modo geral, o município corresponde ao clima tropical (sub-úmido), influenciado pelos sistemas atmosféricos e massas de ar que transportam umidade do oceano para o continente, com concentração de chuvas nas estações outono-inverno (Almeida, 2016; CPRM, 2005; CPRM, 2014).

Para o brejo Serra Negra, Diaz *et al.* (2017) apontam a influência dos respectivos sistemas atmosféricos: zona de convergência intertropical (dezembro), Vórtice ciclônico de alto nível (entre dezembro e fevereiro), ondas de leste e frentes frias (entre junho e julho) são responsáveis pela maior parte da instabilidade durante o ano. Em relação à temperatura a condição topográfica influi no decréscimo da temperatura e na rarefação atmosférica com acréscimo altimétrico.

No contexto regional, o brejo de altitude Serra Negra está inserido no planalto da Borborema, uma região composta por maciços elevados que variam entre 650m e 1000m de altitude, essa área apresenta um relevo movimentado, caracterizado por vales profundos e encaixados, vales abertos, blocos de rochas falhadas e dobradas, com feições dissecadas em forma de colinas, com cristas paralelas que se estendem para o Leste e uma superfície pediplanada para o Oeste. Essas morfologias se desenvolveram sobre o embasamento geológico da Província Borborema, que abrange desde o Arqueano até o Neoproterozoico. A região é marcada por uma série de zonas de cisalhamento de empurrão e transcorrente, que separam os diferentes embasamentos estruturais (CPRM, 2005; Hasui, 2012; Jatobá; Da Silva; Silva, 2019).

A Serra Negra está situada em cota altimétrica acima de 550m no compartimento geomorfológico do planalto da Borborema, como destaca a Figura 1.

**Figura 1** - Localização da Serra Negra, Município de Bezerros (PE)



Fonte: Os autores (2024).

A cobertura pedológica da área apresenta uma variedade de solos, desde aqueles em estágio inicial de desenvolvimento até solos bem desenvolvidos. Entre as classes de solos presentes destacam-se os Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Planossolos Háplicos. Além disso, a vegetação predominante é caracterizada pela caatinga hipoxerófila e hiperxerófila, com fisiologia caducifólia e subcaducifólia. Também são encontrados fragmentos de vegetação com estrutura semelhante à floresta úmida (CPRM, 2005; Tabarelli; Santos, 2004). Assim, a Serra Negra corresponde ao

reduto de Mata Atlântica em meio ao entorno semiárido, em que suas condições paleoambientais e ecológicas foram favoráveis ao avanço em períodos interglaciais (Lemos, 2020). Por isso, representam disjunções de floresta tropical perenifólia, no espaço fitogeográfico da Caatinga (Andrade-Lima, 2007).

Em relação às características sociais o município de Bezerros, possui população estimada em 60.960 para o ano de 2021, tendo território de 492,632 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). O município tem áreas limítrofes a Norte Cumaru e Passira; ao Sul com São Joaquim do Monte, Agrestina, Camocim de São Félix e Sairé; à Leste com Gravatá; à Oeste com Riacho da Almas e Caruaru.

Localizado na zona rural do município, aproximadamente 8 km da área urbana, o brejo Serra Negra apresenta uma geodiversidade que o torna um atrativo para o turismo. Sua paisagem estética e a possibilidade de observação do entorno da serra por meio dos mirantes presentes no local são elementos que agregam valor ao atrativo (Figura 2). Além disso, no topo do brejo encontra-se a Unidade de Conservação Municipal-Parque Ecológico Serra Negra, com área de 3,24ha, o local torna-se um ponto de interesse adicional para práticas associadas ao turismo de aventura sustentável, bem como o estado de conservação da cobertura vegetal, devido a instauração do parque garante a manutenção dos solos evitando a contribuição do material mobilizado das encostas e o consequente assoreamento dos afluentes da bacia do rio Capibaribe a jusante (CPRM, 2014; Diaz, *et al.* 2017).

**Figura 2** - Mirante, Polo cultural, Serra Negra, 2023



Fonte: Os autores (2024).

## **METODOLOGIA**

Para a realização da pesquisa, foram estabelecidas as seguintes etapas: I) seleção da metodologia, baseada nos princípios da geoecologia das paisagens, em particular na estrutura das paisagens conforme Rodrigues, Silva e Cavalcante (2017); II) compreensão conceitual direcionada para a análise da capacidade de uso da terra e a adequabilidade geoecológica, como proposto por Chaves (2019, 2021); III) aplicação de técnicas de geoprocessamento para a produção cartográfica voltada para a interpretação dos componentes que estruturam a paisagem e suas respectivas inter-relações; e, por fim, IV) Ida a campo no dia 27 e 28 de agosto de 2023 para reconhecimento geral da área.

Adotou-se como fundamento teórico, o enfoque geoecológico estrutural que consiste na identificação e interpretação dos componentes que estruturam e que se inter-relacionam nas paisagens. Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017) assinalaram que a estrutura representa a combinação inerente e sistêmica de seus elementos, bem como os processos decorrem da capacidade intrínseca da estrutura.

Portanto, a paisagem precisa de planejamento pautado nas relações socioambientais, pensada através da gestão ambiental, que vise modos de usos adequados, garantindo a manutenção dos serviços ambientais e ecossistêmicos prestados pelos seus ecossistemas (Chaves; Souza, 2021).

A delimitação da área de estudo foi realizada utilizando-se modelo digital de elevação, reclassificando para cotas acima de 550 metros (Andrade-Lima, 2007). A partir dessa cota foi realizada setorização do brejo de altitude Serra Negra.

Os procedimentos na elaboração dos produtos cartográficos da pesquisa foram segmentados em quatro etapas: pré-processamento, processamento, reclassificação (os arquivos raster e vetorial) e álgebra de mapas.

Após a aquisição das imagens de satélite do Sentinel-2A, sensor Multispectral Instrument-MSI, nível de processamento Level-1C (refletância, ortorretificada e *Top-Of-Atmosphere-TOA*. Datadas de 20/02/2021 (data selecionada com base em eventos de precipitação ocorridos nos dias anteriores),

foram realizadas as etapas de pré-processamento. Isso incluiu a correção atmosférica *Dark Subtraction* e a conversão para reflectância de superfície *Bottom of Atmosphere* (BOA), utilizando o plugin *Semi-Automatic Classification Plugin - SCP* no software QGIS.

