

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA FLORESTA NACIONAL DO ARARIPE POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE ARARIPE NATIONAL FOREST USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Ruth Paulina Rios de Souza*

RESUMO

A Floresta Nacional (FLONA) Araripe, criada em 1946 e ampliada em 2012, é a primeira Unidade de Conservação (UC) desta categoria no Brasil. Apesar de sua importância ecológica, a região enfrenta desafios ambientais significativos, como desmatamento e queimadas, tanto em seus arredores quanto dentro da própria FLONA, comprometendo a biodiversidade e a sustentabilidade do ecossistema. Este estudo aplica a metodologia de fragilidade ambiental empírica de Ross (1994), adaptada por Amorim (2023), para analisar a interação entre componentes físicos e bióticos, como relevo, solo, geologia, clima e uso e cobertura do solo. A metodologia classifica as áreas em fragilidade potencial (FP), que identifica características naturais, e fragilidade emergente (FE), que reflete alterações antrópicas, utilizando cinco níveis de fragilidade (1 - Muito baixa, 2 - Baixa, 3 - Média, 4 - Alta e 5 - Muito alta). Os resultados indicam uma predominância de áreas com baixa susceptibilidade a impactos ambientais, tanto naturais quanto antrópicos, com apenas 1,99% e 0,05% das áreas apresentando fragilidade média, respectivamente. Essa análise contribui para a compreensão dos processos de degradação e subsidia estratégias de conservação e manejo sustentável da FLONA.

Palavras-chave: Álgebra de mapas; planejamento ambiental; unidades de conservação.

ABSTRACT

The Araripe National Forest (FLONA), created in 1946 and expanded in 2012, is the first Conservation Unit (CU) of this category in Brazil. Despite its ecological importance, the region faces significant environmental challenges, such as deforestation and fires, both in its surroundings and within the FLONA itself, compromising the biodiversity and sustainability of the ecosystem. This study applies Ross's (1994) empirical environmental fragility methodology, adapted by Amorim (2023), to analyze the interaction between physical and biotic components, such as relief, soil, geology, climate and land use and cover. The methodology classifies areas into potential fragility (PF), which identifies natural characteristics, and emerging fragility (EF), which reflects anthropogenic alterations, using five levels of fragility (1 - Very low, 2 - Low, 3 - Medium, 4 - High and 5 - Very high). The results indicate a predominance of areas with low susceptibility to environmental impacts, both natural and anthropogenic, with only 1.99% and 0.05% of the areas showing medium fragility, respectively. This analysis contributes to understanding degradation processes and supports conservation and sustainable management strategies for the FLONA.

Keywords: Map algebra; environmental planning; conservation units.

Data de Submissão: xx/xx/2025.

Data de aprovação: xx/xx/2025.

DOI: 10.0000/0000-057x20160000.

* Bacharelada em Geografia (UFC), ruthprios@outlook.com

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Nacional (FLONA) Araripe-Apodi foi criada pelo Decreto-Lei nº 9.226, de 2 de maio de 1946, abrangendo duas áreas distintas: a Chapada do Araripe, nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí; e a Chapada do Apodi, no Ceará e Rio Grande do Norte. Inicialmente, a FLONA possuía 38.262 hectares, esta última extinta. Em 5 de junho de 2012, um novo decreto ampliou sua área em 706,77 hectares contíguos, atendendo a uma demanda de quase duas décadas. A FLONA Araripe é a primeira Unidade de Conservação (UC) desta categoria estabelecida no Brasil (IBAMA, 2005; BRASIL, 2012).

A área de abrangência deste estudo encontra-se na gleba de conservação da Chapada do Araripe, localizada no extremo sul do Estado Ceará, situada entre os municípios de Crato e Barbalha. A região da Chapada do Araripe é caracterizada pelo microclima de “Brejos de Altitude”, que são considerados verdadeiros oásis úmidos e subúmidos (SILVA et. Al, 2022), os quais contrastam em suas condições físicas e ecológicas com os áridos sertões que os cercam. Estas áreas exibem paisagens úmidas, calorosas ou frescas, onde os solos são envoltos por matas e vestígios de florestas antigas, interrompendo a uniformidade da Caatinga que os cerca (AB'SABER, 1999).

Os brejos de altitudes existem nessa região devido ao bloqueio da umidade deslocada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), para o sul, durante os meses de verão e outono, proporcionando um clima relativamente ameno em relação ao entorno semiárido. Estas características climáticas também remetem à flora e fauna locais, dentro desse contexto, onde surgem ambientes com características florestais únicas (CEARÁ, 2015; ALVES E SILVA, 2008).

As condições climáticas e geomorfológicas associadas permitiram a criação de um ecótono, onde predomina o Cerradão e faixas de transição com mata úmida, como a floresta ombrófila densa montanhosa, além do cerrado e o carrasco (FERNANDES E BEZERRA, 1990). De acordo com Fernandes (1990), a presença de cerrado no Ceará é atribuída a paleoventos resultantes de mudanças climáticas passadas, que teriam promovido a expansão e o posterior recuo dessa vegetação, predominante em outras regiões do Brasil. Esse processo histórico confere ao cerrado cearense um caráter único, destacando sua formação antiga e sua singularidade ambiental.

A área do entorno da FLONA do Araripe tem enfrentado sinais de degradação em sua paisagem natural devido a atividades humanas como desmatamentos ilegais, queimadas, extrativismo vegetal predatório e a expansão imobiliária, fatores que comprometem a integridade dos ecossistemas locais, afetando a biodiversidade e serviços ambientais como regulação hídrica e proteção contra erosões.

Essa crescente pressão sobre a área reforça a urgência de ações de conservação, fiscalização rigorosa e engajamento comunitário para preservação e recuperação da unidade de conservação (ALVES et.al, 2011; SANTOS et. al., 2018; GOMES, 2022), contexto no qual a aplicação de metodologias de avaliação da fragilidade ambiental se mostra essencial para a gestão sustentável, permitindo identificar áreas sensíveis e orientar intervenções antrópicas de forma a minimizar impactos negativos e potencializar a resiliência ecossistêmica.

Segundo Santos (2015), as pesquisas voltadas para a temática dos princípios da ecodinâmica, como os estudos de fragilidade ambiental, têm como objetivo principal classificar os ambientes, de modo que as intervenções antrópicas estejam alinhadas às potencialidades e limitações dos recursos naturais, minimizando a ocorrência de riscos ambientais.

Complementando essa perspectiva, Bacani et. al. (2015) destaca que, ao tratar as unidades naturais de forma integrada e sistêmica, é possível obter um diagnóstico mais preciso das diferentes categorias hierárquicas de fragilidade dos ambientes naturais, contribuindo para uma gestão mais sustentável dos ecossistemas.

A análise da fragilidade ambiental é uma ferramenta estratégica para o planejamento e gestão de unidades de conservação, como a FLONA do Araripe, auxiliando na compreensão dos processos de degradação e na promoção da conservação dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos. Estudos sobre fragilidade ambiental, como os de Ross (1994), têm ampla aplicação em bacias hidrográficas (KAWAKUBO et al., 2005) e em unidades de conservação (MAGANHOTTO, 2010; FREITAS, 2019), como o objeto deste estudo, e no planejamento territorial, permitindo diagnosticar áreas com diferentes graus de fragilidade.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo aplicar a técnica de álgebra de mapas, utilizando a média aritmética simples dos componentes ambientais e antrópicos, para mensurar a fragilidade ambiental da FLONA do Araripe. O intuito é diagnosticar as áreas mais sensíveis, que demandam maior atenção no monitoramento e gestão, contribuindo para a preservação e o manejo sustentável dessa unidade de conservação.

