

VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO COMO INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, RN, BRASIL

VULNERABILIDAD NATURAL A LA EROSIÓN COMO INDICADOR DE SUSCEPTIBILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO APODI-MOSSORÓ, RN, BRASIL

SÉRGIO DOMICIANO GOMES DE SOUZA¹

¹Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPgGEO) da Universidade Federal do Ceará (UFC) Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: sergiogsouza97@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5715-177X>

ANNY CATARINA NOBRE DE SOUZA²

²Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGe) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: profnobreannycat@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4943-514X>

MARIA LOSÂNGELA MARTINS DE SOUSA³

³Professora Doutora do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: mariasousa@uern.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3798-283X>

FLÁVIO RODRIGUES DO NASCIMENTO⁴

⁴Professor Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil

E-mail: flaviogeo@ufc.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7382-6853>

RESUMO

O estudo do meio físico busca compreender a ordem natural de seus componentes, por diferentes perspectivas. A de abordagem integrada, se dedica a compreender a interface sociedade e a natureza, e as consequências dessa relação. Entre essas consequências, existe a desertificação, entendida como uma degradação ambiental avançada que reduz as potencialidades da terra por limitações dos recursos naturais e pela pressão humana, de ocorrência em áreas de clima árido, semiárido e subúmido seco. Por isso diversos fatores contribuem para o processo, entre eles a erosão, problema também sistêmico, que destrói o solo. Baseado nisso, este trabalho objetiva analisar como a metodologia da vulnerabilidade natural à perda de solo, de Crepani *et al.* (2001), pode servir de indicador de suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro, tendo como área territorial de experimento a bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró. É um trabalho de natureza quali-quantitativa com variáveis da natureza física. Constatou-se que a metodologia é válida, uma vez que se deu considerando os aspectos inerentes à erosão e ao fenômeno da desertificação. Verificou-se que os índices de suscetibilidade na bacia variaram entre moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável.

Palavras-Chave: Erosão; Geoambiental; Degradação ambiental; Semiárido; Rio Apodi-Mossoró.

RESUMEN

El estudio del medio físico busca comprender el orden natural de sus componentes, desde diferentes perspectivas. El enfoque integrado está dedicado a comprender la interfaz entre sociedad y naturaleza, y las consecuencias de esta relación. Entre estas consecuencias se encuentra la desertificación, entendida como una degradación ambiental avanzada que reduce el potencial del suelo debido a las limitaciones de los recursos naturales y la presión humana, ocurriendo en zonas con climas áridos, semiáridos y subhúmedos secos. Por tanto, varios factores contribuyen al proceso, entre ellos la erosión, también un problema sistémico, que destruye el suelo. Con base en esto, este trabajo tiene como objetivo analizar cómo la metodología de vulnerabilidad natural a la pérdida de suelo, de Crepani *et al.* (2001), puede servir como indicador de susceptibilidad a la desertificación en la región semiárida brasileña, teniendo como área territorial experimental la cuenca del río Apodi-Mossoró. Es un trabajo de carácter cualitativo y cuantitativo con variables de carácter físico. Se encontró que la metodología es válida, ya que consideró aspectos inherentes a la erosión y al fenómeno de la desertificación. Se encontró que los índices de susceptibilidad en la cuenca variaron entre moderadamente estable, moderadamente estable/vulnerable y moderadamente vulnerable.

Palabras Clave: Erosión; geoambiental; Degradação ambiental; Semi árido; Río Apodi-Mossoró.

INTRODUÇÃO

Os estudos do meio físico buscam compreender o funcionamento da ordem natural dos objetos da natureza. Esses estudos se voltam por excelência a dois vieses: a descrição setorial de cada segmento da formação da paisagem - rochas, relevo, clima, água, solos e vegetação - e análise integrada desses elementos em consonância ao arranjo social da ação humana.

Por sua vez, a combinação desses estudos contribui no diagnóstico e prognose dos problemas ambientais (SANTOS, 2004) que afetam a harmonia da natureza e a sobrevivência humana no planeta Terra. Um dos problemas socioambientais mais preocupantes da esfera global é a degradação das terras secas, que compromete um 1/3 da superfície terrestre atingindo 1/6 da população mundial (MATALLO JUNIOR, 2001).

