

Mapeamento da fragilidade ambiental para análise dos processos morfodinâmicos no núcleo de desertificação do Seridó Potiguar

Mapping of environmental fragility for analysis of morphodynamic processes in the desertification center of Seridó Potiguar

Mapeo de la fragilidad ambiental para el análisis de procesos morfodinámicos en la zona de desertificación de Seridó Potiguar

Luana Carla Mariz da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN

luanamariz21@hotmail.com

Saulo Roberto de Oliveira Vital

Universidade Federal da Paraíba

srovital@gmail.com

José Falcão Sobrinho

Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA

falcao.sobral@gmail.com

Christianne Maria Moura Reis

Universidade Federal de Pernambuco

cmm_reis@yahoo.com.br

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar o atual estágio de degradação da paisagem no Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar (NDSP), através do uso do modelo de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) e Sporl e Ross (2004). Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), através da correlação do índice de dissecação do relevo, solos, uso e cobertura da terra e pluviosidade, dispostas em categorias hierárquicas de fragilidade. Nos resultados o NDSP, apresentou em sua maior parte uma fragilidade baixa (60%). Isso se dá, provavelmente, ao fator da área apresentar predominância do índice de dissecação do relevo fraco, havendo praticamente uma relação direta entre ambos os índices. Logo, a fragilidade comandada pelo fator relevo se mostrou bastante clara. Já a variável cobertura vegetal ajudou a identificar as áreas nas quais há um forte desequilíbrio gerado por ações sociais, na qual estão situados principalmente tipos de usos da terra. Portanto, a variação de dissecação do relevo, nem sempre será o fator principal de intensificação do processo erosivo.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental. Degradação da paisagem. Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar.

Abstract

This article aims to analyze the current stage of landscape degradation in the Nucleus of Desertification of Seridó Potiguar (NDSP), through the use of the model of environmental fragility proposed by Ross (1994) and Sporl and Ross (2004). The methodological procedures were

developed in a GIS (Geographic Information System) environment, through the correlation of the relief dissection index, soils, land use and cover and rainfall, arranged in hierarchical categories of fragility. In the results, the NDSP presented, for the most part, a low fragility (60%). This is probably due to the fact that the area has a predominance of the weak relief dissection index, with practically a direct relationship between both indices. Therefore, the fragility commanded by the relief factor was quite clear. The vegetation cover variable, on the other hand, helped to identify the areas in which there is a strong imbalance generated by social actions, in which mainly types of land uses are located. Therefore, the relief dissection variation will not always be the main factor of intensification of the erosion process.

Palavras-Chave: Environmental fragility. Landscape degradation. Seridó Potiguar Desertification Nucleus.

Resumen

This article aims to analyze the current stage of landscape degradation in the Nucleus of Desertification of Seridó Potiguar (NDSP), through the use of the model of environmental fragility proposed by Ross (1994) and Sporl and Ross (2004). The methodological procedures were developed in a GIS (Geographic Information System) environment, through the correlation of the relief dissection index, soils, land use and cover and rainfall, arranged in hierarchical categories of fragility. In the results, the NDSP presented, for the most part, a low fragility (60%). This is probably due to the fact that the area has a predominance of the weak relief dissection index, with practically a direct relationship between both indices. Therefore, the fragility commanded by the relief factor was quite clear. The vegetation cover variable, on the other hand, helped to identify the areas in which there is a strong imbalance generated by social actions, in which mainly types of land uses are located. Therefore, the relief dissection variation will not always be the main factor of intensification of the erosion process.

Palabras clave: Fragilidad ambiental. Degradación del paisaje. Centro de Desertificación Seridó Potiguar.

Introdução

Na perspectiva geomorfológica, as abordagens regionais em ambientes semiáridos têm trabalhado com a compartimentação das bases físico-naturais (CORRÊA, 2006), sobretudo com apoio na análise morfodinâmica, a partir das contribuições de Jean Tricart (1977) sobre os estudos da dinâmica dos sistemas físicos da superfície dos ambientes.

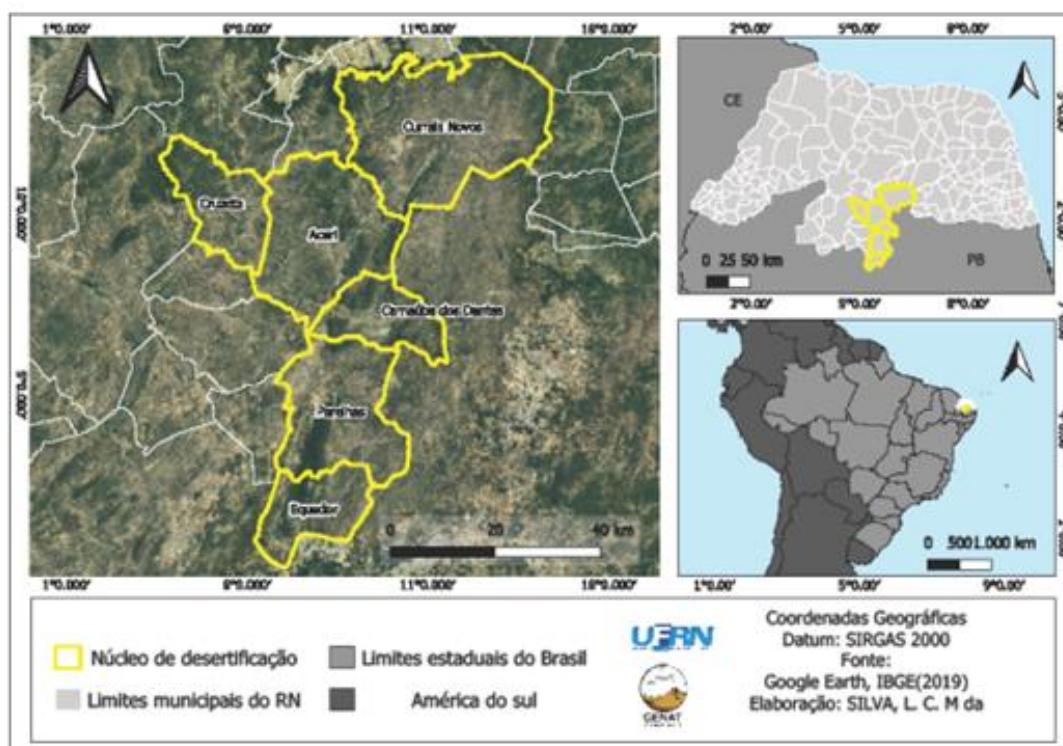
Essa abordagem do século XX se deu juntamente com a intensificação dos processos antrópicos sob o meio físico natural, o qual passa por alterações a partir das atividades desenvolvidas de forma indiscriminada pelos homens, como a exploração dos recursos naturais, seguindo-se de alterações no espaço geográfico e, consequentemente, impactos negativos à natureza e ao homem que faz o uso dela.

Com isso, temos a análise da fragilidade dos ambientes naturais aplicada ao planejamento do território de caráter ambiental, realizada por Ross (1992), baseada nos estudos de ecodinâmica de Tricart (1977).