A imagem resultante do pré-processamento, teve os efeitos atmosféricos ajustados em razão da capturados dos pixels escuros (sendo satisfatório à medida que apresenta melhor visualização da imagem e alcance dos níveis de cinza), assim como, convertendo as faixas espectrais para reflectância de superfície com respectivos desvios padrão (por canal): R- 0, 0108; G- 0,0128; B-0,0118; NIR- 0,0313.

Posteriormente, os dados tratados foram submetidos ao processamento digital de imagem. Inicialmente, foi aplicado o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), por meio da aritmética de bandas, para produzir um realce espectral, a partir da diferença normalizada entre as bandas do Infravermelho próximo (NIR) e Vermelho (R). Essa etapa resultou em uma nova imagem que permitiu melhor visualização dos alvos de interesse.

Ademais, os valores assumidos nesse índice são indicados pela quantificação numérica entre -1 a 1, o valor que se aproxima de 1 indica vegetação densa, já os números negativos indicam ausência de vegetação (corpos hídricos e outras superfícies com maior absorção) e para áreas com solo exposto o resultado é próximo ao zero (Meneses; Almeida, 2012).

$$NDVI = (NIR + RED)/(NIR - RED) \quad (1)$$

Onde:

NDVI= índice de Vegetação por diferença normalizada;

NIR= espectro eletromagnético Infravermelho próximo;

RED= espectro eletromagnético vermelho.

A classificação da cobertura da terra foi realizada por meio da interpretação das imagens do sensor Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura-WPM, nível de processamento nível-L4 (ortorretificada,

correção radiométrica e correção geométrica), do satélite CBERS 04A, referente a data 25/02/2022. Anterior a classificação, foram realizados o realce com a finalidade de melhorar a interpretação da imagem (Figura 3), para isso, empregou-se o processamento *pansharpemimg* que consiste na fusão de imagens pancromática e multiespectral com resoluções distintas (Zanotta; Ferreira; Zortea, 2019). O procedimento resultou no dado de saída com pixel reamostados em 2 metros.

**Figura 3** - Chave de interpretação da cobertura e uso da terra

Classes	Elementos de interpretação	Cor natural (R-G-B)	Google Earth
Área de Vegetação Natural adensada	Cor verde (cor natural), textura rugosa, forma irregular devido as diferenças de altura de dosséis, com distribuição em áreas de relevo mais elevado e/ou movimentado.		
Área de Vegetação natural semi-aberta	Cor verde com variações de intensidade (solo exposto/afloramento), textura rugosa, forma irregular pelo aspectos natural da cobertura, padrão irregular distribuído em porções de relevo de encosta de transição topo vertente e áreas adjacentes com relevo menos acidentado.		
Área antrópica urbanizada	Cores variadas, materiais construídos, tendo a cor Branca (refletindo com intensidade em todas das bandas) textura lisa, forma regular (retângulo e quadrado), padrão regular de distribuído principalmente em áreas com aclives menos acentuado.		
Área antrópica com atividade Agropecuária	Cor azul (menor saturação), forma regular (retângulo e quadrado) pelo uso agropecuária, com padrão de distribuição em áreas com declividades acentuadas e pontos elevados, bem como áreas menos declivosas circundando maior parte das áreas mapeadas.		
Massa d' água	Cor preta (água límpida) ou variando para ciano devido sedimentos e atividade biológica no reservatório, forma irregular (reservatórios artificiais) localizados em terrenos menos acidentado distribuídos de modo heterogêneo em toda área interligado ou não a drenagem fluvial.		

Fonte: Os autores (2024).

A interpretação visual das classes da cobertura do solo aconteceu de acordo com a chave de interpretação Florenzano (2011), bem como as classes de cobertura foram adaptadas seguindo o manual técnico de uso e cobertura do solo do IBGE (2013). A vetorização foi estabelecida considerando a escala de

visualização de 1:25.000 em ambiente computacional, com uso da cena do CBERS e de modo auxiliar imagens com do aplicativo *Google Earth Pro*.

Para interpretação dos dados do relevo foram utilizados os dados disponíveis do Alos Palsar, Modelo digital de elevação-MDE com resolução de 12,5m, dados disponibilizados no site *Alaska Satellite Facility-ASF*. Com esse produto, foram geradas curvas de nível com equidistâncias de 15m, as classes de declividade, bem como a delimitação da Serra Negra. As classes de declividade foram definidas a partir das orientações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) que definiu: plano (0 | 3%), suave ondulado (3 | 8%), ondulado (8 | 20%), forte ondulado (20 | 45%), montanhoso (45 | 75%) e escarpado (>75%).

Os dados de solo (EMBRAPA, 2001) na escala de 1:100.000 e geologia (CPRM, 2012) na escala de 1:100.000 em formato vetorial também foram utilizados, integrando a série de dados na interpretação geoecológica, sendo os dados pedológicos utilizados na produção do mapa síntese. Para elaboração do mapa de localização, foram adquiridos os limites municipais, estaduais e federais (IBGE, 2016, 2019), e rodovias (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018).

Após a obtenção dos dados e produção da cartografia temática, todos os dados foram calibrados (reamostrados) para dimensão do pixel em 12,5 metros, já os dados vetoriais foram rasterizados para mesma dimensão.

Os mapas temáticos foram reclassificados de acordo com o quadro 1, estando cada item das variáveis com respectivo valor entre 1 a 3, como apontou Chaves (2019, 2021). Considerando os componentes da paisagem, em aspectos biofísica (declividade, solo e NDVI) como potencial ou restritivo aos usos, do mesmo modo, para cobertura e uso antrópico sendo áreas para o uso urbano (inadequadas) pelo uso já consolidado. Em contraponto as áreas com cobertura natural (maior atividade fotossintética) devido sua condição natural devem-se manter conservadas, ou seja, inadequadas.

Por fim, foi realizada álgebra de mapas, através do cálculo da média aritmética, entre as variáveis, tendo como produto final o mapa (síntese) de adequabilidade geocológico.