Essa degradação recebe a denominação de desertificação e corresponde à deterioração dos recursos naturais, sobretudo à exaustão dos solos e cobertura vegetal, levando a improdutividade das terras. Entretanto, conceitualmente, esse fenômeno apresenta natureza híbrida, pois acontece por excelência em ecozonas de clima árido, semiárido e subúmido seco, mas a sua ocorrência está submetida ao agravamento pelas ações humanas nestes ambientes (BRASIL, 2004; NASCIMENTO, 2023).

No Brasil, a sua ocorrência é marcadamente no Semiárido do país, sob zoneamento das Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD's). Pela influência do clima semiárido, essas áreas chegam a abranger cerca de 15,72% do território, onde vivem 31 milhões de habitantes, e já registra a ocorrência do processo em estado avançado em 7 territórios enquanto núcleos de desertificação (BRASIL, 2004; 2022).

Além disso, no Semiárido brasileiro, registra-se dispersas em seu interior, 70.769,46 km² de áreas fortemente degradadas, caracterizadas pela ausência e escassez de vegetação sem utilização pela produção, estando a maior parte respectivamente concentradas nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba (CGEE, 2016).

Assim, dada as repercussões da problemática, tanto no seio da devastação da paisagem como nas implicações à vida humana, muitos são os trabalhos a nível de pesquisa aplicada que se voltam a investigar a desertificação por meio da formulação de indicadores, enquanto instrumentos que sistematizam os níveis de degradação do ambiente (SOUZA; SOUZA; SOUSA, 2023). Baseado nisso, este trabalho objetiva analisar como a metodologia da vulnerabilidade natural à perda de solo de Crepani *et. al* (2001), pode servir de indicador de suscetibilidade à desertificação no semiárido brasileiro, tendo como área territorial de experimento, a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

Para tanto, o arcabouço teórico-metodológico da proposta por Crepani *et. al* (2021) é a Ecodinâmica de Tricart (1997) em que se avalia a morfodinâmica da paisagem pela reunião de sete variáveis geoambientais e denunciam o grau de estabilidade desta. Neste caso, aplicamos como referência para avaliação da erosão dos solos e indicativo à desertificação da área investigada.

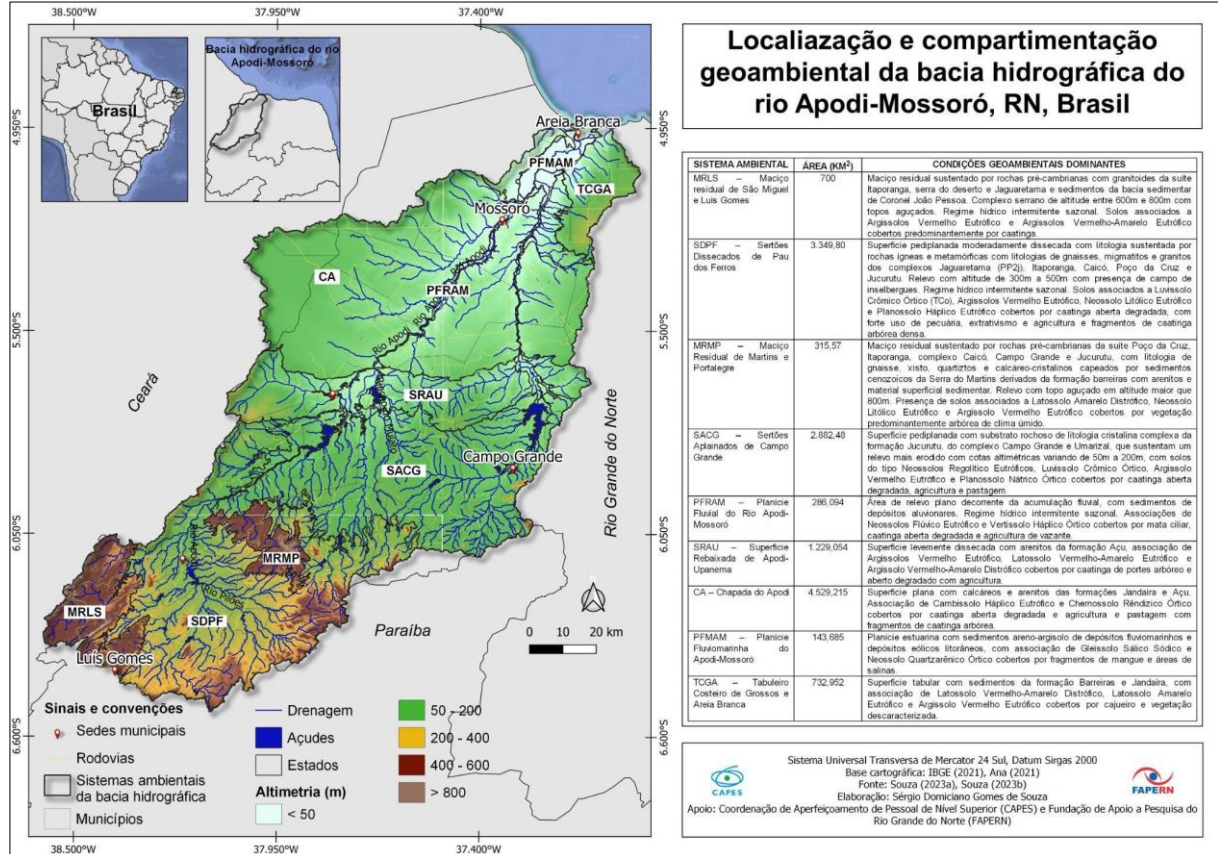
Desse modo, o artigo encontra-se organizado em quatro seções principais. A contar desta introdução, subdividida com caracterização da área de estudo, onde apresenta-se a base física de aplicação do indicador. Seguido da metodologia, onde se apresenta os procedimentos metodológicos adotados para adaptação da vulnerabilidade à erosão como indicador de desertificação. Os resultados e discussão, em consonância ao objetivo do trabalho com cenário avaliado na bacia do rio Apodi-Mossoró. E por fim, as considerações finais.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró está localizada na região Oeste do estado do Rio Grande do Norte (RN) (Figura 1). Abrange uma área de 14.276 km² (ANA, 2021),