Esses estudos estão associados ao conceito de ecossistema, onde se analisa as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica natural e os fluxos de energia/ matéria no ambiente. Portanto, não se trata somente de um conceito, mas de uma metodologia apoiada na dinâmica dos ecótopos, a qual Tricart denominou de Ecodinâmica.

As condições de semiaridez na área de estudo, a põe sob alerta frente à ocorrência de eventos naturais extremos, além da interferência antrópica, como elemento potencializador desses eventos. Diante desse quadro, a importância de analisar os impactos ambientais e o incremento das atividades antrópicas nessa região são de suma importância para a compreensão e delimitação das áreas de fragilidades ambientais. Nesse ínterim, a análise morfodinâmica, parte integrante da Teoria Ecodinâmica, consiste em uma excelente ferramenta teórico-metodológica e, por que não, operacional, que nos permite analisar a dinâmica desse ambiente e sua fragilidade. Diga-se de passagem, a própria análise da fragilidade ambiental proposta por Ross (1994) vem do tronco da referida teoria.

A área de estudo fica localizada no estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente na região do Seridó Potiguar, nos municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Cruzeta, Equador e Parelhas, totalizando uma área de 2.793,45 km² (Figura 1). Estes municípios fazem parte do Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar (NDSP).



De acordo com estudos realizados por Vasconcelos Sobrinho (apud PAN, 2005), este núcleo corresponde às áreas com presença de grandes manchas de solos expostos, isoladas ou agregadas que, mesmo durante e após o período de chuvas, permanece com dificuldades para a cobertura vegetal desenvolver-se, expondo, assim, seu grau de degradação.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar o atual estágio de degradação da paisagem no Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar (NDSP), através do uso do modelo de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) e Spörl e Ross (2004). A importância em diagnosticar as fragilidades ambientais nessa região, contribui para a definição de ações eficientes e diretrizes claras para um melhor planejamento e gestão do território.

Materiais e método

Inicialmente realizou-se a pesquisa sobre a área de estudo, a partir da consulta do Atlas de Áreas Susceptíveis à Desertificação, e do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN Brasil, que trazem informações e estudos realizados sobre o processo de desertificação no Brasil.

Para alcançar os objetivos propostos, foi indispensável o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre QGIS 3.16. Inicialmente foi feita a aquisição dos dados, tais como: dados vetoriais, malhas cartográficas e imagens de satélite, que, posteriormente, foram processadas no SIG (Sistema de Informações Geográficas).

O mapa de localização utilizou o recorte espacial da área de estudo, a partir da malha municipal que retrata a situação vigente da divisão político administrativa, através da representação vetorial das linhas definidoras das divisas estaduais e limites municipais disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), usou também imagem do Google Earth na ferramenta do QGIS.

Para a construção dos resultados, foram analisadas informações sobre o relevo, solo, uso e cobertura da terra e clima, no qual formaram um conjunto de componentes físicos e bióticos (cobertura vegetal) que foram analisados de forma integrada. Para isso, utilizou-se o sistema QGIS 3.16, onde foram processados todos os dados geoambientais, tais como: índice de dissecação do relevo, solos, uso e cobertura da terra e a média de precipitação.

Os critérios adotados foram norteados pela metodologia de Ross (1994), com adaptações presentes em Spörl e Ross (2004), a partir da proposta do Modelo de Fragilidade Potencial Natural com o apoio no índice de dissecação do relevo. A opção por esse modelo se deu pela busca de uma

maior correlação entre os aspectos de natureza geomorfológica, através do mapeamento geomorfológico, e o uso das terras.

Para isso, foi realizado o mapeamento de índice de dissecação do relevo, gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM, obtido a partir da plataforma TOPODATA (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com imagens de resolução espacial (horizontal) de 30 metros e altimétrica (vertical) de 10 metros. Na obtenção da dissecação, são consideradas duas variáveis, o grau de entalhamento dos vales e a dimensão Interfluvial média. Os cálculos foram realizados e classificados numa escala de muito fraco a muito forte, sugerida por Ross (1992), com adaptações propostas por Guimarães et al. (2017), conforme figura 2.



Figura 2: Proposta de classificação realizada por Ross (1992) e Guimarães et al (2017)
Fonte: Guimarães et al (2017).

Essa proposta alternativa na classificação dos valores de dissecação, se deu pelo fato de que na classificação de Ross (1992) há um menor número nas classes de baixa e muito baixa, em contrapartida, favorece as classes de alta e muito alta. Pois classes de muito baixa e baixa são compostas por um e três valores respectivamente, enquanto que a classe de muito alta é composta por nove valores (Figura 8) (GUIMARÃES; CORDEIRO; BUENO; CARVALHO; NERO, 2017).

A proposta de Guimarães et al. (2017) mostrou-se mais compatível com as características do relevo da área, pois foi detectada uma compatibilidade maior através da validação. Destarte, onde o relevo é mais aplainado, foram detectadas as classes de dissecação baixa. Enquanto nas unidades do planalto da Borborema e maciços interioranos, onde há alta densidade de drenagem e cursos d'água encaixam produzindo vales, foram reconhecidas as classes de dissecação alta e muito alta.

A partir desses critérios atotados, procedeu-se com a preparação do mapa de solos, através de dados no formato vetorial disponíveis na Plataforma GEOINFO (Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa), página responsável por armazenar e organizar uma estrutura de dados espaciais da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária). Com isso, foi feito o recorte das classes de solo de acordo a área de estudo, utilizando o dado vetorial referente aos limites entre os municípios NDSP, disponibilizados pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A terceira variável utilizada foi o mapa de uso da terra, gerado a partir das imagens do satélite Landsat 8/OLI, referente à órbita 215 dos pontos 64 e 65, datadas de 23 de agosto de 2020, com resolução espacial de 30 metros, disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Para a classificação do uso da terra, utilizou-se o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) como referência, com adaptações em função das características da área de estudo. A partir de então, foi estabelecida a seguinte classificação: cidades/vilas, atividade de mineração, indústrias, agropecuária, caatinga densa e aberta, corpos de águas e a classe de áreas descobertas (Figura 3).