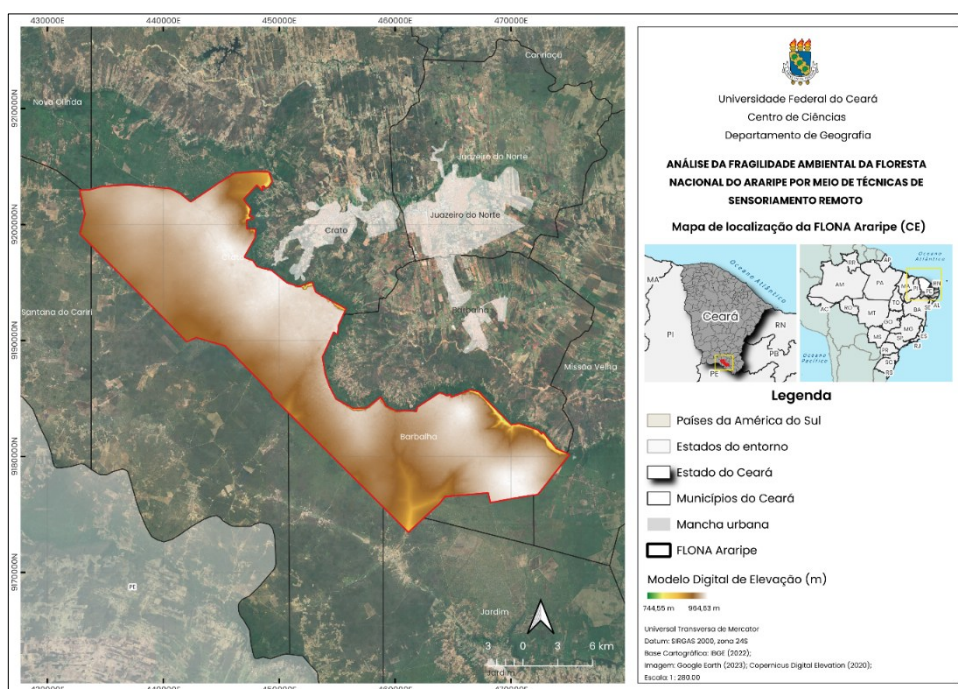
2 METODOLOGIA

2.1 Fundamentação Teórica

2.1.1 Floresta Nacional do Araripe

A área de interesse deste estudo é a FLONA Araripe localizada no platô da Chapada do Araripe, extremo sul do estado do Ceará, ela abrange os municípios cearenses de Crato, Barbalha, Jardim, Missão Velha e Santana do Cariri, com área total de 38.262 hectares e elevação que varia entre 745,55 e 964,63 metros, conforme mapa 1. A FLONA Araripe está regulamentada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a Lei nº9.985/2000, onde é definida em seu Art. 2º como um “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (BRASIL, 2005; ALVES et. Al., 2011).

Mapa 1 - Localização da FLONA do Araripe.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Esta região é caracterizada por condições climáticas subúmidas, com um regime de chuvas bastante irregular, típico do semiárido brasileiro e do clima tropical, com média pluviométrica de 1.000 mm anuais. Este clima se divide em duas estações distintas: a estação seca e a estação chuvosa, que na região da FLONA ocorre no período de janeiro a abril (LUNA et. Al, 2023).

A Chapada do Araripe atua como uma barreira orográfica, influenciando a distribuição de umidade na região. Na direção N-S, a área a barlavento da chapada recebe mais umidade, enquanto na direção oposta, S-N, a área sotavento é caracterizada por um ambiente árido e com baixo regime pluvial, mesmo durante a estação chuvosa (ALVES et. Al., 2011; RAMIRES et. al, 2017).

De acordo com Santos et. Al. (2018), o planalto sedimentar da Bacia do Araripe, conhecido como Chapada do Araripe, destaca-se como o principal componente geomorfológico da região. Trata-se de uma elevação de natureza morfoestrutural, com uma inclinação suave, formada pelo preenchimento de uma bacia sedimentar do tipo rift. Embora inicialmente tenha sido considerado regionalmente como uma cuesta, a sub-bacia do Araripe exibe um planalto com uma superfície notavelmente plana, mantendo altitudes constantes, variando apenas cerca de 50 metros. Essa característica permite descrevê-lo como um planalto tabular, sem apresentar uma frente ou uma retaguarda distinta, como é típico de uma cuesta clássica. Santos et. Al. (2018) ainda definem:

O Planalto Sedimentar constitui uma meseta de forma aproximadamente retangular, com 60 km de extensão na direção NW-SE, e 35 km de largura na direção NE-SW. Sua cimeira apresenta-se quase plana com desníveis de apenas 50 metros, e altitudes que variam de 880 no Oeste a 950 metros no Leste. O planalto tem a sua cimeira estruturada pelos arenitos fluviais Albianos da Formação Exú. (p. 04)

Dantas et. Al (2018) diferenciam os solos encontrados na área da escarpa e da cimeira, onde encontra-se a superfície tabular da Bacia, a qual é sustentada por rochas areníticas e conglomeráticas do Cretáceo, pertencentes à Formação Exu, portanto, sobre esses depósitos, desenvolvem-se solos extremamente profundos, com textura areno-argilosa, altamente permeáveis e porosos, são altamente intemperizados e com profundidades significativas até maiores que 2 metros, exibindo uma permeabilidade considerável. Estes solos, desenvolvidos sobre rochas de composição arenítica, demonstram baixa susceptibilidade à erosão. Na área da FLONA é possível encontrar em abundância os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico, que são solos profundos e porosos ou muito porosos, de baixa fertilidade e com alto teor de ferro nos horizontes subsuperficiais (BRASIL, 2005).

O relevo tabuliforme e a elevada permeabilidade dos arenitos da Chapada do Araripe dificultam o fluxo de água superficial. Na parte superior da chapada, encontram-se apenas cisternas e "barreiros". A formação sedimentar da região confere às rochas a capacidade de armazenar água, dando origem a aquíferos subterrâneos e fontes de águas cristalinas localizadas no sopé da Chapada. A elevada porosidade e permeabilidade das rochas explica tanto a ausência de águas superficiais perenes quanto a presença de inúmeras ressurgências na vertente voltada para o Ceará (SOUSA, 2000; BRASIL, 2005).

A FLONA possui importantes características de floresta de formações de transição entre o Cerrado e Caatinga com vegetação lenhosa de médio porte. Os brejos de altitude encontrados na área da FLONA, a barlavento e na cimeira, correspondem às ilhas de umidade e florestas estacionais semidecíduais, que contrastam com as condições ambientais das baixas planícies semiáridas adjacentes (BRASIL, 2005).

A diversidade florística dessa Unidade de Conservação é exemplificada pela presença de espécies como o pequi (*Caryocar coriaceum*), os muricis (*Byrsonima spp.*), o visgueiro (*Parkia platycephala*), o pau-d'óleo (*Copaifera langsdorffii*) e a caraíba (*Tabebuia caraiba*), que apresentam os maiores índices de densidade relativa. Além disso, abriga espécies ameaçadas de extinção, como a janaguba (*Himatanthus drasticus*), a lixeira (*Curatella americana*) e o gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), ressaltando a importância da conservação da FLONA (BRASIL, 2005).

Ao longo dos anos, a ocupação das áreas ao redor da floresta tem causado danos ambientais profundos, a população enfrenta problemas como erosão de encostas e escassez de água em fontes subterrâneas. Nesse contexto, as comunidades tradicionais do entorno da FLONA desempenham um papel crucial contendo os avanços da degradação ao se afirmarem em seu território, pois dependem das atividades extrativistas que ocorrem nessa região para viverem. Assim, a conservação da biodiversidade local torna-se essencial para garantir a continuidade dessas comunidades e o equilíbrio ambiental da região (ALVES et. Al., 2011).