**Quadro 1** - Notas das variáveis geocológicas

Variáveis				
Notas	Declividade	Solo	Cobertura da Terra	NDVI
<b>1</b>	Plano e suave Ondulado	Argissolo vermelho-amarelo	Atividade Agropecuária	Ausência de vegetação (AV) e Baixa atividade fotossintética (BAF)
<b>2</b>	Ondulado e forte ondulado	Neossolo regolito e planossolo háplico	Vegetação Natural semi-aberta	Média atividade fotossintética (MAF)
<b>3</b>	Montanhoso e escarpado	Neossolo lítico	Massa d'água, área antropizada urbanizada e vegetação natural adensada	Maior atividade fotossintética (MAF)

Fonte: Chaves (2019, 2021). Adaptado pelos autores (2024).

No produto, os valores foram classificados dentro de três intervalos classificados em: áreas adequadas -1 a 1,6; parcialmente adequadas - 1,7 a 2,3; inadequadas - 2,4 a 3, conforme Chaves (2019, 2021) e Chaves *et al.* (2022).

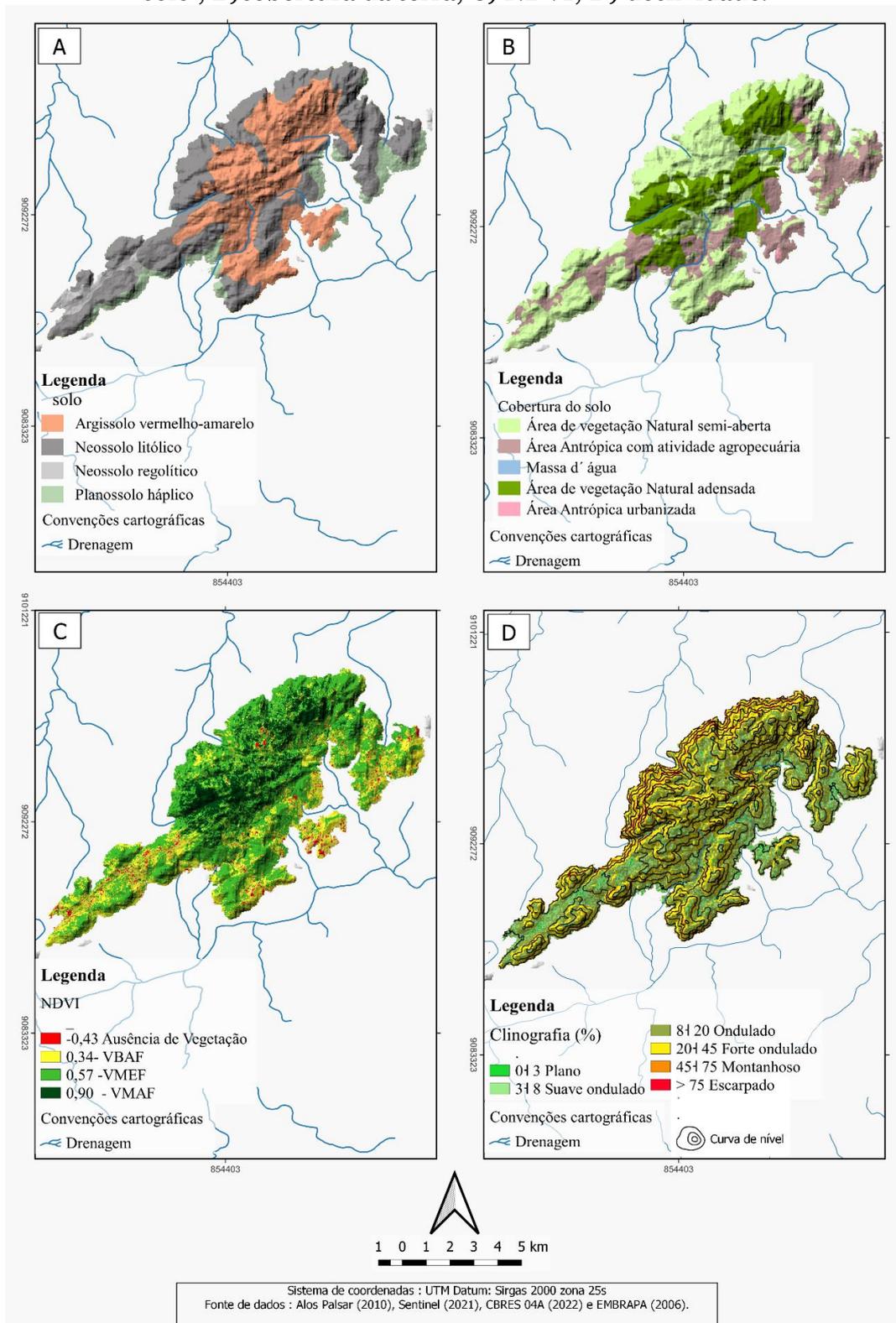
A organização dos dados secundários e interpretação dos produtos geoespaciais, assim como o cruzamento no mapa síntese, deu-se através do Sistema de informação Geográfica-SIG, por meio do Software Qgis, versão 3.30.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Componentes geocológicos do brejo de altitude Serra Negra

Os componentes geocológicos selecionados para a pesquisa (Figura 04) demonstram a integração dos diferentes elementos na paisagem. De maneira geral, a elevação topográfica e a influência das massas de ar úmido, juntamente com os sistemas atmosféricos que causam instabilidade, têm um impacto direto na dinâmica biofísica que integram a evolução desse sistema ambiental. Esses fatores determinaram processos e formas que moldam a estrutura da paisagem do Brejo Serra Negra.

**Figura 4** - Mapas temáticos da estrutura ambiental do brejo Serra negra; A) solo ; B)cobertura da terra; C) NDVI; D) declividade.



Fonte: Os autores (2024).

Os solos, são reflexos da interação do meio físico, determinam a capacidade de uso do terreno em vistas das limitações e potencialidades físicas-químicas como alicerce para os diferentes estratos vegetacionais e suas respectivas composições florísticas. Além da função ecológica no desenvolvimento de práticas de manejo da terra como suporte para atividades produtivas e de subsistência.