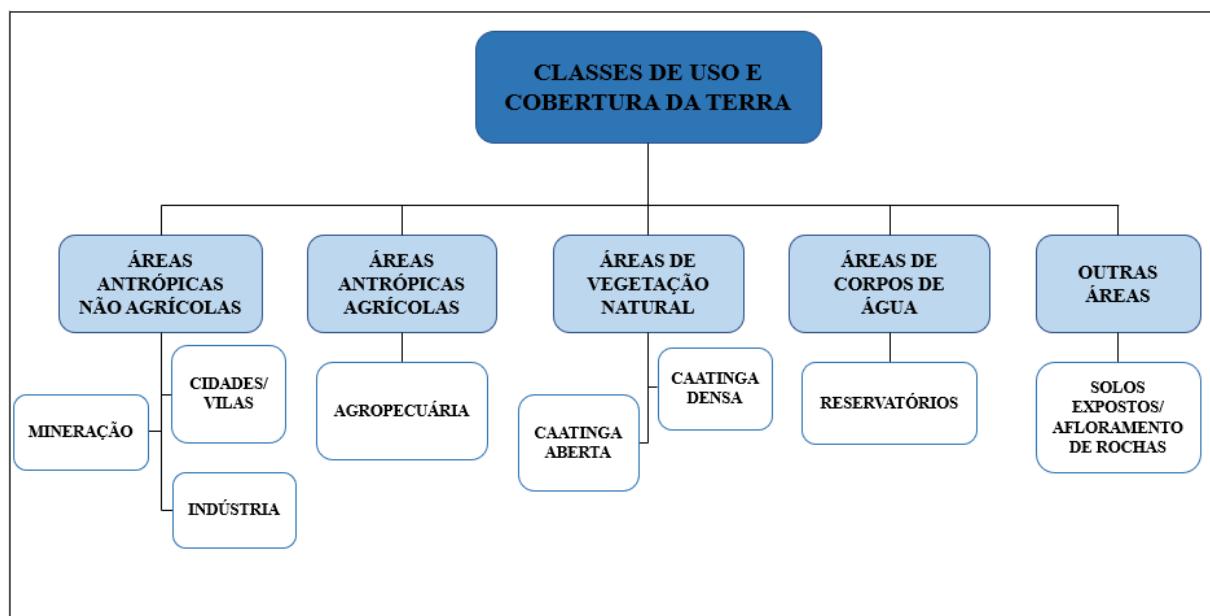


Figura 3: Fluxograma com as classes de uso e cobertura da terra usadas no mapeamento
Fonte: IBGE (2013) adaptado.

A quarta variável foi a precipitação, obtida através da interpolação da média histórica entre os anos de 1963 e 2006, cujos dados foram adquiridos da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte). As informações geradas foram transformadas em vetor, ao qual foram atribuídos os pesos de 1 a 5, de acordo com as características de cada variável quanto ao seu grau de fragilidade do ambiente ou de proteção. Por último, para obter a fragilidade ambiental, foi realizado o método de sobreposição através da ferramenta de interseção, gerando um mapa com os dados da fragilidade de cada variável e o agrupamento dessas classes, na qual indicará as classes de fragilidade muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Seguindo a metodologia de Ross (1994, p.70), para a produção do mapa de fragilidade ambiental, temos que:

A associação numérica representa um dígito para a intensidade de dissecação do relevo (de 1 a 5), outro para a suscetibilidade à erosão dos tipos de solos (de 1 a 5) do

menos suscetível ao mais suscetível, outro dígito para o grau de proteção aos solos pela vegetação (natural ou cultivada), também variando da mais protetora a menos protetora (1 a 5)"(ROSS, op. cit.)

Desse modo, está metodologia possibilita que todos esses elementos físicos tratados de forma integrada consigam possibilitar uma análise das diferentes categorias de fragilidade desses ambientes naturais. Para isso, foram atribuídos graus para cada elemento, de acordo com suas características frente à fragilidade potencial (Tabela 1).

Tabela 1: Peso das classes de fragilidade de cada variável geoambiental

Classe de índice de Dissecção do relevo	Peso	Fragilidade
Baixo (14,15,24,25,35)	2	Baixa
Médio (34)	3	Média
Alto (44)	4	Alta
Muito Alto (45,54,55)	5	Muito Alta
Classes de Solo	Peso	Fragilidade
Luvissolos Crônicos Orticos	4	Alta
Neossolos Litólicos Eutróficos	5	Muito Alta
Classe de Vegetação	Peso	Fragilidade
Caatinga densa	1	Muito Baixa
Caatinga aberta	2	Baixa
Agropecuária	4	Alta
Corpos de água	5	Muito Alta
Áreas descobertas	5	Muito Alta
Cidades	5	Muito Alta

Mineração	5	Muito Alta
Indústria	5	Muito Alta
Classes de Precipitação	Peso	Fragilidade
Média Anual		
412	1	Muito Baixa
492	2	Baixa
522	2	Baixa
591	3	Média
607	4	Alta
647	4	Alta

Fonte: Ross (1994) com adaptações.

A classificação da fragilidade foi realizada a partir do agrupamento dessas quatro variáveis, formulada nessa sequência, índice de dissecação do relevo, solo, uso e cobertura da terra e a média pluviométrica, que tratados de forma integradas permitem obter um diagnóstico das diferentes categorias da fragilidade ambiental.

Em seguida foi elaborado um quadro, mostrando as áreas de instabilidade potencias, conforme a proposta das unidades ecodinâmicas, na qual os ambientes são analisados a partir da seguinte sequência, uso e cobertura da terra, índice de dissecação do relvo, solos e precipitação (ROSS, 1994).

Resultados e discussão

Os resultados na área de estudo para a variável índice de dissecação do relevo apresentou quatro classes: fraca, moderada, forte e muito forte, com maior predomínio da classe fraca, que ocupa 60,72%, seguida da classe muito alta, com 31,4%, alta, com 5%, e apenas 2% da classe média (Figura 4). De forma geral, a detecção a partir desse método foi satisfatória, uma vez que as áreas de forte dissecação coincidiram com os pontos mais elevados e de maior rugosidade, onde os lineamentos estruturais marcam as zonas de cisalhamento. Do outro lado, as zonas de baixa dissecação coincidem com as extensas superfícies pedimentares, onde oplainamento regional obliterou as feições de dissecação do passado.