2.1.2 Fragilidade Ambiental

A abordagem de Tricart (1977) sobre sistemas ambientais estabelece um marco metodológico para estudos integrados da superfície terrestre, permitindo a correlação entre os diversos componentes do meio físico. Essa perspectiva combina análise quantitativa (por meio de tratamentos matemáticos) com avaliação qualitativa (pela interpretação especializada), equilibrando subjetividade e rigor científico na caracterização da fragilidade ambiental.

Nesse contexto, a Ecodinâmica proposta por Ross (1994) surge como ferramenta essencial para avaliar as interações entre dinâmica natural e pressões antrópicas, especialmente em regiões semiáridas, onde a fragilidade dos ecossistemas exige análises que integrem variáveis ambientais e socioeconômicas (CRISPIM, 2016). A metodologia de fragilidade ambiental, conforme Ross (1994), avança nessa direção ao propor uma avaliação sintética e espacializada dos componentes do meio físico, identificando tanto fragilidades potenciais (inerentes ao ambiente) quanto emergentes (decorrentes de intervenções humanas).

Essa abordagem integrada, como destacado por Crispim (2016), permite diagnosticar a estabilidade ou instabilidade ambiental por meio de critérios sistêmicos, subsidiando o planejamento territorial com base nas limitações e potencialidades ecodinâmicas. Assim, os estudos de fragilidade não apenas classificam ambientes, mas também orientam ações mitigadoras, alinhando uso do solo às capacidades de resiliência dos ecossistemas — elemento fundamental para regiões sob pressão antrópica crescente.

Ross (1994) aborda a relação entre sociedade e ambiente, destacando que a sociedade não apenas modifica o meio, mas também assume um papel central nos aspectos econômicos, sociais e culturais, elementos essenciais para a formulação de políticas ambientais em contextos urbanos ou rurais. A configuração territorial de um espaço geográfico é vista como resultado da interação entre a sociedade e suas intervenções nos sistemas ambientais.

O modelo de fragilidade ambiental divide as áreas em fragilidade potencial (FP), onde a intervenção humana é discreta ou ausente, e fragilidade emergente (FE), marcada por alterações diretas causadas pelo homem (AMORIM, 2023), o que conflui com a proposta de Ross (1995), onde a identificação dessas áreas permite a elaboração de diretrizes e ações mais eficazes para o planejamento ambiental, contribuindo para a gestão sustentável do espaço físico-territorial (ROSS, 1995).

Portanto, Ross (1994) amplia o estudo de fragilidade ambiental ao propor níveis de fragilidade para unidades ecodinâmicas, tanto instáveis (emergentes) quanto com instabilidade potencial, considerando que mesmo ambientes em equilíbrio dinâmico estão sujeitos a mudanças significativas devido a usos socioeconômicos. Foram definidos cinco níveis de fragilidade para essas unidades: (1) Muito baixa, (2) Baixa, (3) Média, (4) Alta e (5) Muito alta.

Figura 1- Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente e Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial

Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente

São caracterizadas por ambientes com características naturais frágeis, onde as intervenções humanas modificaram intensamente os ambientes naturais através de práticas de queimadas, intervenções socioeconômicas sem medidas de controle ambiental. Muitos desses ambientes estão destituídos de cobertura vegetal, intensificando seus processos erosivos. Em maior parte de seus ambientes, no caso da região semiárida, há exposição de afloramentos rochosos e solos degradados a parcialmente degradados.

Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial

São as que se encontram em equilíbrio dinâmico com cobertura vegetal primária conservada, limitando processos erosivos desencadeados por atividades humanas. Os ambientes possuem boas condições pedológicas, favoráveis ao agroextrativismo, com limitações periódicas (SOUZA, 2000).

Fonte: CRISPIM (2016).

Como colocado por Amorim (2023), no método de Ross (1994) a criação do mapa de fragilidade potencial (FP) é baseada em variáveis como a dissecação do relevo ou declividade, os tipos de solo, a vegetação e os padrões de pluviosidade. Já para o mapa de fragilidade emergente (FE) inclui-se a análise do uso e ocupação do solo, evidenciando as mudanças provocadas pela ação humana no território.

2.2 Procedimentos em SIG e sensoriamento remoto

Para a elaboração desta pesquisa, a revisão bibliográfica contribuiu para a compreensão da FLONA do Araripe e dos conceitos e metodologias relacionados à fragilidade ambiental, além de fornecer subsídios para a análise e interpretação dos dados coletados.

Já para a construção do material cartográfico, adotaram-se dados vetoriais e matriciais disponibilizados pelo Banco de Dados Ambientais (BDIA), integrados ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Serviço Geológico Brasileiro (SGB) e os dados de uso e ocupação foram adaptados do produto gerado pela ESA World Cover de 2021, descritas no quadro 1.

Esses dados permitiram a espacialização e análise das informações de forma precisa, facilitando a identificação das áreas de fragilidade potencial e emergente, bem como a elaboração de mapas temáticos com escala de 1:200.000.

Quadro 1 – Dados georreferenciados utilizados

Dado georreferenciado	Fonte	Escala e/ou resolução
Geomorfologia	ICR, Copernicus Digital Elevation, (2020)	Resolução de 30 m
Pluviometria	Dados de estações pluviométricas, FUNCEME (2025)	-
Pedologia	Banco de Dados e Informações Ambientais (BDia) – IBGE (2023)	1:250.000
Geologia	Banco de Dados e Informações Ambientais (BDia) – IBGE (2023)	1:250.000
Uso e Ocupação	World Cover, Zanaga <i>et al.</i> (2020)	Resolução 10 m

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A etapa de elaboração dos dados cartográficos também envolve a classificação de dados de acordo com a metodologia apresentada por Amorim (2023) adaptada de Ross (1994), onde o grau de fragilidade recebeu classificação do meio físico entre muito baixo (1) e muito alto (5). Para a elaboração da classificação em SIG, adotou-se a equação de FP e FE proposta por Souza *et al.* (2020), os processos e mapas desta pesquisa foram elaborados em ambiente SIG QGIS 3.22.5 e ArcGIS 10.5.

A metodologia de Ross (1994) foi adaptada ao longo dos anos, aprimorando a análise com mudanças significativas, como a substituição da geomorfologia pelo Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) (SAMPAIO, 2008) e a incorporação da variável geológica (GONÇALVES *et al.*, 2011). Ademais, não apenas as variáveis foram atualizadas, mas também a forma de classificação evoluiu, passando a utilizar álgebra de mapas com atribuição de pesos específicos (SOUZA *et al.*, 2020; AMORIM, 2023).

A metodologia adotada para a classificação das variáveis neste trabalho foi a proposta por Souza *et al.* (2020), que considera a álgebra de mapas como uma média aritmética simples, onde adotou-se a variável do relevo para geomorfologia o ICR – Índice de Concentração do Relevo, conforme Sampaio e Augustin (2014). Soma-se cada variável e dividindo por 5 para FE, conforme equação 1; e divide-se por 4 para FP, conforme equação 2, normalizando os dados através da álgebra de mapas elaborada na calculadora raster do QGIS 3.22.5, onde a média das feições contribua igualmente com o resultado evitando distorção da análise.

Equação 1 - Equação da FP.

$$FP = \frac{(P + GEO + GEOM + IP)}{4}$$

Onde:

P = Pedologia;

GEO = Geologia;

GEOM = Geomorfologia¹ ;

¹ Considerando o índice ICR (SAMPAIO E AUGUSTIN, 2014).

IP = Intensidade Pluviométrica.

Fonte: Adaptado de Souza *et. Al* (2020).