Dentro da perspectiva pedológica, foi constatado, devido à estrutura cristalina a qual ocorre o brejo (Figura 4-A), a presença dos neossolos que se caracterizam pelo baixo desenvolvimento pedogenéticos, associado ao material de origem, com perfil discernível nos horizontes A seguido de C e R com predomínio de propriedades herdadas do material de origem, diante da maior resistência, considerando a atuação dos demais agentes formadores do solo (EMBRAPA, 2018).

A Serra Negra apresenta em proporções consideráveis as subordens de neossolos: regolítico e litólico, o primeiro compreende solo sem contato lítico (ou fragmento lítico) dentro de 50 cm, pode apresentar horizonte mineral ou hístico sobre o regolito, horizonte B em formação; no entanto não atendendo os critérios de classificação diagnóstico desse horizonte (EMBRAPA, 2018).

Os Litólicos estão presentes em proporções maiores principalmente nas áreas com encostas com relevo movimentado e rochas aflorantes. Solos em contato lítico ou fragmentos dentro de 50cm em superfície, apresenta horizonte A ou hístico mediamente sobre rocha, contendo grande parte de sua massa constituído de fragmentos grosseiros, com presença granulométrica arenosa (Lepsh, 2010; EMBRAPA, 2018).

Além dos atributos pedogenéticos incipiente e a baixa fertilidade devido a disponibilidade de nutrientes, os neossolos (Litólicos e Regolítico) detém restrição ao desenvolvimento vegetal com sistema radicular profundo. Sendo potencialmente favoráveis a erosão (erodibilidade) quando associados ao relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, somado ao manejo inadequado expondo o solo a atuação pluvial (Santos, Zoroni e Almeida, 2021).

Outra classe que constitui o quadro ambiental são os planossolos, solos que tem atributos de horizonte mineral seguido ou não de horizonte B plânico,

horizonte constitui um entrave à percolação pelo adensamento de partículas granulométricas mais finas, com permeabilidade lenta, por vez pode estar em processo ou já cimentado (CPRM, 2014; EMBRAPA, 2018).

Contudo, a subordem háplico possui uma condição nutricional favorável. No entanto, a impermeabilidade em subsuperfície contém certa limitação ao manejo sem práticas de correção (Lepsh, 2010; Chaves, 2019). Localizados nas adjacências das áreas mais elevadas, a baixa condutividade hidráulica no horizonte eluvial, com permeabilidade lenta, tais restrições afetam a capacidade de fixação da vegetação menos a adaptada ao hidromorfismo temporário (Oliveira, 2011).

A ordem dos Argissolos, dentre os solos presentes na área representam boas condições de desenvolvimento, localizada na porção com declives menos acentuados, no topo do brejo; uma vez que a morfologia da cimeira e a cobertura vegetal (arbórea-arbustiva conservada) promoveram a condição hidrológica funcional para o aprofundamento do perfil. São solos minerais com a presença de horizonte textural (Bt), imediatamente abaixo do horizonte A ou E, podendo conter argilas de baixas ou alta atividade, fator que influi na infiltração definindo a propensão erosiva dessa classe de solos, sobretudo, quando a transição entre horizontes acontece de modo abrupto (Lepsh, 2010; EMBRAPA, 2018; Leite, 2022).

A subordem vermelho-amarelo dos argissolos possuem coloração que corresponde à dinâmica evolutiva do solo com minerais transformados, em relação a aptidão agrícola, presta-se, para atividades agrícolas quando localizados em áreas de menores declives e horizonte A menos arenoso (Lepsh, 2010).

A cobertura vegetal natural adensada, está suprajacente aos argissolos. Solos com potencial ao manejo ainda que apresentando de baixa a média fertilidade natural pode ser melhor aproveitados com correções, contudo o cultivo em relevo movimentado, precisam ser geridos ou evitados em razão ao potencial erosivo, (Araújo Filho *et al.*, 2002; Santos; Zoroni; Almeida, 2021).

O parâmetro morfométrico, declividade, interliga-se no fator genético do solo, induzindo na dinâmica hidrológica (Figura 4-D). Portanto, as classes das declividades verificadas foram: plano, suave ondulado, ondulado, fortemente

ondulado, montanhoso e escarpado. A declividade guarda intrinsecamente o componente gravitacional que influi diretamente nos processos superficiais de remoção, transporte e deposição de material sedimentar disponível (Crepani *et al.*, 2001; Valeriano, 2008; Florenzano, 2011).

As encostas norte-noroeste da área de estudo apresentam um maior gradiente de inclinação. Já na região centro-norte do topo, há declividades que variam de plano a forte ondulado, mesmo com aumento gradual da declividade, variações em algumas porções, com relevo plano e suave ondulado entre os terrenos mais acidentados, apresentando um contexto de condição estrutural e dissecação nessas áreas rebaixadas.

A cobertura vegetal representa um componente que expressa a interação dos demais elementos das paisagens, sintetizando, a condição do ambiente, funcionando como indicador sensível a pressões antrópicas (Santos, 2004). Portanto, foi possível identificar em relação à resposta fotossintética, diferentes valores espectrais. Vale pontuar que as áreas antropizadas que utilizam o solo com atividades agropecuárias, de pastagem natural e/ou uso agrícola tiveram boa resposta (valor positivo), mesmo com a ausência da cobertura arbórea-arbustiva (Figura 4-B).

De acordo com o índice de vegetação quatro classes foram identificadas para área de estudo (Figura 4-C): extensões com ausência de vegetação (AV) corresponde a valores negativos (-0,43 a 0,23) sem atividade fotossintética, representada por superfícies que absorvem a energia irradiada; o segmento de baixa atividade fotossintética (BAF) são espaços com valor positivos, mas, com resposta espectral mínima de fotossíntese, ocupando áreas ao redor dos limites altimétricos do brejo.

As áreas com índices mais elevados, condizem à média atividade fotossintética (MEF) são as áreas com vegetação mais fechada. Entretanto, possui dossel parcialmente aberto localizado, entre os espaços elevados próximos ao topo. A última descrição corresponde à maior atividade fotossintética (MAF), posicionada nas altitudes mais elevadas, sobreposto ao argiloso e com terreno menos íngreme.