compartilhando pequenas porções territoriais dos estados da Paraíba - onde nasce o curso principal do rio - e do Ceará, mas com predominância territorial no RN (IBGE, 2021).

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil.



Fonte: IBGE 2021, ANA 2021, SOUZA, 2023^a, SOUZA^b. Adaptação dos autores (2023).

Nesse sentido, a área de abrangência da bacia hidrográfica, enquanto unidade natural, abrange 70 municípios, inseridos total ou parcialmente (IBGE, 2021) sendo que no RN a bacia corresponde a 26,8% do território estadual com 52 municípios (IGARN, 2018). O rio principal que leva seu nome, Apodi-Mossoró, tem uma extensão de 210 km, nasce na região serrana de Luís Gomes e se estende até sua desembocadura no litoral norte do estado entre os municípios de Grossos e Areia Branca (CARVALHO, 2021).

Configura-se como uma bacia hidrográfica exorreica, com padrão de drenagem dendrítica, influenciada predominantemente pelo clima semiárido com regime hídrico intermitente sazonal (CARVALHO, 2021). Estruturalmente, seus terrenos se dividem em dois domínios geológicos: cristalino na porção centro sul e sedimentar na porção centro norte, que por suas naturezas conferem traços singulares ao território da bacia, no que diz respeito ao quadro natural e a organização social.

Em virtude do arranjo sistêmico de seus componentes naturais e humanos e da função que desempenham na paisagem, a bacia é compartimentada em nove sistemas ambientais, conforme delimitado por Souza (2023a) e Souza (2023b): Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes (MRLS), Sertões Dissecados de Pau dos Ferros (SDPF), Maciço Residual de Martins e Portalegre (MRMP), Sertões Aplainados de Campo Grande (SACG), Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró (PLRAM), Superfície Rebaixada de Apodi e Upanema (SRAU),

Chapada do Apodi (CA), Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca (TCGA) e Planície Fluviomarina do Apodi-Mossoró (PFMAM).

Figura 2: Cenários paisagísticos dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.



Fonte: Arquivo de campo (2021; 2022; 2023).