Equação 2 - Equação da FE.

$$FP = \frac{(P + GEO + GEOM + IP + UEO)}{4}$$

Onde:

UEO = Uso e Ocupação².

Fonte: Adaptado de Souza *et. Al* (2020).

Cada variável foi quantificada em uma escala numérica de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta), em que valores mais elevados indicam maior fragilidade ambiental. Posteriormente, os valores dos rasters gerados para Fragilidade Potencial (FP) e Fragilidade Emergente (FE) foram processados no SIG QGIS 3.34.8. Para isso, utilizou-se o Método Discreto, que classificou os resultados em cinco categorias distintas.

2.2.1 Geomorfologia

Segundo Ross (1994), o relevo é crucial para determinar a fragilidade, mas as várias metodologias subjetivas dificultam uma classificação padronizada (AMORIM, 2023). Entretanto, Sampaio (2008) propõe o uso do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), que diminui a subjetividade ao quantificar e delimitar o relevo a partir da distribuição espacial da declividade, entendida como padrão de rugosidade do relevo. Os pesos são distribuídos conforme as classes de declividade, como é observado no quadro 2. Outros autores como Nascimento (2010), Sopchaki (2013) e Amorim (2023) também seguem essa metodologia.

Utilizou-se a metodologia proposta por Sampaio e Augustin (2014), que aplica o raio de busca pelo estimador de densidade de Kernel para ICR local de 564 m, após a aplicação de Kernel, normaliza-se os dados a partir da razão entre o resultado do Kernel e a quantidade de pixels obtidos através desta operação.

Os dados foram processados a partir do Modelo Digital de Elevação – MDE do satélite europeu Copernicus, que possui resolução espacial de 30 m disponibilizado pela Open Topography (ESA, 2020).

Quadro 1 – Pesos abordados para o tema Geomorfologia – ICR.

Classes de declividade	Intensidade de Concentração de Rugosidade (ICR)
Plano	Valores de ICR abaixo de 2,5
Suavemente ondulado	Valores de ICR entre 2,5 e 6
Ondulado	Valores de ICR entre 6 e 14
Fortemente ondulado	Valores de ICR entre 14 e 30
Escarpado	Valores de ICR entre 30 e 45

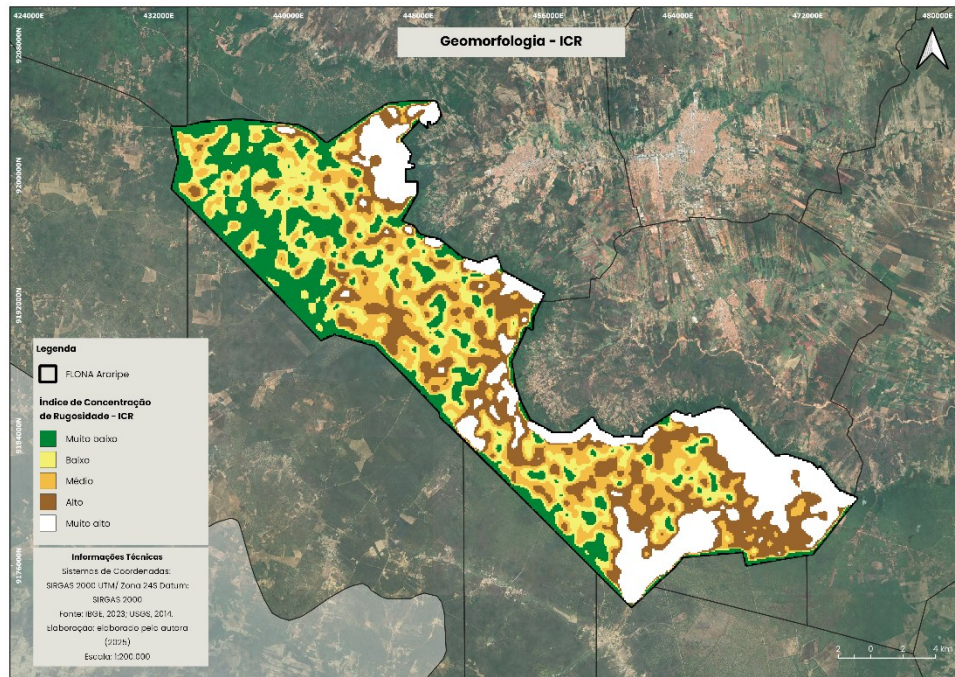
² A partir das imagens disponibilizadas pela ESA World Cover (ZANEGA *et. Al*, 2021).

Fortemente escarpado	Valores acima de 45
----------------------	---------------------

Fonte: SAMPAIO E AUGUSTIN (2014).

A região cimeira da chapada apresenta feições planas ou levemente onduladas, os valores mais altos de dissecação representam os limites da região cimeira como a área da vertente escarpada da chapada, como é possível observar na figura 2.

Figura 2 - Mapa de Geomorfologia – ICR.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

2.2.2 Geologia

Apesar da importância citada por Ross (1994) para a variável geologia, ressaltando a importância na composição ambiental, o autor não incluiu valores de fragilidade para esta variável. Gonçalves et al. (2011) adaptou a metodologia supracitada e propõe novos procedimentos técnicos para a determinação de fragilidade, o que inclui a geologia. Posteriormente, outros autores que abordaram a fragilidade ambiental também citaram a geologia como componente importante para melhor compreensão da fragilidade potencial (FLORIANI et al., 2006; BUENO, 2015; CRISPIM, 2016; AMORIM, 2023).

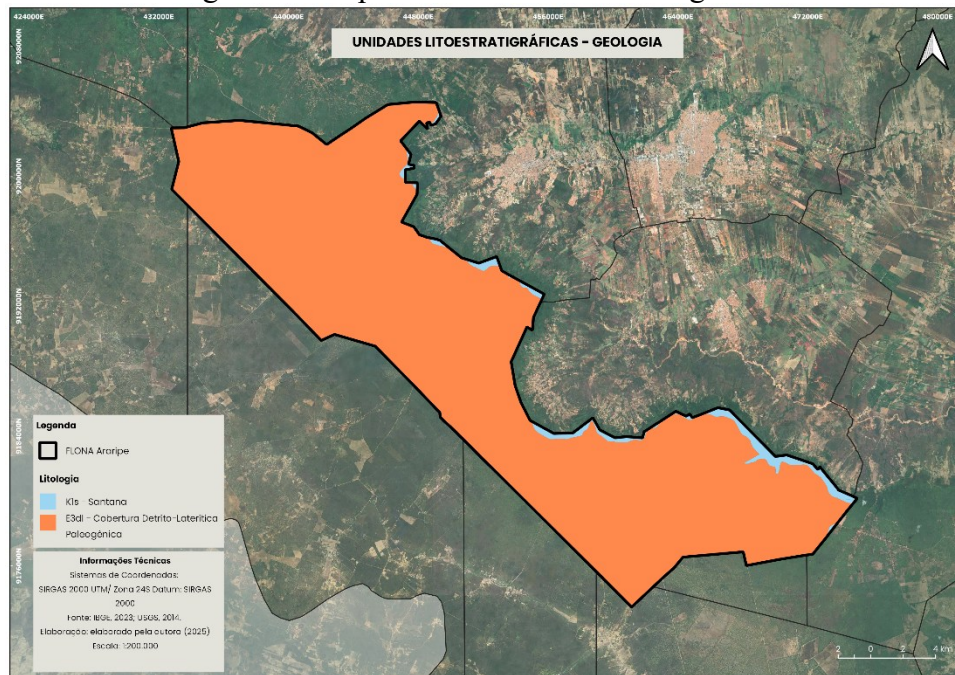
Quadro 2 – Pesos abordados para o tema Geologia.