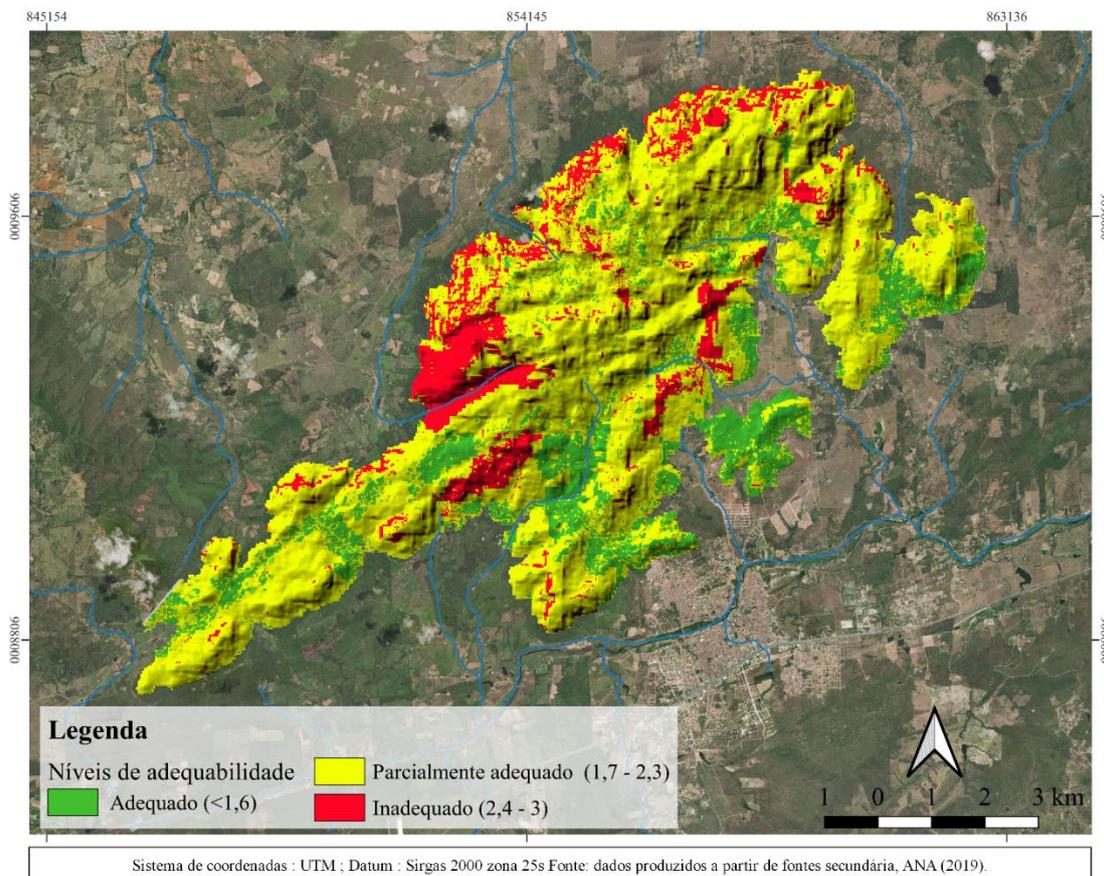
Por fim, a variável cobertura da terra foi considerada, por meio da interpretação visual da imagem de satélite. Diante disso, duas classes fizeram-se presentes (Figura 4-B): áreas antropizadas e naturais. Dentre a cobertura natural, ocorrem áreas com vegetação semiaberta (área de 35 km<sup>2</sup>), correspondente ao estrato com diferenciação de dossel, contendo vegetação de menor porte distribuída entre a estrutura arbórea-arbustiva; vegetação adensada (área de 16 km<sup>2</sup>), sendo vegetação com domínio fitofisionomia arbóreo, com pequenos enclaves de estrutura herbácea-arbustiva entre os dosséis mais frondosos.

De uso antrópico, estão as atividades correspondente à atividade agropecuária (área de 16km<sup>2</sup>), sendo terrenos cercados em pequenas parcelas (forma geométrica), aspecto marcante do uso agrícola do agreste, voltado à prática agropecuária extensiva, a classe área antrópica urbanizada (0,11 km<sup>2</sup>) corresponde a uma pequena dimensão próxima ao sopé do platô, por fim, os reservatórios hídricos, identificados como massa d'água (0,064km<sup>2</sup>) distribuídos em diferentes locais do brejo.

### **Análise integrada da adequabilidade geocológica**

A integração das variáveis resultou em três níveis de adequabilidade geocológica (figura 5). Analisando o produto da modelagem e a cobertura da terra é possível interpretar as pressões que cada categoria da paisagem se encontra exposta.

**Figura 5** - Adequabilidade Geocológica



Fonte: Os autores (2024).

O nível adequado corresponde a 17% da área total, apresenta: declividade entre plano, suave ondulado e ondulado; uso do solo antrópico com atividade agropecuária predominante e áreas com vegetação semiaberta; solo distribuídos em argissolos (expressivo ao Sul e Leste), neossolo regolítico, neossolo litólico (pequena parte), planossolo háplico; índice de baixa atividade fotossintética, que corresponde a espaços com desenvolvimento agropecuário. Logo, nesses espaços, o uso da paisagem do brejo favorece essa atividade, pois já encontra-se sendo utilizado, sem a presença de grandes estruturas vegetacionais.

A classe parcialmente adequada (69%), possui: declividade entre forte ondulado e montanhoso; predomina a cobertura vegetal natural com vegetação semiaberta; áreas menores de uso agropecuário associadas ao argissolos que predominam nessa categoria, havendo também solo háplicos e solos litólicos; vegetação de média atividade, demonstrando uma condição mais conservada, o

ambiente possui manutenção das funções ecológicas, sendo espaço mais restritivo a ocupação e práticas de exploração.

As áreas inadequadas (14%) possuem: inclinações do relevo variando entre ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, característica morfométrica que muitas vezes inibe a formação pedogenética, associado a remoção do solo pelos processos erosivos ou quando a rocha se encontra exposta em área com superfície mais íngreme. Tal como, enquadra-se nessa unidade áreas com cobertura vegetal natural adensada e semiaberta, predominando, quando há presença dessa cobertura nas encostas ou topos atenua o escoamento e favorece o processo de infiltração.