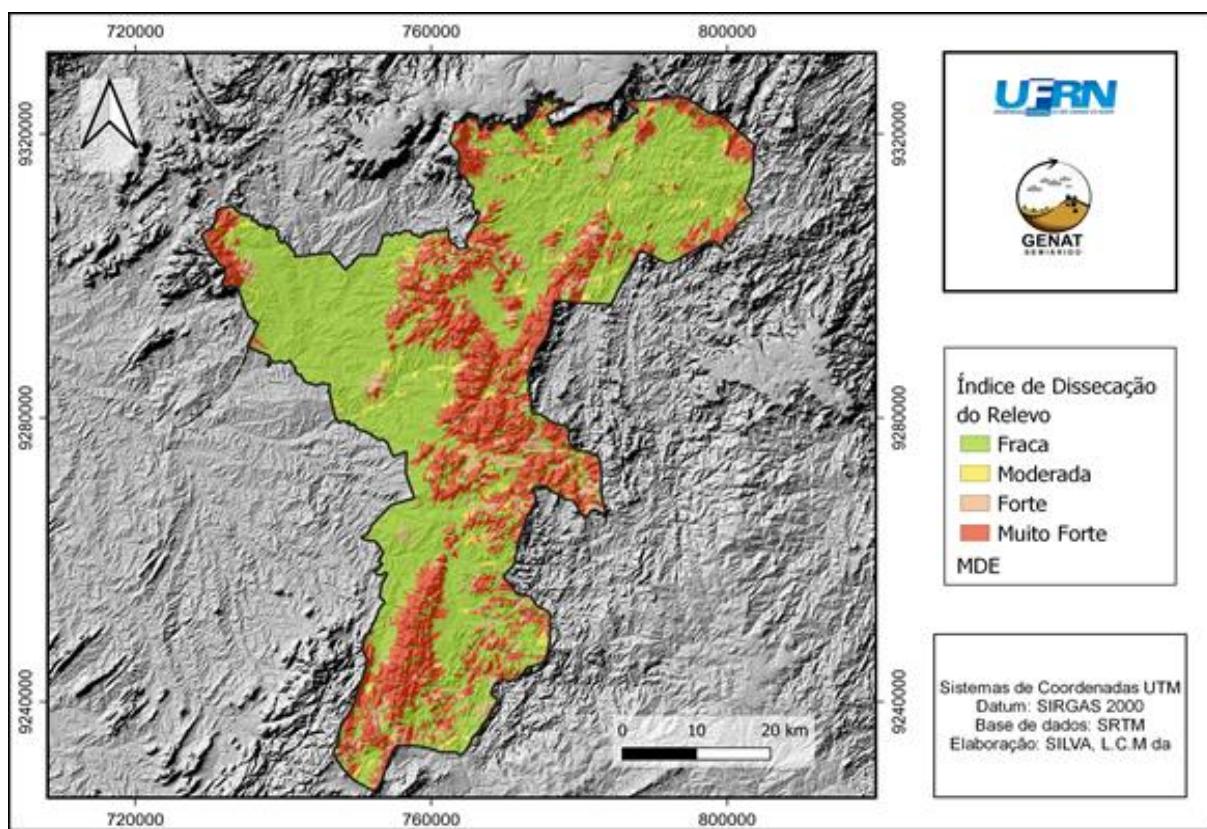


Figura 4: Mapa de índice de dissecação do relevo do Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar
Fonte: SRTM, organizado pelos autores.

No tocante aos tipos de solos, tem-se a ocorrência de Luvissolos Crônicos e os Neossolos Litólicos. Este último está presente na maior parte dos municípios, como em Currais Novos, Carnaúba dos Dantas, Equador e em parte dos municípios de Acari e Parelhas (Figura 5). Com isso se tem tipos de Neossolos rasos, Neossolos de cascalhos e Neossolos incipientes e pouco desenvolvidos, ou seja, com baixa estruturação que reflete em uma baixa porosidade, melhor dizendo rasos com pouca espessura. Essas características fazem com que os solos não consigam reter água, influenciando diretamente nos aspectos da vegetação.

No NDSP tem-se também os Luvissolos, com relação textural elevada, ou seja, quando se tem uma diferença de textura significativa entre o horizonte A e o horizonte B, na grande maioria das vezes o horizonte A são arenosos ou menos argiloso, devido essa característica são mais porosos e facilitam a filtração dessa água, enquanto que o horizonte B é mais argiloso e dificultada essa infiltração (SANTOS, et al, 2018), provocando a migração da água horizontalmente, em superfície ou em subsuperfície entre o contato desses horizontes, esse processo provoca erosão laminar.

Ambos possuem características semelhantes, como: pouca profundidade, baixa umidade e alta susceptibilidade à erosão, com predominância da erosão laminar, o que é típico dos solos do ambiente semiárido. Em geral, a classificação dos solos na área em análise foi identificada com de alta fragilidade, haja vista as características apresentadas.

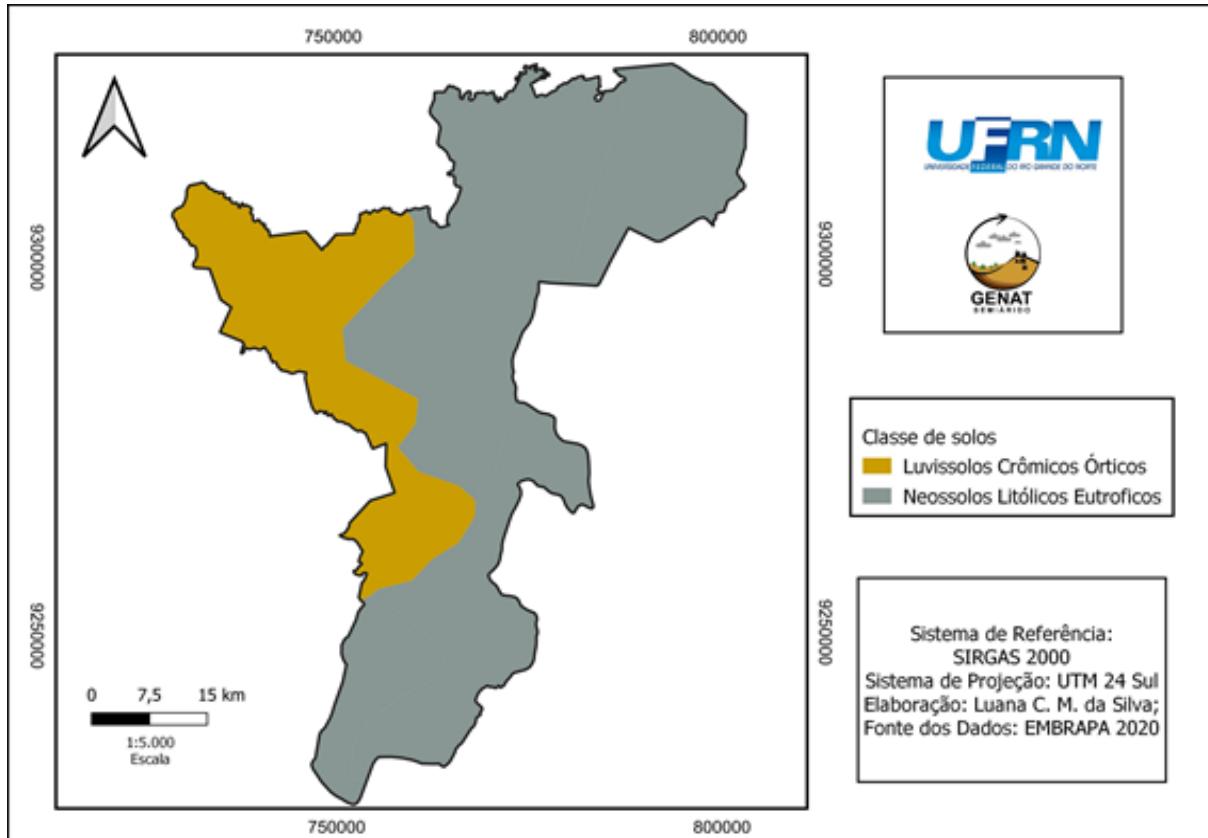
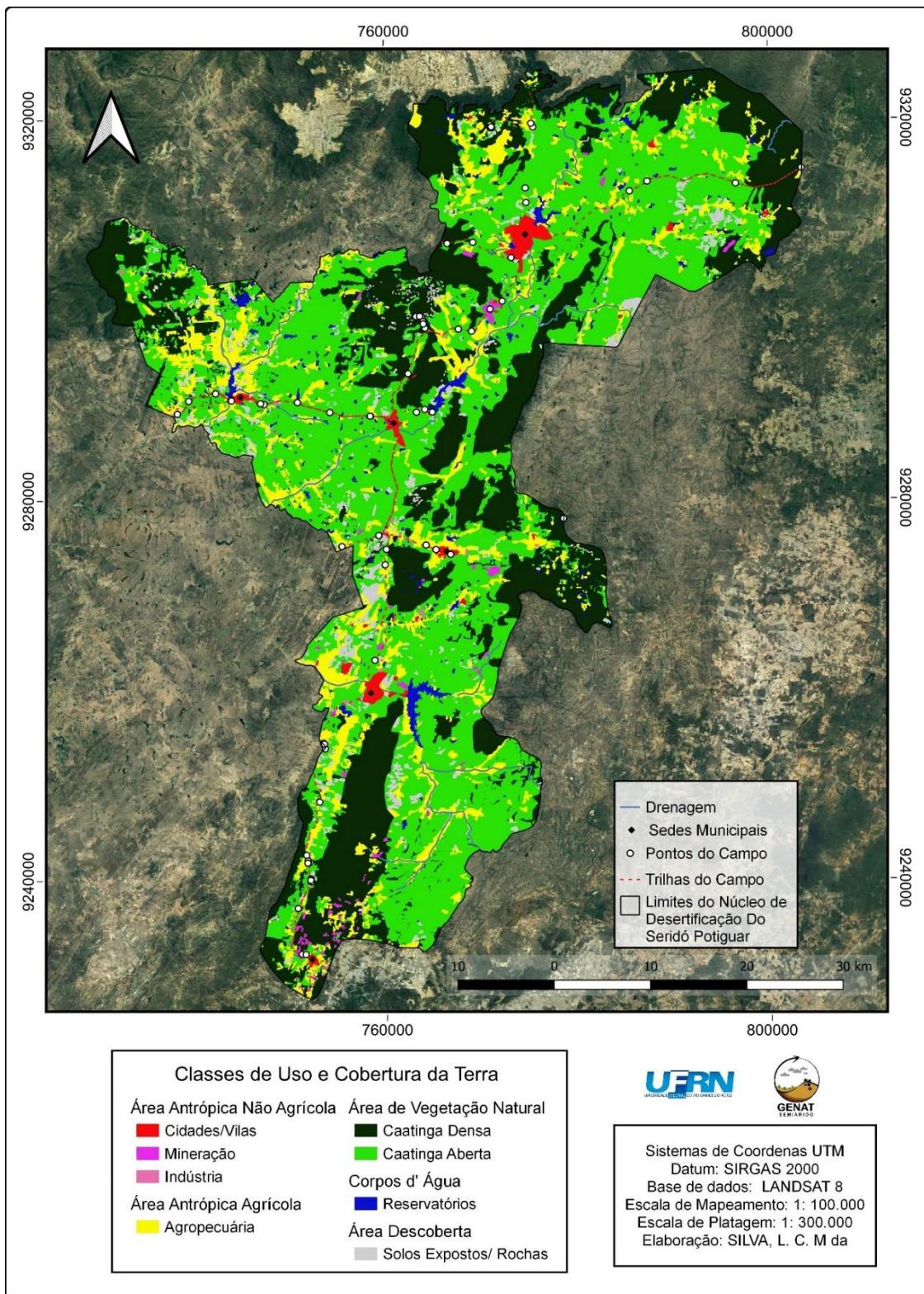