Sigla unidade	Nome unidade	Litotipo 1	Litotipo 2	Classe de fragilidade	Peso
K1s	Santana	Calcário, Folhelho, Argilito, Marga, Evaporito	-	Muito alta	5,0
K2e	Exu	Arenito	Siltito	Muito alta	5,0

Fonte: adaptado de AMORIM, (2023); GONÇALVES *et. Al.* (2011)

Os pesos atribuídos a esta variável basearam-se em Gonçalves et al. (2011) e são classificadas a fragilidade sendo como muito alta, conforme é observado no quadro 3

Figura 3 – Mapa das unidades litoestratigráficas.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Na área da FLONA é possível encontrar as unidades litoestratigráficas de Santana e Exu, como observado na figura 3. A unidade de Santana é caracterizada por sua grande diversidade litológica e, pelo qual tornou-se mundialmente famosa enorme concentração de fósseis e o excelente estado de preservação destes indivíduos (OLIVEIRA, 2007).

Já a unidade litoestratigráfica da Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica é a mais recente da Bacia do Araripe. É caracterizada por arenitos que são interpretados como depósitos de sistemas fluviais entrelaçados e meandantes, com idade provável correspondente ao Albiano-Cenomaniano (PASSOS, 2009).

Os dados de solos foram adquiridos através do Banco de Dados De Informações Ambientais - BDIA (2018), com escala de 1:250.00.

2.2.3 Pedologia

Para a variável de solos considerou-se os valores de fragilidade de Ross (1994), seguindo as devidas adaptações de Crispim (2016) e Amorim (2023). Considerando que Ross (1994) utiliza-se de critérios variáveis para as características de solo como textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade e espessura dos horizontes de cada solo.

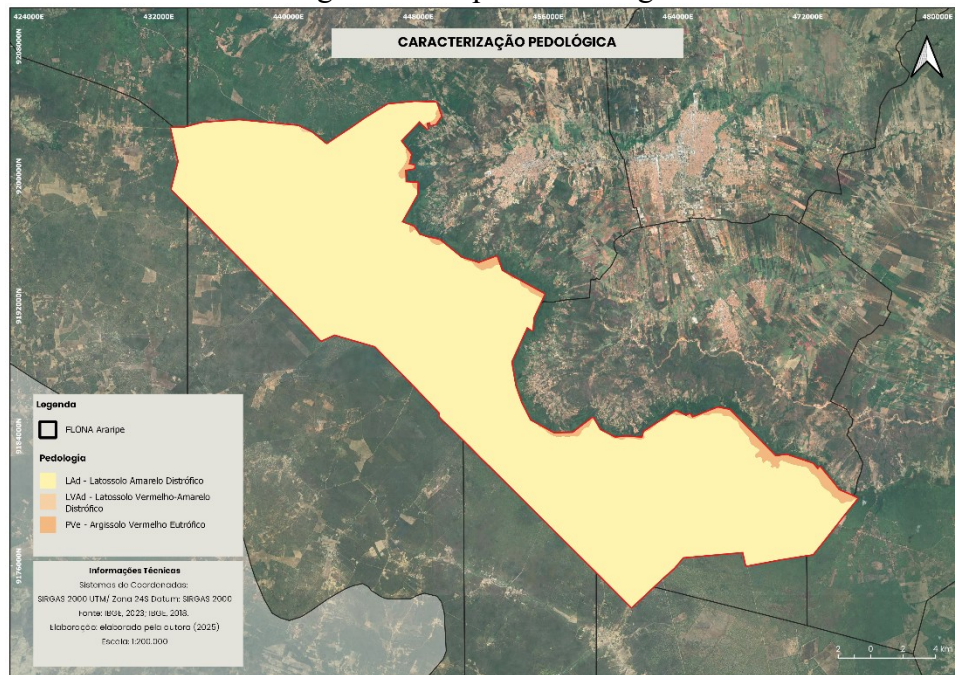
Quadro 3 – Pesos abordados para o tema Pedologia.

Sigla Unidade (SiBCS, 2018)	Classificações anteriormente usadas pela Embrapa Solos	Classe de fragilidade	Peso
LAd - Latossolo Amarelo Distrófico	Latossolos Vermelho-Amarelos	Muito Baixa	1,0
LVAd – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Latossolos Vermelho-Amarelos	Muito Baixa	1,0
PVe – Argissolo Vermelho Eutrófico	Podzólico Vermelho Amarelo	Baixa	2,0

Fonte: adaptado de ROSS (1994); CREPANI *et. al.* (2001); AMORIM, (2023).

Conforme o quadro 4, observa-se que a FLONA é composta por três tipo de solos que variam de fragilidade muito baixa á baixa, com pesos entre 1,0 e 2,0.

Figura 4 – Mapa de Pedologia.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Os solos encontrados na região da FLONA são os Latossolos Amarelo Distrófico (LAd), os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e os Argissolos Vermelho Eutrófico (PVe), conforme é observado na figura 4. Os dados de solos foram adquiridos através do Banco de Dados De Informações Ambientais - BDIA (2018), com escala de 1:250.00.

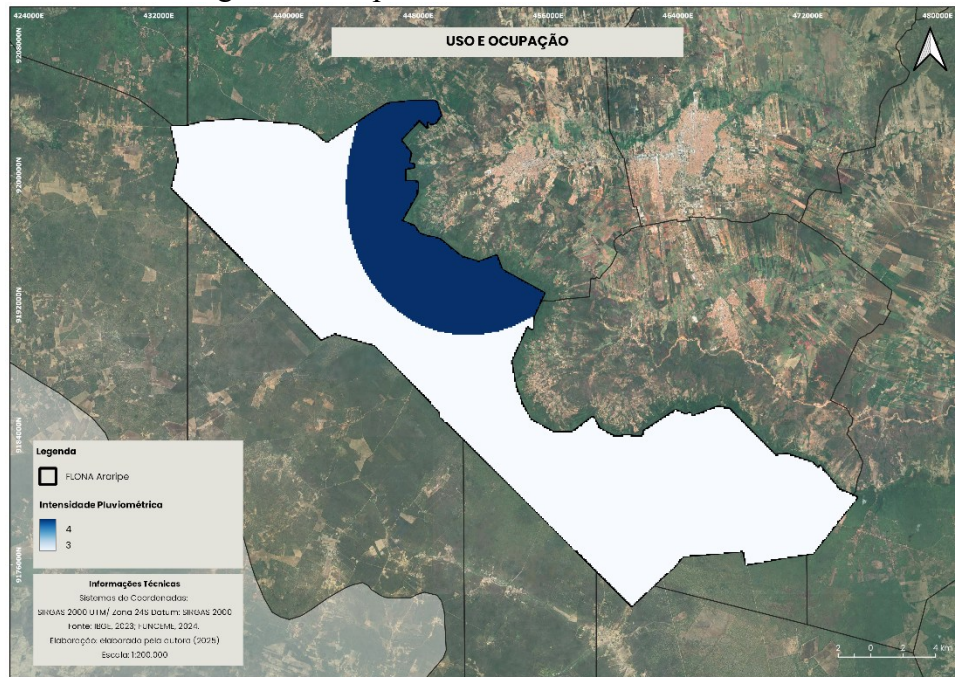
2.2.4 Intensidade Pluviométrica

De acordo com Amorim (2023), a intensidade pluviométrica é determinada pela relação entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso. Os dados foram obtidos através das estações automáticas disponibilizadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Foram selecionadas as estações Barbalha (9192277,4 m S; 466705,7 m E), Nova Olinda (9215140,8 m S; 424542,6 m E), Porteiras

(9167327,4 m S; 487126,1) e Crato (9200472,6 m N; 453998,7 m E), filtrando os dados pluviométricos dos últimos 30 anos (1994-2024), sendo estes dados tratados a partir do Excel.