O MRSL é sustentado por rochas pré-cambrianas com granitoides da Suíte Itaporanga, Serra do Deserto e Jaguaretama e sedimentos da bacia sedimentar de Coronel João Pessoa. É um complexo serrano de altitude entre 600 m e 800 m com topos aguçados, regime hídrico intermitente sazonal, solos associados a Argissolos Vermelho Eutrófico e Argissolos Vermelho-Amarelo Eutrófico cobertos predominantemente por caatinga.

O SDPF é uma superfície pediplanada moderadamente dissecada sustentada por rochas ígneas e metamórficas com litologias de gnaisses, migmatitos e granitos dos complexos Jaguaretama, Itaporanga, Caicó, Poço da Cruz e Jucurutu. Relevo com altitude de 300 m a 500 m com presença de campo de inselbergues, em regime hídrico intermitente sazonal, solos associados a Luvissoles Crômico Órtico, Argissolos Vermelho Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e Planossolo Háptico Eutrófico cobertos por caatinga aberta degradada, com forte uso de pecuária, extrativismo, agricultura e fragmentos de caatinga arbórea densa.

O MRMP é sustentado por rochas pré-cambrianas da Suíte Poço da Cruz, Itaporanga, Complexo Caicó, Campo Grande e Jucurutu, com litologia de gnaisses, xisto, quartzitos e calcáreo-cristalinos capeados por sedimentos cenozoicos da Serra do Martins derivados da Formação Barreiras com arenitos e material superficial sedimentar. Possui relevo com topo aguçado em altitude maior que 800 m, com Latossolo Amarelo Distrófico, Neossolo Litólico

Eutrófico e Argissolo Vermelho Eutrófico cobertos por vegetação predominantemente arbórea de clima úmido.

A SACG constitui-se de substrato rochoso cristalino com complexa litologia da Formação Jucurutu, do Complexo Campo Grande e Umarizal, que sustentam um relevo mais erodido com cotas altimétricas variando de 50m a 200m, com solos do tipo Neossolos Regolítico Eutróficos, Luvisso Crômico Órtico, Argissolo Vermelho Eutrófico e Planossolo Nátrico Órtico cobertos por caatinga aberta degradada, agricultura e pastagem.

A PFRAM possui relevo plano decorrente da acumulação fluvial, com sedimentos de depósitos aluvionares em regime hídrico intermitente sazonal com associações de Neossolos Flúvico Eutrófico e Vertissolo Háplico Órtico cobertos por mata ciliar, caatinga aberta degradada e agricultura de vazante.

A SRAU é levemente dissecada com arenitos da Formação Açú, associação de Argissolos Vermelho Eutrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico cobertos por caatinga de portes arbóreo e aberto degradado com agricultura.

A CA é uma superfície plana com calcários e arenitos das Formações Jandaíra e Açú com associação de Cambissolo Háplico Eutrófico e Chernossolo Rêndizico Órtico cobertos por caatinga aberta degradada e agricultura e pastagem com fragmentos de caatinga arbórea densa.

O TGAB é uma superfície tabular com sedimentos das Formações Barreiras e Jandaíra, com associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Amarelo Eutrófico e Argissolo Vermelho Eutrófico cobertos por cajueiro e vegetação descaracterizada. A PFAM é um estuário com sedimentos areno-argiloso de depósitos fluviomarinhas e depósitos eólicos litorâneos, com associação de Gleissolo Sáfico Sódico e Neossolo Quartzarênico Órtico cobertos por fragmentos de mangue e áreas de salinas.

METODOLOGIA

A pesquisa deste trabalho é classificada como de natureza aplicada, explicativa pelos objetivos adotados e quanti-qualitativa pela abordagem do problema (PRODANOV; FREITAS, 2013). Seguindo os procedimentos executados, é um estudo do tipo bibliográfico, documental, de levantamento e de campo.

Concernente a metodologia para alcance do objetivo deste trabalho, é estruturada em duas partes complementares: 1) análise da vulnerabilidade natural à erosão e 2) verificação da suscetibilidade à desertificação. Ambas substanciadas por levantamento geocartográfico, produção de mapa temático e verificação da verdade terrestre *in lócus*.

Para análise da vulnerabilidade natural à erosão considerou-se o modelo proposto por Crepani *et al.* (2001). Trata-se de uma metodologia sistêmica com base em geoprocessamento que congrega informações sobre geologia (grau de coesão das rochas), geomorfologia (declividade e amplitude interfluvial), solos (maturidade), cobertura vegetal e uso da terra (densidade) e clima (intensidade pluviométrica).