Figura 5: Mapa de solos do Núcleo de Desertificação do Seridó

Fonte: EMBRAPA (2020), organizado pelos autores.

Quanto ao uso e cobertura da terra, foi realizado o mapeamento, na qual estão divididas em oito classes, caatinga densa e aberta, corpos de água, áreas descobertas, agropecuária, cidades, mineração e indústria (Figura 6). A área tem 53% de caatinga aberta e 32% de caatinga densa, seguida de 9% de atividades agropecuárias e 2% de corpos d'água e 2% de áreas descobertas, as demais classes, como cidades mineração e industrias tem 1% e menos de um porcento, respectivamente. Esta variável indicará o grau de proteção dos solos pelo seu tipo de cobertura ou uso.



Por último, foi modelada a precipitação, com a média histórica entre os anos de 1963 e 2006, com variações de 412 e 647 ml (Figura 7). Os registros mostram que Equador é o município com menor precipitação, com 412 mm, e Cruzeta o maior, com 647 mm. Esta variável, combinada a outros fatores, tem fundamental importância para o desenvolvimento dos processos morfodinâmicos. A depender do seu volume e intensidade, pode acelerar os processos erosivos, principalmente quando são intensas e concentradas em poucos períodos.

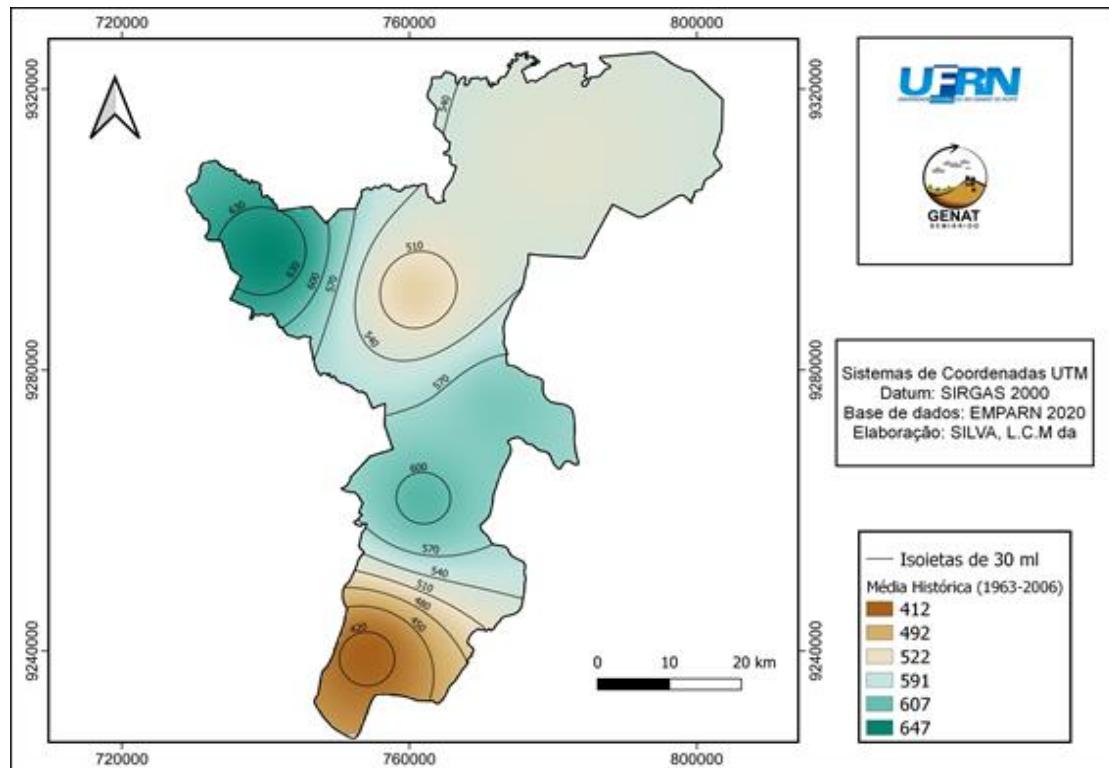


Figura 7: Mapa de precipitação da média histórica entre os anos de 1963 e 2006 do núcleo de desertificação do seridó potiguar.