Para a definição da intensidade pluviométrica utilizou-se o método quantitativo de Inverso do Quadrado da Distância (IQD), utilizando-se da ferramenta do ArcGIS 10.8 Inverse Distance Weighted (IDW), que interpola as feições mais próximas como semelhantes. Esta análise é coerente a modelagem de dados geográficos utilizado em diversos estudos de modelagem ambiental (BURROUCH E MCDONELL, 1998; BACANI et Al., 2015).

Figura 5 – Mapa de Intensidade Pluviométrica



Fonte: elaborado pela autora (2025).

Tendo em vista que a pluviosidade média mínima ficou entre 796 mm/a na base de Barbalha com intensidade pluviométrica de 264,85 e com 1240 mm/a na base de Crato com intensidade pluviométrica média máxima de 310,12 mm/a dando um resultado extremamente uniforme, de acordo com a metodologia de Ross (1994) e abordada por Amorim (2023), optou-se pela adoção da fragilidade pluviométrica que é enquadrada como alta (4), portanto, toda a área da FLONA possui essa caracterização pluviométrica, como é possível observar na figura 5 e quadro 5.

Quadro 4 – Classes de fragilidade pluviométrica

Característica	Classe de fragilidade	Peso
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.	Muito Baixa	1
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.	Baixa	2
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 2 e 3 meses, e no verão com maiores intensidades	Média	3

de dezembro a março.		
Situação pluviométrica anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração de chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total de chuvas.	Alta	4
Situação pluviométrica com distribuição regular ou não ao longo do ano com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500mm/ano; ou ainda comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos geralmente abaixo de 900mm/ano.	Muito alta	5

Fonte: Ross (1994) *apud* Sporn (2001); Amorim (2023).

2.2.5 Uso e Ocupação

Para a classificação desta variável, utilizou-se os valores de fragilidade disponibilizado por Ross (1994), Crispim (2016) e Amora (2023), conforme quadro 6 e considerando a classificação prévia elaborada pela Agência Espacial Europeia - ESA (ZANEGA et. Al, 2021)., utilizou-se o recorte da FLONA por meio do Qgis 3.34.8 e ArcGIS 10.8 para as adaptações a realidade local.

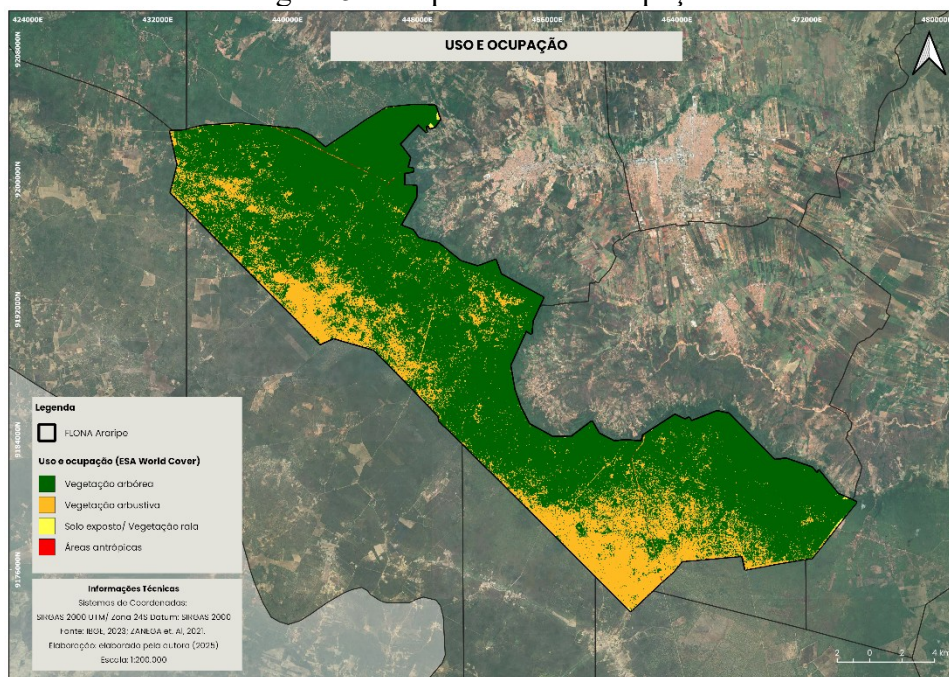
Quadro 5 – Pesos abordados para o tema uso e ocupação.

Tipos de uso e cobertura	Classes	Peso
Vegetação arbórea	Muito Baixo	1,0
Vegetação arbustiva	Baixo	2,0
Vegetação rala	Médio	3,0
Solo Exposto	Muito alto	5,0
Áreas antrópicas	Muito alto	5,0

Fonte: Amorim (2023).

Para a variável uso e ocupação utilizou-se as imagens de satélite do Sentinel-2, adquiridas em dezembro de 2021, com resolução espacial de 10 m e classificadas pela ESA, a rampa de cores apresentada pelo mapa também é disponibilizada pela ESA (ZANEGA et. Al, 2021), conforme observado na figura 5.

Figura 5 – Mapa de Uso e Ocupação.



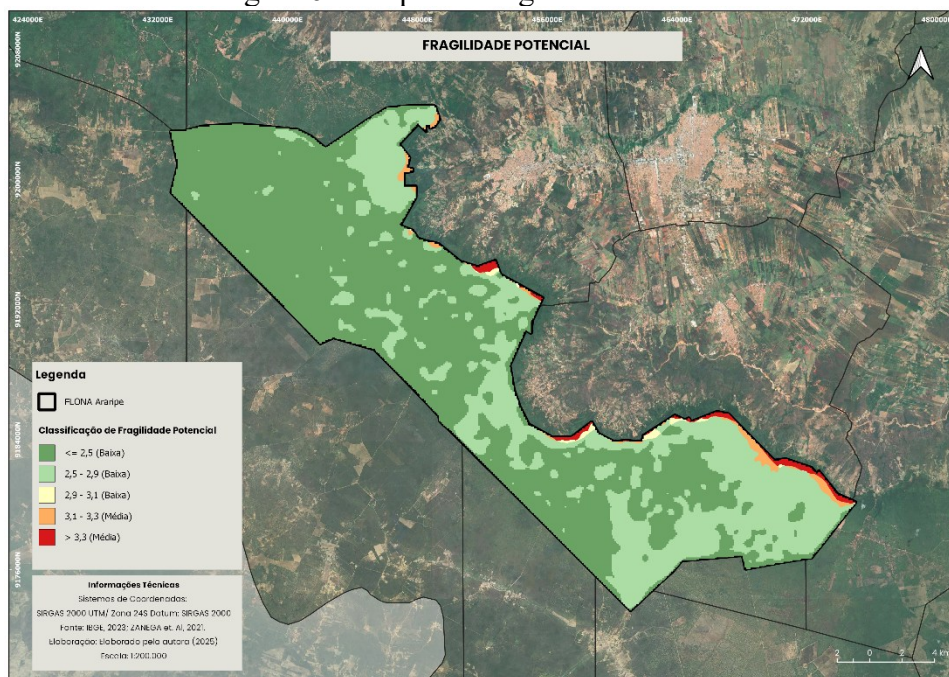
Fonte: elaborado pela autora (2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processamento da álgebra de mapas, foram obtidos valores de fragilidade que variam entre baixo (2) e médio (3). No entanto, a distribuição desses valores ocorre tanto em áreas de fragilidade potencial quanto de fragilidade emergente, evidenciando a coexistência de ambientes com susceptibilidade natural e aqueles impactados por ações antrópicas.