As fontes para coleta de dados foram os mapas temáticos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021) para a geologia, do Radam (BRASIL, 1981) para geomorfologia e solos; processamento digital de imagens do satélite CEBERS 4A para vegetação e uso da terra; dados pluviométricos do ano de 2022 de 31 estações climatológicas pela Empresa de Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1: Fonte das variáveis para vulnerabilidade natural à erosão.

Identificador	Tema	Variável	Fonte de dados
iGr	Geologia	Grau de coesão/denudação das rochas	Cartas geológicas da Radam-Brasil (1981) e SGB/CPRM (2021)
iGd	Geomorfologia	Declividade	Extração pelo Modelo Digital do Elevação (MDE) do <i>raster</i> Topodata/INPE (2011)
iGai		Amplitude interfluvial	Cartas geomorfológicas da Radam-Brasil (1981)
iGaa		Amplitude Altimétrica	
iPm	Solos	Maturidade	<i>Shapefile</i> de solos (BDIA, 2022) e classificação dos solos (EMBRAPA, 2018)
iVd	Cobertura vegetal e uso da terra	Densidade da cobertura vegetal	Imagens de satélite do CEBERS 4A
iCip	Clima	Intensidade pluviométrica	Volume mensal das precipitações de 2022 com base em EMPARN (2023)

Fonte: Elaboração dos autores (2024) com base em Crepani *et al.* (2011).

Para cada parâmetro ambiental supracitado, emprega-se um valor numérico de 1 a 3, conforme a condição ambiental da realidade investigada. Desses valores realiza-se a média aritmética, conforme equação abaixo, cujo resultado é enquadrado em 5 classes de vulnerabilidade natural à perda de solo: I – estável; II - moderadamente estável; III - medianamente estável/vulnerável; IV - moderadamente vulnerável; V - vulnerável.

$$V = \frac{(iGr + iGd + iGai + iGaa + iPm + iVd + iCip)}{5}$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

iGr = Denudação das rochas como vulnerabilidade para o tema Geologia

iGd = Declividade como vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

iGai = Amplitude Interfluvial como vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

iGaa = Amplitude Altimétrica como vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

iPm = Maturidade dos solos como vulnerabilidade para o tema Pedologia

iVd = Densidade da cobertura vegetal como vulnerabilidade para o tema Vegetação

iCip = Intensidade pluviométrica como vulnerabilidade para o Clima

Além disso, para verificação da suscetibilidade à desertificação na área, foi utilizado a análise de vulnerabilidade natural à erosão como indicador. Assim, este possui cinco variáveis com valor de 1 a 5, sendo que o menor valor indica maior vulnerabilidade, e o maior valor indica menor vulnerabilidade.

Para efeito de análise territorial do estudo, foi considerado a compartimentação geoambiental da bacia hidrográfica, aplicando o indicador em cada um dos seus nove sistemas ambientais, que são áreas menores que se individualizam em virtude do arranjo sistêmico de seus componentes, estrutura e função que exerce na paisagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aferimento da suscetibilidade à desertificação pelo indicador de solos considerou a erosão, trabalhada a partir da metodologia da vulnerabilidade natural à perda de solos nos sistemas ambientais (Tabela 1). Isso porque o grau de erosão indica a degradação ambiental, por limitações da ecodinâmica do ambiente, de modo que em virtude de ser causada por uma

série de fatores ambientais, sua análise prescinde da avaliação das condições geoambientais da área - conforme descrito anteriormente. Cujos valores, por indicador em cada sistema, estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz de aplicação de vulnerabilidade à perda de solo por sistemas ambientais.