Fonte: EMPARN (2020), organizado pelos autores.

A partir de então, foi possível identificar a fragilidade ambiental do NDSP, como mostra o mapa a seguir (Figura 8). Como resultado, a área de estudo apresentou uma área de 1.698 km² para a classe de fragilidade baixa, seguida da fragilidade muito alta (878,251 km²), depois a fragilidade alta (144,566 km²) e por um último a classe média (77,34 km²). Esse resultado deu-se principalmente pelo fator índice de dissecação do relevo, que é determinante na distribuição do grau de fragilidade. Isso explica a disparidade em alguns ambientes, por exemplo, o fato de grande parte do município de Cruzeta, a oeste, apresentar classificação de baixa fragilidade, e, bem próximo, a ocorrência de fragilidade alta e muito alta. Essas diferenças se dão pela variável relevo, onde a área é composta pela depressão do Rio Piranhas-Açu e por parte do Maciço da Formiga.

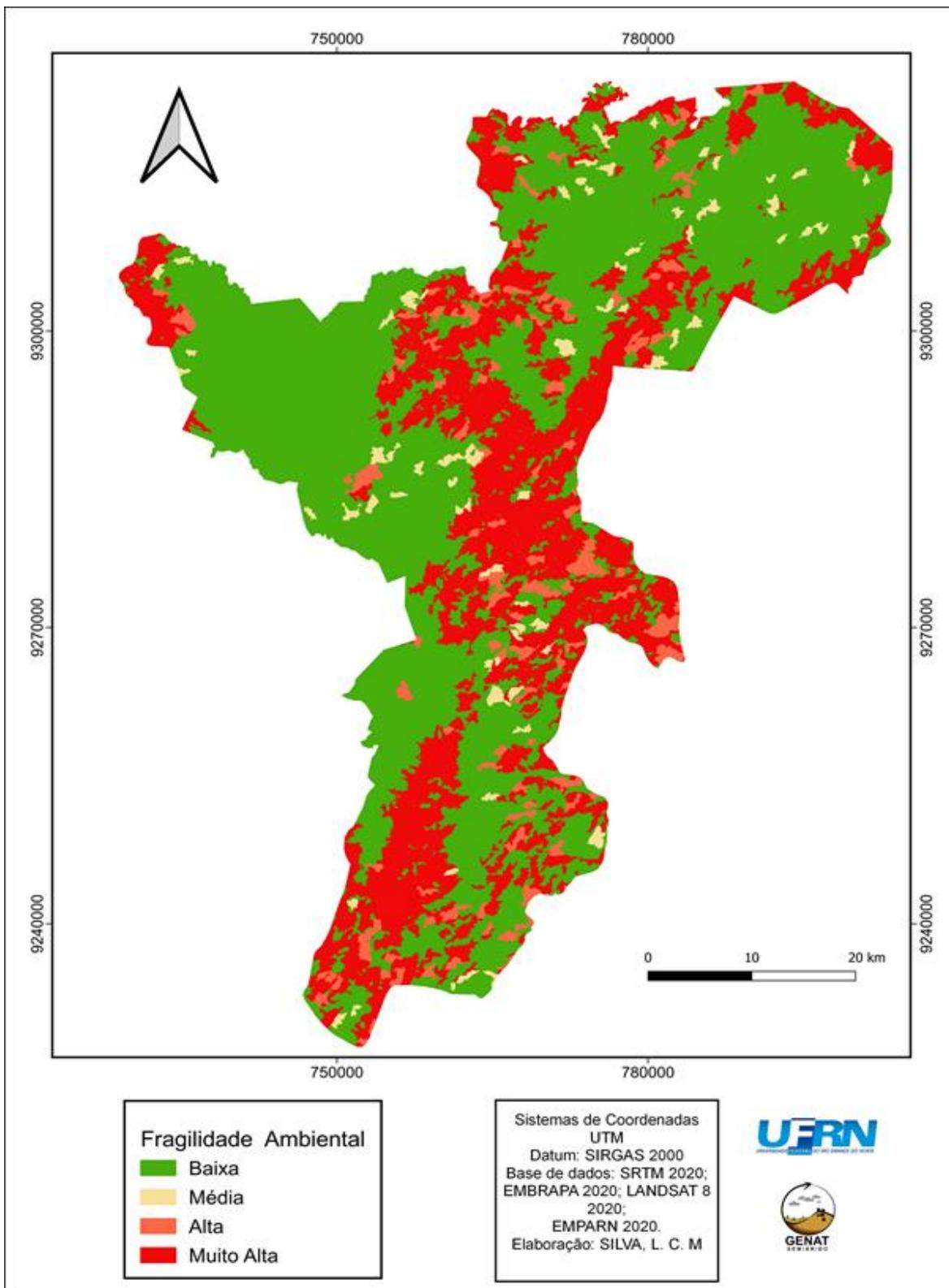


Figura 8: Mapa de fragilidade ambiental do núcleo de desertificação do seridó potiguar
Fonte: Organizado pelos autores.

A classe de maior predominância foi a que indica fragilidade baixa, com 1.698 km², presentes nos ambientes de menor dissecação do relevo, nas porções de baixa declividade, inserida

na depressão sertaneja, representada pela combinação dos seguintes índices: 2412, 2413, 2414, 2422, 2423, 2424, 2442, 2443, 2444, 2452, 2453, 2454, 2511, 2512, 2514, 2521, 2522, 2523, 2524, 2541, 2542, 2543, 2544, 2551, 2552, 2553, 2554. Percebe-se, portanto, que a baixa fragilidade, estão localizados nas áreas de dissecação fraca indicada pelo primeiro dígito (2), havendo, praticamente, uma relação direta entre ambas.

Já a classe de fragilidade média, a menor classe identificada, ocupa uma porção de 77,34 km², representada pelas encostas com cobertura coluvial. Essa classe é composta pelas seguintes combinações: 3412, 3414, 3422, 3424, 3442, 3444, 3452, 3454, 3511, 3512, 3513, 3514, 3521, 3522, 3523, 3524, 3541, 3542, 3543, 3544, 3551, 3552, 3553, 3554.

A classe de fragilidade alta está inserida próxima às áreas elevadas, com uma extensão de 144,566 km², composta pelos seguintes índices: 4412, 4414, 4422, 4424, 4442, 4444, 4452, 4454, 4511, 4512, 4513, 4514, 4521, 4522, 4523, 4524, 4541, 4542, 4543, 4544, 4551, 4552, 4553, 4554. Pode-se observar a representação desta classe, situada nos maciços residuais do Planalto da Borborema.