Comparando com as demais classes, representa o estado clímax (estabilidade), que corresponde aos espaços mais conservados. Isso implica na limitação de uso direto da terra, e no favorecimento de ações voltadas ao uso sustentável e proteção permanente, aproveitando as potencialidades e conservando a geodiversidade e a biodiversidade do local.

Diante dos níveis geocológicos nota-se que a avaliação ambiental corresponde a uma estratégia importante do planejamento, que possibilita melhor gerir o espaço, de forma a valorizar os diferentes aspectos que englobam as suas potencialidades e possibilidades de uso e conservação.

O reconhecimento da adequabilidade geocológica no semiárido torna-se relevante na identificação dos arranjos que estruturam as paisagens e suas associações com os modos de vida e produção socioeconômica. Além disso, o semiárido possui vasta diversidade de elementos e interações fisiográficas, derivando em paisagens distintas.

Para isso, compreender os elementos que diferenciam e se assemelham nas paisagens é crucial para o planejamento e conservação ambiental, como especialmente nas complexas paisagens do semiárido. Nesse contexto, Chaves *et al.* (2022) analisaram e compararam duas bacias hidrográficas inseridas no mesmo quadro morfoclimático (semiárido e caatinga), porém localizadas em unidades federativas distintas (Pernambuco e Rio Grande do Norte). Constataram que uma semelhança nas relações interatuante dos componentes que a estruturam.

Assim, a condição do relevo menos declivoso e solos mais profundos são as áreas ocupadas pelas atividades antrópicas, em contraponto, a colonização da vegetação natural mantém sobre condições opostas, com declividades mais acentuados e com manto pedogenético menos desenvolvido em grande parte, visto que essa organização está presente nas duas áreas analisadas (Chaves *et al*, 2022). Existe certa associação entre as áreas, com espaços proveitosos ao desenvolvimento de atividades produtivas ligadas ao solo, em contrapartida há locais que devido a organização atual das variáveis geocológicas, sobretudo, o estado de conservação da cobertura natural, mostram-se inadequados ao aproveitamento de forma direta.

Mesmo nos locais em condições de manejo da terra, portanto, adequados, é fundamental indicar as limitações que as áreas com potencial produtivo em relação a manutenção do sistema, de modo a inibir a degradação dos solos. A necessidade de orientações ao aproveitamento das áreas adequadas, quando enquadradas como Áreas de Preservação Permanente (Brasil, 2012), dessa maneira, ao contexto analisado a declividade acima de 45°, constitui o fator de restrição para as áreas em curso de aproveitamento, junto a isso, os locais elevados com cabeceiras de drenagem (nascentes), requerem legalmente a preservação da cobertura vegetal, ainda que localizados envolta de unidades adequadas.

Na situação do Brejo Serra Negra, mesmo o fator orográfico particularizando-o como sistema ambiental, foi possível notar pelo arranjo estrutural organizado em fisionomias diferentes. Internamente, mostrou diferenciações entre setores da própria unidade/brejo, tendo condições de adequabilidade geocológica classificada como adequada, que denota a ocupação com desenvolvimento de atividade agropecuária e/ou com cobertura de vegetação semiaberta. Sendo áreas que tiveram a vegetação natural densa suprimida, e atualmente são favoráveis ao aproveitamento pela existência de práticas que já fazem uso e manejam o solo.

Em contraponto os locais com relevo mais íngreme e solos menos espesso desfavorecem às atividades antrópicas vinculadas ao uso direto do solo tendo seus componentes como limitantes.

Nas áreas com cobertura vegetal natural densa em condições mais preservadas, onde o uso é indevido, pois são espaços que devem permanecer dessa maneira garantindo o funcionamento dos serviços ecossistêmicos em seus ciclos biogeoquímicos para manutenção da qualidade ambiental. Devem ser resguardadas a fim de manter a qualidade ambiental em acordo as particularidades em termos de fragilidade. Ademais, os locais conservados podem ser empregados em planos de preservação da biodiversidade, com possível instauração de Unidades de conservação (SNUC, 2000), com potencial para garantir a manutenção da qualidade ambiental e as funções ecológicas da área.

Araújo, Machado e Souza (2019) indicaram que as características exploratórias que ocorrem nas áreas úmidas do semiárido, podem apresentar degradação devido à descaracterização histórica dos solos e cobertura vegetal. Logo, a ausência de práticas de conservação tem resultado no aumento gradativo dos processos de erosão e, por conseguinte, gerado perda da qualidade pedológica dos brejos de altitude (Góis; Corrêa; Monteiro, 2019).

As alterações da paisagem do Brejo mais recentemente deram-se sob influência da produção espacial para atender ao desenvolvimento da atividade turístico, de acordo com Lemos (2020), trouxe prejuízos à condição ambiental, exposto pela componente vegetal. Houve o aumento gradativo da degradação acarretado pela supressão da vegetação (perenifolia), a partir da inserção de infraestrutura para atender as demandas turísticas, causando consequências socioespaciais e ambientais, dentre essas, a diminuição da cobertura vegetal primária.

Cabe salientar que as mudanças decorrentes no Brejo Serra Negra podem afetar a condição de regulação da paisagem, produzindo a intensificação da erosão e movimentos gravitacionais nas áreas de solo mais espesso. Além disso, influência nas adjacências ao brejo. Dentre as problemáticas, pode-se considerar que o local funciona como divisor d'água para o rio Ipojuca (ao Sul) e para os rios e riachos da bacia do Capibaribe (ao Norte), assim a mudança na cobertura afeta diretamente o regime hidrossedimentológico das áreas abaixo do brejo.

Ademais, notou-se que o percentual de inadequabilidade de 14% representa um indicativo da fragilidade ambiental, diante dos componentes da paisagem. Denotadas pelas características de suporte ao desenvolvimento de práticas que levem a remoção da vegetação para o manejo do solo, visto que a condição topográfica é aspecto limitante, quando desestabilizado favorece a remoção do material, assim intensificando os processos erosivos.