Para fragilidade potencial obteve-se valores entre 2,5 e 3,5, demonstrando um ambiente potencialmente estável em fragilidade ambiental natural, tendo em vista sua composição plana, com solos argilosos profundos e baixa concentração do índice de rugosidade, como observado na figura 6.

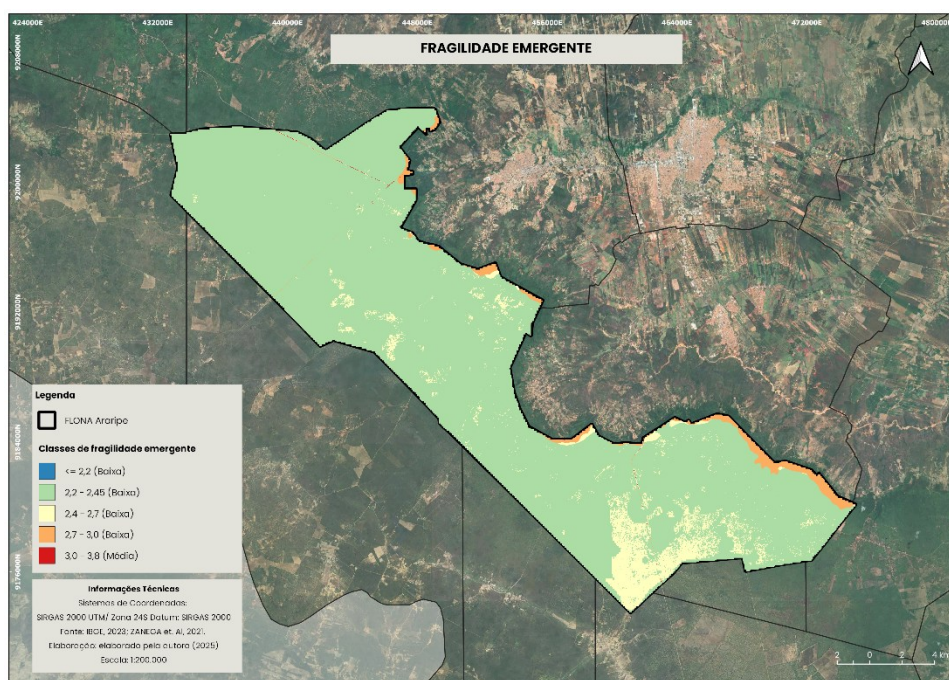
Figura 6 – Mapa de Fragilidade Potencial.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Para fragilidade emergente obteve-se resultados que variam de 2,2 a 3,8, onde os valores refletem uma boa cobertura vegetal do relevo com pontuais intervenções humanas, que é o caso das rodovias CE-292, CE-494, CE-492 e CE-060, que atravessam a FLONA nos sentidos nordeste-sudoeste e noroeste-sudeste, evidenciando áreas de usos indiscriminados em áreas adjacentes, conforme figura 7.

Figura 7 – Mapa de Fragilidade Emergente.



Fonte: elaborado pela autora (2025).

A área total da FLONA, calculada a partir da poligonal disponibilizada pelo MMA (2022), é de 38.510,79 hectares. Desse total, a fragilidade potencial (FP) apresenta 37.722,8 hectares classificados como baixa e 788,01 hectares como média, representando 98,01% e 1,99% da área, respectivamente.

Quanto à fragilidade emergente (FE), a FLONA possui 38.494,2 hectares com classificação baixa e 16,62 hectares com classificação média, correspondendo a 99,95% e 0,05% da área, respectivamente. Esses dados indicam que a maior parte da FLONA apresenta baixa fragilidade, tanto potencial quanto emergente, com uma pequena parcela de áreas de fragilidade média.

Quadro 8 – Áreas resultantes da Fragilidade Potencial e Emergente.

Variáveis de FP	Áreas (ha)	Representação da área (%)	Variáveis de FE	Áreas (ha)	Representação da área (%)
Baixa	37722,8	98,01	Baixa	38494,2	99,95
Média	788,01	1,99	Média	16,62	0,05

Fonte: elaborado pela autora (2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise das fragilidades potencial e emergente revelam que a FLONA Araripe-Apodi possui uma predominância de áreas com baixa susceptibilidade a impactos ambientais, tanto naturais quanto antrópicos. A pequena porcentagem de áreas com fragilidade média (1,99% na FP e 0,05% na FE) sugere que essas regiões podem estar mais vulneráveis a processos de degradação, demandando atenção especial em ações de conservação e manejo.

Esses resultados reforçam a importância do monitoramento e proteção dessas áreas, evidenciando a baixa sensibilidade à erosão e facilitando o manejo sustentável da FLONA. Um monitoramento eficaz garante a manutenção do equilíbrio ecológico e a sustentabilidade da unidade de conservação, contribuindo para a preservação de seus recursos naturais. Além disso, a baixa fragilidade emergente indica que as atividades humanas na região têm causado impactos limitados, o que ressalta a eficácia das políticas de conservação implementadas até o momento e reforça a necessidade de continuidade dessas ações.

Ademais, os resultados obtidos podem ser considerados positivos, considerando a influência da área ser uma Unidade de Conservação (UC) há 79 anos. A análise das fragilidades potencial e emergente da FLONA Araripe-Apodi revela uma predominância de áreas com baixa susceptibilidade a impactos ambientais, tanto naturais quanto antrópicos, indicando a eficácia das medidas de proteção e conservação.

Sugere-se a realização de estudos complementares, como monitoramento contínuo das áreas mais frágeis, por mais que sejam pequenas, a avaliação da efetividade das práticas de manejo e a integração de dados socioeconômicos para compreender melhor as interações humanas com o ambiente. Além disso, a aplicação de tecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento pode aprimorar a precisão das análises e contribuir para estratégias de gestão mais eficientes.

A análise de fragilidade ambiental consolida-se como uma ferramenta de diagnóstico altamente eficaz também para unidades de conservação, permitindo a identificação consistente de áreas suscetíveis à degradação, seja por processos erosivos ou por impactos antrópicos. Nesse contexto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) destacam-se como aliados essenciais, viabilizando a aplicação prática da metodologia empírica de fragilidade.

Essa integração entre análise ambiental e tecnologia garante a eficácia do diagnóstico, fornecendo subsídios robustos para o planejamento e a gestão sustentável do território.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
- ALVES, C. C. E; BEZERRA, L. M.A.; MATIAS, A. C. C. **A Importância da Conservação/Preservação Ambiental da Floresta Nacional do Araripe para a Região do Cariri –Ceará/Brasil**. Revista Geográfica de América Central, vol. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 1-10 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- ALVES, E. S.; SILVA, F. H. B. B. Zoneamento Pedoclimático da Mesorregião da Chapada do Araripe: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos da folha jardim - (escala 1:100.000). **Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais**, Rio de Janeiro, p. 1-4, ago. 2008.
- AMORIM, C. D.. **Análise da fragilidade potencial e emergente e das condições de sustentabilidade ambiental no Município de Quixeramobim, CE**. 2023. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H.. REMOTE SENSING AND GIS APPLIED TO ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE RIVER BASIN. **Mercator**, [S.L.], v. 14, n. 02, p. 119-135, 20 jul. 2015. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1402.0008>.
- BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (Org.). **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 174 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- BUENO, K. **Fragilidade ambiental do município de Guaíra- PR**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.
- BURROUGH, P. A., McDONNELL, R.. Principles of geographical Information Systems. Oxford University Press, Clarendon, 1998.
- CEÁRA. Governo do Estado do Ceará. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: IPLANCE, 1997 _____. 2015. Governo do Estado do Ceará. **Araripe Geopark: application dossier for nomination**, Fortaleza-CE, 139p
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Uso de Sensoriamento Remoto no Zoneamento Ecológico-Econômico**. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 129-135.
- 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: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, 2001.