Por último, a classe de fragilidade muito forte está presente nas áreas de maiores altimetrias, como na porção do Planalto Seridó, a oeste no município de Cruzeta no Maciço da Formiga, bem como, na parte mais central, dos granitoides entre Acari e Currais Novos. Essa classe ocupa 878,251 km² da área de estudo, representada pelos índices: 5412, 5413, 5414, 5422, 5423, 5424, 5442, 5443, 5444, 5452, 5453, 5454, 5511, 5512, 5513, 5514, 5521, 5522, 5523, 5524, 5541, 5542, 5543, 5544, 5551, 5552, 5553, 5554.

No entanto, é importante ressaltar que nem sempre a variação do elemento geomorfológico será o principal fator de intensificação do processo erosivo. As diferenças de resistência dos materiais como os solos, rocha e, principalmente, da cobertura vegetal, são importantes na estabilidade desse ambiente, e devem ser levados em consideração.

A análise da fragilidade desses ambientes também foi estabelecida a partir do conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977) com adaptações de Ross (1990 e 1994), onde foram inseridos novos critérios. Em suma, foram identificadas as áreas de Instabilidade Potencial (estável) e Instabilidade Emergente (instáveis), indicando os graus de fragilidade, conforme o quadro 1. No quadro a sequência está distribuída da seguinte maneira, o primeiro algarismo refere-se ao grau de fragilidade referente a dissecação do relevo, o segundo ao tipo de solo, o terceiro algarismo ao grau de proteção de acordo com o uso e cobertura da terra, e o último refere-se as características pluviométricas.

Quadro 1: Índices de fragilidade ambiental do Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar

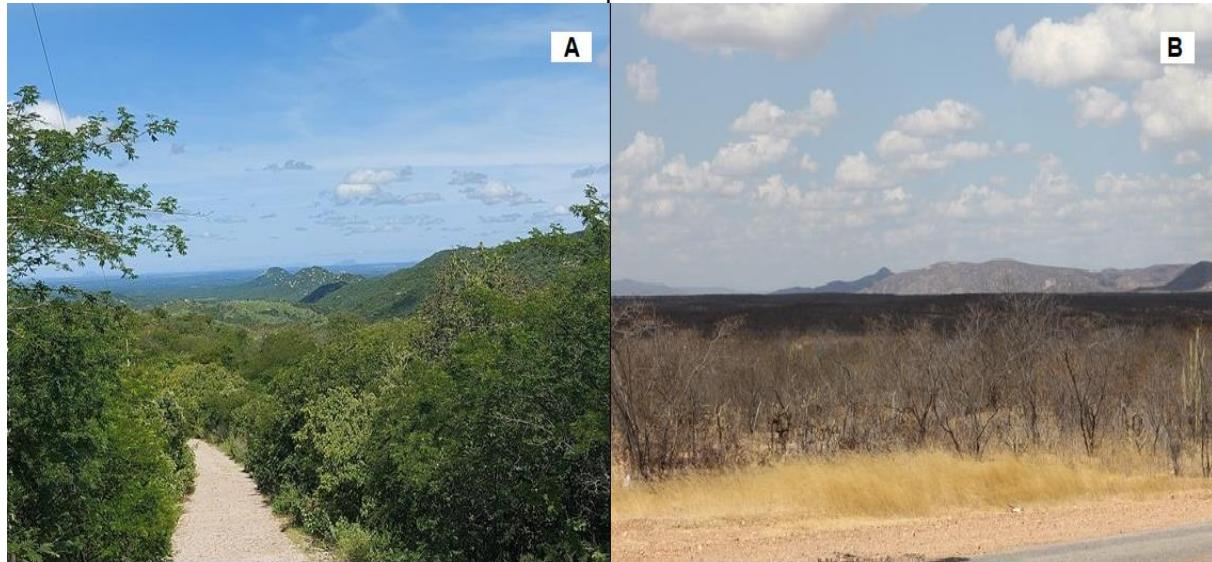
Índices de Fragilidade Ambiental						
Áreas de Instabilidade	Grau de Fragilidade	Simbologia	Ocorrências na Área de Estudo	Grau de Fragilidade	Simbologia	Ocorrências na Área de Estudo
Instabilidade Potencial	Baixa		2412; 2413; 2414; 2422; 2423; 2424; 2511; 2512; 2514; 2521; 2522; 2523.	Alta		4412;4414; 4422;4424; 4511;4512; 4513;4514; 4521;4522; 4523; 4524.
	Média		3412; 3414; 3422; 3424; 3511; 3512; 3513; 3514; 3521; 3522; 3523; 3524.	Muito Alta		5412; 5413; 5414; 5422; 5423; 5424; 5511; 5512; 5513; 5514; 5521; 5523; 5524.
Instabilidade Emergente	Baixa		2442; 2443; 2444; 2452; 2453; 2454; 2524; 2541; 2542; 2543; 2544; 2551; 2552; 2553; 2554.	Alta		4442; 4444; 4452; 4454; 4541; 4542; 4543; 4544; 4551; 4552; 4553; 4554.
	Média		3442; 3444; 3452; 3454; 3541; 3542; 3543; 3544; 3551; 3552; 3553; 3554.	Muito Alta		5442; 5443; 5444;5452; 5453; 5454; 5522; 5541; 5542; 5543; 5544; 5551; 5552; 5553; 5554.

Fonte: Sporl e Ross (2004) adaptado.

Logo, esses índices ajudam a identificar as áreas com diferentes graus de instabilidade, dentre elas, aquelas que permanecem ao estado de equilíbrio dinâmico (instabilidade potencial), as quais ainda não foram incorporadas aos espaços produtivos da sociedade, como os ambientes de caatinga densa, representado pelo índice 5512: dissecação muito forte, Neossolos Litólico e precipitação de 492 mm (Imagen 1A).

Outra classe de unidade ecodinâmica de instabilidade Potencial baixa é o índice 2424, com dissecação fraca, Luvissolos crônicos, presença de caatinga aberta e precipitação irregulares de 7 a 8 meses cedo com chuvas 647 mm (Imagen 1B).

Imagen 1: A) Área de caatinga densa na Serra da Lagoa Seca em Acari; B) Área de caatinga aberta no município de Cruzeta



Fonte: Autores (2022^a); (2021B).

Já as áreas que tiveram seu equilíbrio alterado e, consequentemente, apresentam-se como áreas de risco e de desequilíbrio morfodinâmico, são identificadas pelos seguintes índices: fragilidade alta (2541) com fraca dissecação, Neossolos Litólicos, área agropecuária no município de Equador e precipitação baixa 412 mm, com três a quatro meses chuvosos (Imagen 2).

Imagen 2: Área de agropecuária no município de Equador



Fonte: Autores (2021).

Outro ambiente analisado como unidade de instabilidade emergente é a combinação 2552 e 5552 presentes na mesma área de mineração no município de Currais Novos, no mesmo espaço tem-se uma dissecação fraca e muito forte, Neossolos Litólicos e precipitações 522 mm.

As áreas de maior instabilidade emergente, estão situadas nos ambientes de menor dissecação do relevo, por se tratar de espaços de maior acessibilidade devido, as características geomorfológicas, no qual o homem se apropriou e alterou sua dinâmica natural, através de diversas práticas sem nenhum tipo de manejo adequado.