VARIÁVEL	MRLS	SDPF	MRMP	SACG	PFRAM	SRAU	CA	TCGA	PFMAM
iGr	1,1	1,7	1,1	1,3	3	2,4	2,9	2,7	3
iGd	2,8	1,3	3	1,2	1	1,2	1	1	1
iGai	3	2,8	2,8	3	1	1,5	1	1,5	1
iGaa	1	2,9	2,9	1	1	1	1	1	1
iPm	2	2	3	3	3	2	2,5	1	3
iVd	2,6	2,6	2	3	1,4	1,4	1	2,6	3
iCip	1,5	1,6	1,6	1,6	1,3	1,6	1,3	1,3	1,4
Grau de vulnerabilidade	1,88	2,12	2,34	2,01	2,14	1,72	1,94	1,74	2,28

Fonte: Elaboração dos autores (2024). MRLS: Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes; SDPF: Sertões Dissecados de Pau dos Ferros; MRMP: Maciço Residual de Martins e Portalegre; SACG: Sertões Aplainados de Campo Grande; PFRAM: Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró; SRAU: Superfície Rebaixada de Apodi e Upanema; CA: Chapada do Apodi; TCGA: Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca; PFMAM: Planície Fluviomarina do Apodi-Mossoró.

Para a variável de denudação das rochas (iGr), percebe-se uma relativa homogeneidade para os sistemas dos Maciços Residuais e dos Sertões, em virtude do terreno cristalino com rochas predominantemente graníticas de baixa denudação. Por outro lado, nos sistemas ambientais das Planícies, Chapada do Apodi e Tabuleiro Costeiro chegou-se a valores superiores a 2, pois estão formados sob terreno sedimentar areno-argiloso, com alta denudação.

Consoante a variável de Geomorfologia, representada pela declividade (iGd), na bacia ela é expressiva nos Maciços Residuais, pelo relevo montanhoso, e quase que uniforme para os demais sistemas, como predominantemente plana. Já para a amplitude interfluvial (iGai) e altimétrica (iGaa), percebe-se um comportamento em consonância ao tipo do terreno, sendo que naqueles sistemas que se encontram na área cristalina apresentam maiores valores pois a estrutura favorece maior dissecação e aprofundamento dos vales em V com formas convexas e aguçadas, inversamente, aos sistemas da área sedimentar, pois resguarda baixas declividades pelo terreno plano e formas tabulares.

Em relação aos solos, do ponto de vista da maturidade (iPm), os valores alcançados variam entre 2 a 3, pois marcadamente são solos moderadamente rasos, a exemplo das associações de Neossolos, Luvisolos e Argissolos. Com exceção do Tabuleiro Costeiro, de valor 1, pois predominam solos profundos do tipo Latossolos.

Para o comportamento da vegetação em relação a densidade da cobertura (iVd) ressalta-se que houve uma variação no estrato vegetacional de caatinga arbórea densa de caatinga aberta degradada, em virtude do nível de antropização da cobertura do solo, que repercutiu em índices inferiores à 50% na densidade de cobertura vegetal da área. Essa realidade se aplica à maioria dos sistemas, exceto os sistemas de Planície Fluvial, Chapada Apodi e Superfície Rebaixada, ainda que com uma pequena diferença, pois variou entre 50% a 60%.