- CRISPIM, A. B. **Fragilidade ambiental decorrente das relações sociedade/ natureza no semiárido brasileiro**: O contexto do Município de Quixadá-ce. 2016. 234 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.
- COSTA, N.M.C.; COSTA, V.C.; SANTOS, J.; SANTOS, C. Definição e caracterização de áreas de fragilidade ambiental, com base em análise multicritério, em zona de amortecimento de unidades de conservação. **Encontro de Geógrafos da America Latina**, - Córdoba, Argentina, 2009.
- DANTAS, M. E.; FERREIRA, R. V.; SHINZATO, E.; BRANDÃO, R. DE L.; TEIXEIRA, W. G.; FREITAS, L. C. **A geodiversidade da Chapada do Araripe**: de Padre Cícero a Luiz Gonzaga. 2018. Pôster apresentado ao 12º Simpósio Nacional de Geomorfologia, Crato, CE, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20641>. Acessado em: 20 mar. 2024.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (2024). Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>. Accessed: 2025-02-25
- FERNANDES, A. 1990. **Temas fitogeográficos**. Stylos Comunicações, Fortaleza.
- FERNANDES A. ; BEZERRA, P. 1990. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Stylos Comunicações, Fortaleza.
- FREITAS, J. A.. **Mapeamento de fragilidade ambiental do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Ciências Humanas, Faculdade de Geografia, Curso de Bacharelado em Geografia, Marabá, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unifesspa.edu.br/handle/123456789/2391>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- FLORIANI, N.; WINIEWSKI, C.; CANALI, N. E.; FLORIANI, D.; VEIGA, A. M. Avaliação da fragilidade geossistêmica de uma microbacia sobre geologia cárstica: potencial e limitações. *Ra'e Ga*, Curitiba, v. 11, p. 115-127, 2006.
- GOMES, F. V. S.. **Eficácia da criação da APA e da Floresta Nacional do Araripe na dinâmica de perda e fragmentação da cobertura vegetal no interior e entorno das unidades de conservação**. 2022. 73 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A. C. T.; ARAI, F.K.; Determinação da Fragilidade Ambiental de Bacias Hidrográficas. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 797 - 808, out./dez. 2011.
- IBAMA. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Araripe**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2005. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/flona-do-araripe-apodi/arquivos/flona_araripe_pm_sum1.pdf. Acesso em 11 jan. 2025.
- IBGE. Coordenação do Meio Ambiente (ed.). **Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA)**: mapeamento de recursos naturais (mrn) escala 1:250 000 (nota metodológica). Rio de Janeiro: Ibge, 2018. 64 p. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102042.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

LIMA, F. F. *et al.* **Geopark Araripe: histórias da terra, do meio ambiente e da cultura**. Crato: Governo do Estado do Ceará, 2011. 85 p. Disponível em: <http://geoparkararipe.urca.br/wp-content/uploads/2019/11/LIVRO-GEOPARK-ARARIPE-compactado.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.

LUNA, V. F.; DUARTE, C. C.; SILVA, J. M. O.; ANJOS, L. S. ; NÓBREGA, R. S.. Chuvas em Juazeiro do Norte, Ceará: análise dos extremos e suas repercussões. **Revista de Geografia**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 147–165, 2023. DOI: 10.51359/2238-6211.2023.255255. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/255255>. Acesso em: 24 fev. 2025.

MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE . **Análise Da Fragilidade Ambiental Como Suporte Ao Planejamento Do Ecoturismo Em Unidades De Conservação: Estudo De Caso Flona De Irati-pr .FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 2, p. 231-242, abr./jun. 2011.

NASCIMENTO, E. R. do; REIS NETO, J. M. dos; REBELO, A. M. de A. **Aplicação do Índice de Concentração da Rugosidade do relevo no entendimento do nível de exposição dos sistemas cársticos ocorrentes na região norte do município de Curitiba, PR**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 61-68, 2010.

RAMIRES, J.; ARMOND, N.B. SALGADO, C. M.. A variabilidade pluviométrica no Cariri cearense e a influência das teleconexões ENOS e ODP. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.L.], p. 2138-2150, jul. 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP.

RAMALHO, M. F. DE J. L. A Fragilidade Ambiental Do Nordeste Brasileiro: O Clima Semiárido E As Imprevisões Das Grandes Estiagens. **Sociedade e Território**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 104–115, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3629>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

ROSS, J. L. S. (2011). ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. **Revista Do Departamento De Geografia**, 8, 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. LANDFORMS AND ENVIRONMENTAL PLANNING: POTENTIALITIES AND FRAGILITIES. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, p. 38–51, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0112.0003. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53841..> Acesso em: 3 mar. 2025.

SANTOS, J. O. Existing Relations Between Environmental Fragility And Social Vulnerability In Susceptibility To Risk. **Mercator**, [S.L.], v. 14, n. 02, p. 75-90, 20 jul. 2015. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1402.0005>.

SANTOS, A. S; NEUMANN, V. H.; CORREA, A. C. B. **Análise da Compartimentação Geomorfológica da Sub-Bacia Leste do Araripe**. 2018. Anais do 12º Simpósio Nacional de Geomorfologia, Crato, CE, 2018. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0070.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

SAMPAIO, T. V. M., AUGUSTIN, C. H. R. R. (2014). Índice De Concentração da Rugosidade: Uma Nova Proposta Metodológica para o Mapeamento e Quantificação da Dissecção do Relevo como Subsídio a Cartografia Geomorfológica. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 2014, 15(1). <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376>

SILVA, M. T. M. *et. Al.* **Composição Florística em Áreas de Vertentes com Diferentes Usos da Terra na Chapada do Araripe-ce**. Geosul, Florianópolis, v. 37, n.83 - Dossiê de Biogeografia, p. 117-140, out. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e82020>. Acessado em: 12 jan. 2025.

SOPCHAKI, C. H.; SAMPAIO, T. V. M. Estudo de Metodologias para identificação de formas de vertentes na bacia do rio curralinho- região metropolitana de Curitiba/PR. **Revista Geografar (UFPR)**, v. 8, p. 100, 2013.

SOUZA, D. S.L.; DELLARGINE, F. L.; MIRA, I. R. C.; SILVA, G. T.; SILVA, M. Luiz. Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 2269–2292, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.5.p2269-2292. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/246364>. Acesso em: 23 fev. 2025.

SOUSA, M. J. N. **Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**. In: Compartimentação territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: Editora FUCEME, 2000.

SOUZA, G.S. A. *et. Al.* **Análise temporal da cobertura vegetal no Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, ES, por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 10, n. 1, p. 103-107, mar. 2015.

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

ZANAGA, D., VAN DE KERCHOVE, R., DE KEERSMAECKER, W., SOUVERIJNS, N., Brockmann, C., QUAST, R., WEVERS, J., GROSU, A., PACCINI, A., VERGNAUD, S., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Georgieva, I., Lesiv, M., Carter, S., Herold, M., Li, L., Tsendbazar, N.-E., ... ARINO, O. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 v100 (Versão v100) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente aos meus amigos geógrafos e geógrafas pelo apoio e contribuições, tanto no trabalho quanto na vida; aos amigos da vida, que me deram força e seguraram minha mão nos momentos difíceis; aos meus pais e família, sempre presentes e ao meu lado; e ao meu orientador, Carlos Sopchaki, por acreditar em mim. Um agradecimento especial à minha banca, Caroline e Rosilene, pelas contribuições essenciais ao meu trabalho. Reconheço também a Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Geografia por me acolher e oportunizar mais uma vez o acesso ao diploma de graduação. Por fim, mas não menos importante, a mim mesma, por ter conseguido chegar até aqui.