No NDSP, tem-se como práticas as seguintes atividades: desmatamento, que tem diversas finalidades, como produção de carvão, combustível para fornos de olarias e padarias, construção de cercas de currais, e áreas de pastagem para a pecuária, culturas de milho e feijão, além das queimadas para limpezas do solo e desmatamento nas áreas de mineração.

A retirada da cobertura vegetal para essas práticas, compromete a biodiversidade e ciclo da água, pois reduz a infiltração e o armazenamento, além da liberação do gás carbônico para atmosfera e aumento da velocidade da erosão, causando a compactação e degradação do solo (FAO, 2006). A propósito, os solos são recursos frágeis, quando se leva em consideração as características climáticas da área, que, por sua vez, influenciam na formação dos solos e na recuperação da cobertura vegetal.

A título de exemplo, os ambientes de instabilidade potencial têm como característica principal a presença de cobertura vegetal. Logo, áreas como parte do Maciço da Formiga em Cruzeta, os Maciços em Acari, Planalto de Santana em Currais Novos, os Maciços em Carnaúba dos Dantas e o Planalto Seridó em Parelhas e Equador, vão ser consideradas áreas estáveis, pôr o tipo de cobertura apresentar maior proteção ao solo.

Destarte, essas áreas são de baixa instabilidade potencial, por apresentar cobertura vegetal devido à ausência da intervenção humana, principalmente por ser locais de difícil acesso onde o homem não consegue desenvolver suas culturas. Mesmo que sejam locais com solos e relevo desfavoráveis, os processos vão acontecer de forma natural, sem que haja alteração em seu equilíbrio dinâmico.

Conclusão

O NDSP, do ponto de vista da sua fragilidade ambiental, exibe, em sua maior parte, uma fragilidade baixa (cerca de 60%). Isso se dá, provavelmente, devido ao fato de a área de estudo apresentar predominância de um índice de dissecação do relevo fraco, havendo praticamente uma relação direta entre ambos os índices. Também há uma relação direta entre esses fatores e a declividade da área, que varia de plana a ondulada (0 a 13%).

Com isso, as fragilidades do tipo alta e muito alta, compõem 36,58 % da área estudada. Esses ambientes encontram-se localizados em áreas caracterizados por fortes declividades, de escarpada a fortemente escarpada. Logo, a fragilidade comandada pelo fator relevo se mostrou bastante clara. Já a variável cobertura vegetal ajudou a identificar as áreas nas quais há um forte desequilíbrio gerado por ações sociais, logo os ambientes de alta instabilidade emergente (instáveis) estão situados principalmente nas áreas onde foram mapeados esses tipos de usos da terra, como a agropecuária e mineração.

Contudo, considera-se importante ressaltar que nem sempre a variação da dissecação do relevo será o fator principal de intensificação do processo erosivo. As diferenças de resistência dos materiais como os solos, rocha e, principalmente, da cobertura vegetal, são importantes na estabilidade desse ambiente. A esse respeito, foi identificado no mapeamento de uso e cobertura da terra que as áreas de vegetação mais densa estão presentes nas porções mais elevadas, em alguns casos, com declividade acentuada. Nesse caso, a cobertura vegetal protege o solo do impacto das chuvas e ventos.

Portanto, o conjunto dos processos encontrados na área de estudo comprova que os fenômenos estão ocorrendo de forma sistêmica, onde a prática da pecuária, da mineração e a retirada de lenha para a indústria cerâmica, desencadeia a diminuição da vegetação, que expõe o solo e, por sua vez, intensifica o processo erosivo através da erosão por salpicamento, o que eleva substancialmente nível de degradação que já se faz presente da área.

Levando em conta o aspecto da vegetação caatinga aberta, que constitui 53% da área, há a possibilidade de defini-la como meios intergrades ou áreas de transição, sendo identificado, em alguns casos, uma passagem para ambientes estáveis e, em outras situações, uma tendência para ambientes fortemente instáveis. É mister afirmar que se torna difícil definir esse tipo de ambiente, onde costumeiramente há um balanço nulo entre morfogênese e pedogênese. E, também é importante lembrar, que o postulado de Tricart (1977) tem um caráter mais teórico-metodológico do que necessariamente prático. Por isso, adotou-se nesse estudo a proposta de Ross (1990), que apresenta uma evolução do ponto de vista prático.

Por fim, o procedimento técnico-operacional adotado aqui, estabelece que a variável natural relevo comanda a fragilidade, seguida por variáveis de cunho histórico-social, a exemplo do uso da terra. Isto é, ambientes naturalmente frágeis em virtude da declividade e dissecação, tornam-se potenciais áreas de desertificação frente às mudanças históricas do uso e ocupação, comandada pelas ações econômicas em toda sua complexidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio grande do Norte – FAPERN, pela concessão de bolsa de estudos para realização do mestrado em geografia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Programa de Pós-graduação do Ceres Caicó-RN, na qual está pesquisa faz parte.

Referências

CORRÊA, A.C.B. Morfodinâmica e sensitividade ambiental semi-áridos brasileiros: um enfoque a partir das relações solo x paisagem. **Belém do São Francisco: Portal do São Francisco (CEVASF)**, v. 5, p. 51-65, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. **Infraestrutura de Dados Espaciais da EMBRAPA -GEOINFO**. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrazil_solos_5m_20201104. Acesso em: 21 abr. 2021.

EMPARN – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Média anual**. Disponível em: <https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/inicio>. Acesso em: 18 out.2020.

Equipe de Desenvolvimento QGIS (2020). **Sistema de Informações Geográficas QGIS**. Versão 3.16 2020. Projeto da Fundação Geoespacial de Código Aberto. Disponível em: [Http://qgis.osgeo.org](http://qgis.osgeo.org). Acesso em: 13 nov. 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Yearbook of Fishery Statistics**. Summary table.2006. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>. Acesso em: 10 ago. 2022.

GOOGLE EARTH, 2021. **Google Earth Pro**.

GUIMARÃES, F. S; CORDEIRO, C. M; BUENO, G. T; CARVALHO, V. L. M; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.18, n.1, 2017.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 9 out. 2020.

INPE — INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas de Áreas Susceptível a Desertificação do Brasil.** Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em:
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5120>. Acesso em: 7 jun. 2020.

PAN/BRASIL - Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca. Brasília: Ministério do Meio Ambiente -MMA, 2005. Disponível em:
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/12161>. Acesso em: 5 jun. 2020.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. ed. 1. São Paulo: CONTEXTO, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia – FELCHUSP**, São Paulo, n.6, p. 17-30, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia – FELCHUSP**, São Paulo, n.8, 1994.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARÚUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SPORL, C; ROSS, J. L.S. Análise comparativa de fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP, Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, 2004. Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123868>. Acesso em: 15 ago. 2020.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977. Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=29679&view=detalhes>. Acesso: 10 jul. 2020.

USGS. United States Geological Survey. **EarthExplorer.** Disponível em:
<http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 26 set. 2020.