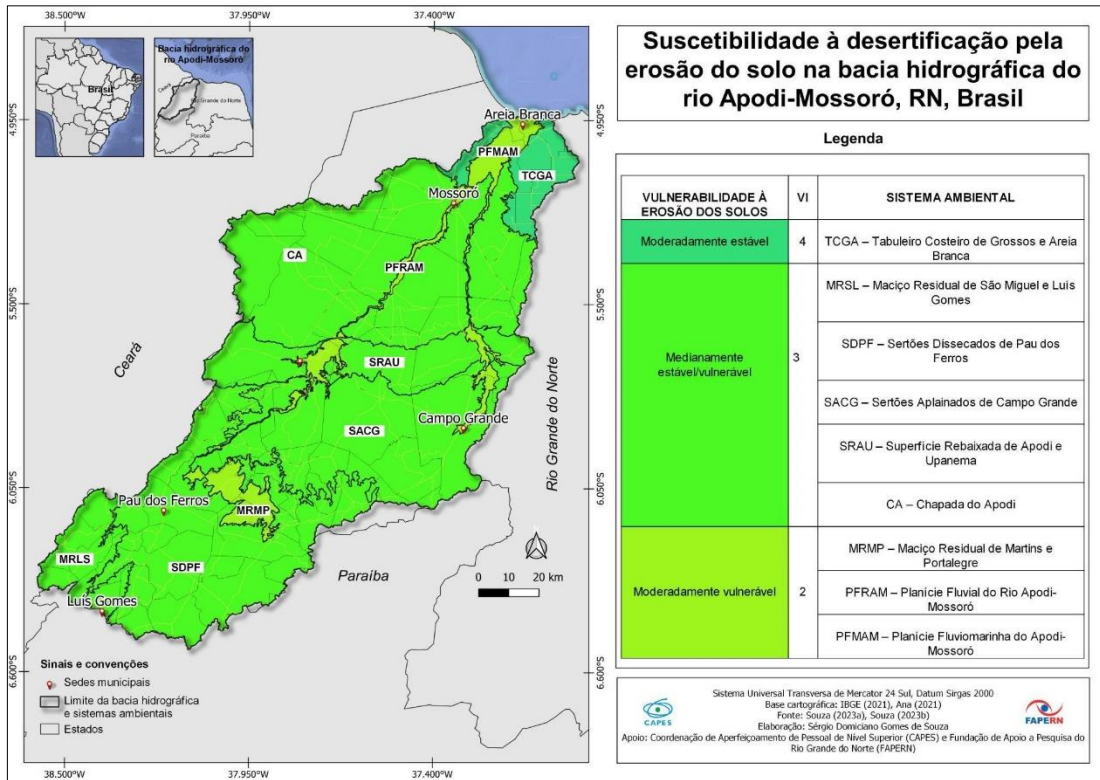
Por fim, a variável de clima relativa à intensidade pluviométrica (iCip), variou de 1,3 a 1,6, em resposta a condicionante semiárida sobretudo pela irregularidade pluviométrica espaço-temporal, com concentração das chuvas em 3 a 4 meses do ano. Do agrupamento de todas as variáveis chega-se ao grau de vulnerabilidade à erosão por cada sistema ambiental da bacia, conforme Quadro 2 e Figura 2.

Quadro 2: Grau de vulnerabilidade à erosão nos sistemas ambientais da bacia hidrográfica.

SISTEMAS AMBIENTAIS	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE	GRAU DE VULNERABILIDADE
Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes	1,88	Medianamente estável/vulnerável
Sertões Dissecados de Pau dos Ferros	2,12	Medianamente estável/vulnerável
Maciço Residual de Martins e Portalegre	2,34	Moderadamente vulnerável
Sertões Aplainados de Campo Grande	2,01	Medianamente estável/vulnerável
Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró	2,14	Medianamente estável/vulnerável
Superfície Rebaixada de Apodi Upanema	1,72	Moderadamente estável
Chapada do Apodi	1,94	Medianamente estável/vulnerável
Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca	1,74	Moderadamente estável
Planície Fluviomarina do Apodi-Mossoró	2,28	Medianamente estável/vulnerável

Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Figura 3: Mapa da suscetibilidade à desertificação pela erosão do solo na bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró



Fonte: IBGE 2021, ANA 2021, SOUZA, 2023^a, SOUZA^b. Adaptação dos autores (2023).

Assim, depreende-se que o sistema ambiental com maior vulnerabilidade à erosão é o Maciço Residual de Martins e Portalegre, em virtude das suas condições geoambientais, sobretudo pela supremacia do relevo. Na sequência com grau medianamente estável com tendência a vulnerável estão o Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes, Sertões Dissecados de Pau dos Ferros, Sertões Aplainados de Campo Grande, Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró, Chapada do Apodi e Planície Fluviomarina do Apodi-Mossoró. E em menor grau a Chapada do Apodi e Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca. Desses resultados, configura-se o indicador de suscetibilidade à desertificação (Tabela 2).

Tabela 2: Indicador de solos de suscetibilidade à desertificação.

Vulnerabilidade à erosão dos solos	VI	MRLS	SDPF	MRMP	SACG	PFRAM	SRAU	CA	TCGA	PFMAM
Estável	5									
Moderadamente estável	4									
Medianamente estável/vulnerável	3									
Moderadamente vulnerável	2									
Vulnerável	1									

Fonte: Elaboração dos autores (2024). MRSL: Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes; SDPF: Sertões Dissecados de Pau dos Ferros; MRMP: Maciço Residual de Martins e Portalegre; SACG: Sertões Aplainados de Campo Grande; PFRAM: Planície Fluvial do Rio Apodi-Mossoró; SRAU: Superfície Rebaixada de Apodi e Upanema; CA: Chapada do Apodi; TCGA: Tabuleiro Costeiro de Grossos e Areia Branca; PFMAM: Planície Fluviomarinha do Apodi-Mossoró.