Mesmo nas áreas de adequabilidade e de parcial adequabilidade, se faz necessário identificar as práticas em curso, de modo a garantir melhores condições próximas ao equilíbrio do ambiente, em vista das ações de exploração diretas.

Nesse sentido, é importante destacar que pelas potencialidades e limitações dos brejos, deve-se promover medidas que possam associar as práticas produtivas que sejam capazes de manter a estabilidade dos recursos naturais e garantindo a capacidade produtiva de forma sustentável (Souza; Oliveira, 2006).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Deve-se considerar que mudanças na estrutura geoecológica refletem de modo interativo nos seus componentes, implicando sobretudo no sistema socioeconômico que faz usufrutos dos recursos naturais. Os resultados permitiram analisar a paisagem da Serra identificando as suas características geoecológicas, e a partir das suas interrelações diferenciar setores favoráveis e restritos ao aproveitamento de forma direta dos seus recursos naturais.

Vale destacar, que a pesquisa teve como subsídios os dados secundários (sendo selecionados com melhor resolução e escalas compatíveis), ocorrendo idas a campo para reconhecimento geral do Brejo. De acordo com a resolução espacial dos dados empregados a metodologia mostrou-se coerente com a realidade, além de apresentar consistência entre o produto cartográfico de síntese e a combinação dos componentes geoecológicos analisados.

Dessa maneira, as geotecnologias auxiliam de modo fundamental na resolução de questões espaciais e análises utilizando um conjunto de variáveis, armazenando e integrando dados, bem como cruzando informações geoespaciais.

A espacialização das unidades ambientais do semiárido, contempla certo grau de complexidade associado principalmente ao uso da terra já consolidado, em que as limitações ambientais podem acontecer em desacordo com as atividades desenvolvidas. No caso particular, o estudo contribui ao entendimento da adequação para área de exceção, mas que ainda necessitam ser melhor compreendidas.

Assim, pesquisas futuras associadas ao planejamento ambiental do Brejo Serra Negra, devem avançar levando em consideração outras variáveis bem como ampliando a qualidade dos resultados cartográficos, contendo, etapa sistemática de campo, para analisar as variáveis e resultados produzidos, além de contextualizá-los ao planejamento e gestão ambiental voltados ao zoneamento estabelecendo diretrizes para cada unidade mapeada.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Floram: Nordeste seco. **Estudos avançados**, v. 4, p. 149-174. 1990.

AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê editorial. 2003.

ALMEIDA, Hermes Alves de. **Climatologia aplicada à geografia.** Campina Grande: EDUEPB, 2016.

ANDRADE-LIMA, Dário. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. *In:* Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica (n. 4). Recife. **Anais**. 2007. p. 243-274. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/47>. Acesso em: 25 jul. 2023.

ARAÚJO, Daniele Silva de; MACHADO, Cristina Clemente; SOUZA, Jonas Otaviano de Souza Praça. Considerações sobre as Paisagens Semiáridas e os Enclaves Subúmidos do Nordeste Seco – uma abordagem sistêmica. **Revista de Geografia** (Recife), v. 36, n. 3, 2019. DOI: [10.51359/2238-6211.2019.240727](https://doi.org/10.51359/2238-6211.2019.240727).

ARAÚJO FILHO, José Coelho de.; BURGOS, Nivaldo; LOPES, Osvaldo Ferreira; SILVA, Flávio H. B. Batista da.; MEDEIROS, Luiz A. Regueira; FILHO, Heráclio Fenandes R. de Melo; PARAHYBA, Roberto da Boa Viagem; CAVALCANTI, Antonio Cabral; NETO, Manoel B. de Oliveira; SILVA, Fernando Barreto Rodrigues e.; LEITE, Aldo Pereira; SANTOS, José Carlos Pereira dos.; NETO, Nestor C. de Sousa.; SILVA, Ademar Barros; LUZ, Lúcia Raquel Q.

Pereira da.; LIMA, Paulo Cardoso de.; REIS, Ricardo Malta Gondim.

**Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco.** Boletim de Pesquisa 11, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 382 p.

BARROS, Gabriel Teixeira. Natureza, Meio e Ambiente: considerações teórico metodológicas. *In*: COSTA, Alexander Josef Sá Tobias; LIMA, Clarice Silva Lima (org). **Natureza e sociedade: perspectivas de ação e análise.** 1.ed. Curitiba: Editora Bagai, p. 25-39, 2021.

BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 464–476, 2012.

BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes. Propriedades Geomorfológicas das Rochas e Suas Repercussões no Relevo do Nordeste Setentrional do Brasil. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 1-33, 2021.

BERNARDES, Juliana Adão; FERREIRA, Francisco Pontes de Miranda Ferreira. Sociedade e Natureza. *In*: CUNHA, Sandra de Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.17-14, 2003.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 8, 2004. DOI: [10.5380/raega.v8i0.3389](https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389).

BRASIL. Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene. Resolução CONDEL/SUDENE nº 176, de 3 de janeiro de 2024. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, seção 1, [2024]. Disponível em :<https://www.gov.br/sudene/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/hierarquia/resolucoes-condel/resolucao-condel-sudene-no-177-de-3-de-janeiro-de-2024> .Acesso: 14 jan. de 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] Brasília, DF: Presidência da República [2012]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) . Acesso em: 25 set. 2024.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de; KELTING, Fátima Maria Soares; AGUIAR, Ponciana Freire de. Diagnóstico Ambiental Integrado do Município De Grossos/Rn: Subsídios Ao Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia.** v. 23, p. 105-129, 2012. DOI: [10.7154/RDG.2012.0023.0005](https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0005).

CHAVES, Ana Maria Severo. Adequabilidade geocológica de uso e cobertura da terra na bacia do Riacho São José, Pernambuco. *In*: Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (ENANPEGE), n. 13, São Paulo. **Anais.**

2019. disponível:

[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/ADEQUABILIDADE\\_GEOECOL%C3%93GICA\\_NA\\_BACIA\\_DO\\_RIACHO\\_S%C3%83O\\_JOS%C3%89\\_PERNAMBUCO](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/ADEQUABILIDADE_GEOECOL%C3%93GICA_NA_BACIA_DO_RIACHO_S%C3%83O_JOS%C3%89_PERNAMBUCO). Acesso em: 30 dez. 2022.