Das variáveis mensuradas, embora com características distintas pelo comportamento geoambiental de cada sistema ambiental, denota-se uma certa homogeneidade nos resultados alcançados para a nomeação do grau de vulnerabilidade, entretanto com valores médios diferentes. Assim, para os Sertões, Planície Fluvial e o Maciço Residual de São Miguel e Luís Gomes, há uma tendência de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável alcançando valor 3 para o indicador de suscetibilidade à desertificação. Já para o Maciço Residual de Martins e Portalegre, existe uma vulnerabilidade de 2,34 à erosão, conseqüentemente valor 2 de suscetibilidade à desertificação, que pode estar representado pela condição altimétrica do relevo serrano em potencializar os processos erosivos sobretudo nas encostas.

Nesse sentido, a Chapada do Apodi e Superfície Rebaixada apresentam índice 3 de suscetibilidade à desertificação. No caso das Planícies, embora com a mesma classe de vulnerabilidade à erosão e o mesmo índice de suscetibilidade à desertificação em virtude das condições do relevo, existem algumas diferenciações nas suas condições ambientais, que merecem ser destacadas: os sedimentos arenosos e de aluviões com forte denudação e as propriedades de seus solos Vertissolos e Gleissolos que contribuem para esse índice de vulnerabilidade, se agravando ainda na parte de influência marinha quando se encontra pouca cobertura vegetal, que o tornam os sistemas ambientais mais vulneráveis à erosão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, percebe-se que a metodologia é válida e viável uma vez que revelou um resultado em consonância com as condições do ambiente, ou seja, a erosão enquanto problema sistêmico e configurado pelas condições específicas do ambiente no qual se manifesta. Portanto vê-se que, no geral, os determinantes do quadro de vulnerabilidade natural à perda de solos na bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró refletem o arranjo e condições de seus sistemas ambientais.

Os índices de suscetibilidade têm forte explicação nos atributos geomorfológicos, seja no relevo montanhoso dos Maciços Residuais, seja na topografia aplainada dos demais sistemas. Mas que em alguns casos, outros fatores como a intensidade pluviométrica e a degradação da cobertura vegetal preponderam para desestabilizar o ambiente, uma vez que quanto maior a intensidade de chuvas concentradas em curto espaço de tempo, maior o efeito *runoff* na dissecação e formação de processos erosivos.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte (FAPERN) – 001, processo SEI nº 10910019.000263/2021-43.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras. Edição Especial. Brasília: ANA, 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-BRASIL)**. Brasília: Edições MMA, 2004.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2022.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.24/25. Jaguaribe/Natal**. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento de recursos naturais).
- CARVALHO, R. G. de (Org.). **Rio Apodi-Mossoró** [recurso eletrônico]: Meio ambiente e planejamento. Mossoró - RN: EDUERN, 2021.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte**: Mapa geológico e Mapa de recursos minerais. Dados vetoriais (SIG). Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22401>. Acesso em: 21 jan. de 2023.
- CREPANI, E. *et al.* Zoneamento ecológico-econômico. In: FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 285-318.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação**: histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001.
- NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Ed. UGG, 2013.
- NASCIMENTO, F. R. do. **Global environmental changes, desertification and sustainability**. Springer, Latin American Studies, 2023.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2016.

CEBERS 4A. **Satélite Cebers 4A**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2023.

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

SOUZA, A. C. N.; SOUZA, S. D. G.; SOUSA, M. L. M. S. Sistemas de indicadores de desertificação no Semiárido brasileiro: uma revisão sistemática integrativa da literatura. **Geografares**, Vitória, v. 3, n. 36, p. 59–77, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/38982>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SOUZA, A. C. N. **Suscetibilidade à desertificação em sistemas ambientais no embasamento cristalino da bacia hidrográfica do Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil**. 2023. 158 p. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2023a.

SOUZA, S. D. G. **Uso ocupação e suscetibilidade à desertificação na porção sedimentar da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil**. 2023. 130p. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2023b.

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