CHAVES, Ana Maria Severo. **Dinâmica geocológica e cenários potenciais para conservação da paisagem semiárida na bacia do riacho São José em Pernambuco**. São Cristóvão, SE. 2021. 353p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe. 2021.

CHAVES, Ana Maria Severo; SILVA, Carlos Roberto Silva; GUEDES, Jânio Carlos Fernandes; COSTA, Diógenes Félix da Silva; SOUZA, Rosemeri Melo e. Geocological Adequability Index in Semi-Arid Watersheds, Northeast of Brazil. **Environ Sci Ecol: Curr Res**, v. 3, n. 6. 2022. DOI: [10.54026/ESECR/1070](https://doi.org/10.54026/ESECR/1070).

CHAVES, Ana Maria Severo; SOUZA, Rosemeri Melo e. Paisagem e interfaces geocológicas para o planejamento ambiental. *In*: SOUZA, Rosemeri Melo; NASCIMENTO, Sheylla Patrícia Gomes do; CHAVES, Ana Maria Severo. **Geocologia e Paisagem: enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas**. 1. ed. Aracaju: Criação Editora, p. 29-52, 2021.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; TAVARES, Bruno de Azevêdo Cavalcanti; MONTEIRO Kleython de Araújo; CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; LIRA, Daniel Rodrigues de. Megageomorfologia e morfoestrutura do planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n,31 (1/2), 35-52. 2010. DOI: [10.5935/0100-929X.20100003](https://doi.org/10.5935/0100-929X.20100003).

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Bezerros**. Recife: CPRM/Prodeem.11 p. 2005.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014.

CREPANI, Edson; MEDEIROS, José Simeão de; FILHO, Pedro Hernandez; FLORENZANO, Tereza Gallotti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudia Clemente Farias. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DIAZ, Caio César Farias; SOARES, Deivide Benício; RIBEIRO, Aluísio Sales; SANTOS, Pedro Felipe Cavalcanti dos. Diagnóstico ambiental do Parque Ecológico da Serra Negra, Bezerros-PE. **Instituto de Geociências – UNICAMP**, v. 1, p. 1181-1192, 2017. DOI: [10.20396/sbgfa.v1i2017.2032](https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2032).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE)**. Recife: 2011 (Embrapa Solos, CD-ROM, Documentos nº 35).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2018.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GÓIS, Laís Susana de Souza; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros; MONTEIRO, Kleyton de Araújo. 2019. Análise Integrada dos Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil a partir de Atributos Fisiográficos. **Espaço aberto**, v. 9, n. 2, p. 77-98. 2019. DOI: [10.36403/espacoaberto.2019.28357](https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2019.28357).

HASUI, Yociteru; CARNEIRO, Celso Dal Ré; ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; BARTORELLI, Andrea. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da Terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: Manuais técnicos em Geociências, 2013.

JATOBÁ, Lucivânio; DA SILVA, Henágio José; SILVA, Alineaurea Florentino. Caracterização geoambiental da área de exceção do Brejo da Madre de Deus, PE. **Ciência Geográfica - Bauru**. v. 23, n. 2 2019.

LEMOS, Jeferson Emanuel de. **Avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da atividade turística em serra negra – Bezerros/PE – pelo método gtp**. 2020. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2020, 128f.

LEITE, Maria José de Holanda. Características gerais dos principais solos da região semiárida. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, [S. l.], v. 3, n. 10, p. e3101964, 2022. DOI: [10.47820/recima21.v3i10.1964](https://doi.org/10.47820/recima21.v3i10.1964).

LEPSH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos. 2010.

MEDEIROS, Jacimaria Fonseca; CESTARO, Luiz Antônio. As diferentes abordagens utilizadas para definir Brejos de Altitude, áreas de exceção do

Nordeste brasileiro. **Sociedade e Território**, v. 31, n. 2, 97-119, 2019. DOI: [10.21680/2177-8396.2019v31n2ID16096](https://doi.org/10.21680/2177-8396.2019v31n2ID16096).

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012.

NIMER, Edmon. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, **Revista Brasileira de Geografia**, ano 34, p. 3-51, 1972.

OLIVEIRA, Anizia; SOUZA, Rosimeri Melo e. Contribuições do método geossistêmico aos estudos integrados da paisagem. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 19, p. 1-19, 2012. DOI: [10.5216/revgeoamb.voi19.26057](https://doi.org/10.5216/revgeoamb.voi19.26057).

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Pedologia aplicada**. 4.ed. Piracicaba: FEALQ, 2011.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente Da; CAVALCANTI, Agostinho de Paula Brito. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5 ed. Imprensa Universitária. Fortaleza: Edições UFC, 2017

SÁNCHEZ, Luiz Henrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SANTOS, Roselly Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. Solos Tropicais: **Neossolos**. Embrapa, 2021. Disponível em : <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolos-litolicos>. Acesso em: 28 set. 2024.

SOBRINHO, João Vasconcelos. **As regiões naturais do Nordeste, o meio a civilização**. Recife: Conselho do Desenvolvimento de Pernambuco, 1971.

SOUZA, José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geambiental do estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz.; SOUZA, Marcos José Nogueira de.; MORAIS, Jáder Onofre de. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Editora FUNECE, 2000.

SOUZA, José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 9, 2006. ISSN 1984-2201.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geografia e ambiente: desafios ou novos olhares. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 17, n. 1, 2014.

TABARELLI, Marcelo; SANTOS, Andre Maurício Melo. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. *In*: Kátia C. Porto, Jaime J. P. Cabral e Marcelo Tabarelli (Org). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

VALERIANO, Márcio Marisson de. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZANOTTA, Daniel Capella; FERREIRA, Matheus Pinheiro; ZORTEA, Maciel. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

RODRIGUES, Paulo Cesar Guimarães; CHAGAS, Maria das Graças Santos das; SILVA, Fernando Barreto Rodrigues; PIMENTEL, Rejane Magalhães de Mendonça. Ecologia dos Brejos de Altitude do agreste pernambucano. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 3, p. 20-34, 2008.

Recebido em 27 de agosto de 2024  
Aceito em 06 de novembro de 2024