

EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NOS NÚCLEOS DE DESERTIFICAÇÃO DO BIOMA CAATINGA

Evolution of land use and ground cover and environmental vulnerability in centers of desertification of the Caatinga biome

Israel de Oliveira Júnior

Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Bahia. Professor Colaborador do Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental e Gestão Sustentável e Território da Universidade do Estado da Bahia
iojjunior@gmail.com

Anderson de Jesus Pereira

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Mestre em Agronomia - UNESP. Doutorando em Engenharia Agrícola pela UNESP.
agroandersonn@gmail.com

Recebido: 27.01.2023

Aceito: 06.06.2023

Resumo

A desertificação constitui uma das piores problemáticas decorrentes no bioma Caatinga, por intercorrer uma série de efeitos nocivos ao ambiente, economia e sociedade, como a perda da biodiversidade, erosão dos solos e queda da produtividade agrícola. Em vista de contribuir com o debate sobre o processo de degradação, propõem-se, por meio deste estudo, analisar estados ambientais dos cinco núcleos de desertificação do Brasil dispersos pela Caatinga, a fim de estabelecer a evolução do uso e cobertura da terra e configurar cenários de vulnerabilidade ambiental. Para tanto, em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), manipularam mapas anuais de uso e cobertura da terra dos anos de 1985 a 2019, referentes à coleção cinco disponibilizada pelo projeto MAPBIOMAS. Ademais, os 35 mapas de cada núcleo foram integrados pela lógica fuzzy, com o propósito de identificar a vulnerabilidade ambiental à desertificação. Verificou a perda contínua de Formação savânica em alguns núcleos, como foi o caso de Cabrobó, estado de Pernambuco; Inhamus e Jaguaribe, ambos no Ceará. Com isso, há situações preocupantes, devido às amplas áreas de Severa vulnerabilidade à desertificação, concernentes, em ordem, a 11,07%, 14,51%, 14,67% e 26,85% da totalidade territorial dos núcleos de Seridó, Cabrobó, Inhamus e Jaguaribe. A circunstância foi menos significativa no núcleo de Irauçuba, por corresponder a 3,63%. Os resultados indicaram sobre a necessidade de planejar o uso agrícola das terras, em função das atividades agropecuárias encontrarem-se como as principais agentes transformadoras das paisagens desertificadas.

Palavras-chave: Degradação; Geoprocessamento; Paisagem, Semiárido.

Abstract

Desertification is one of the worst problems seen in the Caatinga biome, as it results in a series of harmful effects on the environment, the economy and society, such as a loss of biodiversity, erosion of the soil and a fall in agricultural production. With a view to contributing to the debate on the process of degradation, it is proposed, through this study, to analyze the environmental states of the five centers of desertification in Brazil spread throughout the Caatinga, to establish the evolution of land use and ground cover, and construct scenarios of environmental vulnerability. To this end, annual maps of land use and ground cover from 1985 to 2019, part of Collection 5 (Coleção 5) made available by the MAPBIOMAS project, were manipulated using the geographic information system (GIS). Furthermore, the 35 maps of each center were integrated using fuzzy logic, with the aim of identifying environmental vulnerability to desertification. The continuous loss of Savanna Formation was seen in some centers, such as Cabrobó, in the state of Pernambuco, and Inhamus and Jaguaribe, both in the state of Ceará. As such, the situation is worrying, due to the large area with severe vulnerability to desertification, which, respectively, account for 11.07%, 14.51%, 14.67% and 26.85% of the total land area of the Seridó, Cabrobó, Inhamus and Jaguaribe centers. The situation was less critical in the Irauçuba center, corresponding to 3.63%. The results showed a need for planning the agricultural use of the land, as agricultural activities are the principal agents responsible for transforming desertified landscapes.

Keywords: Degradation; Geoprocessing; Landscape; Semi-arid.

1. INTRODUÇÃO

No processo histórico e evolutivo da humanidade, o binômio sociedade *versus* natureza remete a uma relação contraditória e excludente, que ganha sentidos nunca vistos antes na modernidade (MENDONÇA, 2012; ROSA *et al.*, 2017; MATOS; SANTOS, 2018). Contraditória porque, ao mesmo tempo em que a sociedade encontra as bases naturais para a sobrevivência, o processo de exploração produz, entre alguns significados, o risco de colapso ambiental; excludente, pois a propriedade privada limita, e muito, o acesso às benesses da relação. Diante dessas circunstâncias, as discussões científicas sobre a degradação tomam contornos e constituem um signo importante na grafia ambiental.

Diversas problemáticas, como a degradação do solo, contaminação das águas e perda da biodiversidade (CARSON, 2010; PORTO-GONÇALVES, 2011; GIBBS; SALMONB, 2015; PORTO; PORTO, 2015; LEFF, 2016; SOUTO, 2016; MENDONÇA *et al.*, 2016; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2017; ZHOU *et al.*, 2020; PRĂVĂLIE *et al.*, 2021), tornaram-se pautas discursivas entre a ciência, política, economia e sociedade em diferentes espaços, e consistem caminhos para repensar a própria práxis (CAMARGO, 2012; LEFF, 2016; FERNANDEZ; PIETRAFESA, 2021). A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Conferência de Estocolmo), em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (RIO-92), a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (RIO+10), em 2002, e a Conferência das Nações Unidas

sobre o Desenvolvimento Sustentável (RIO+20), ocorrida no ano de 2012, são exemplos da importância da temática em nível global.

Nessas convenções, os debates referentes aos problemas ambientais projetaram ações para a construção de conhecimentos, entendimentos e sensibilização frente ao processo de desertificação. Esse foi definido pela United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD, 1997, s.p) como a “degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas”. Tal assertiva despertou a complexidade e amplitude temática sobre a desertificação expressas no termo degradação da terra, que se encontra entrelaçado a uma rede de causalidades que ocorre em uma escala espacial previamente definida – dominada por climas áridos, semiáridos e subúmidos secos – em razão do contexto de fragilidade ambiental.

Com isso, os estudos sobre o processo de desertificação integram diversos elementos da paisagem, sejam eles físicos, biológicos e/ou sociais (MATALLO JUNIOR, 2001, 2012). A degradação se materializa, assim, nos recursos hídricos (NASCIMENTO, 2013; ZHANGA; HUISINGH, 2018; AKBARI *et al.*, 2020), no solo (MASOUDI *et al.*, 2018; IMAMOGLU; DENGIZ, 2019; CASTRO; SANTOS, 2020; PEREIRA *et al.*, 2022), na vegetação (TOMASELLA *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2019; JIANG *et al.*, 2019; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020, 2022; OLIVEIRA JUNIOR, 2022), na redução da qualidade de vida populacional (EMADODIN *et al.*, 2019; DARBALAEVA *et al.*, 2020; REFATI *et al.*, 2020; LI; XIONG, 2021) e na migração (O’CONNOR *et al.*, 2016; LENSHE *et al.*, 2020). As pesquisas estendem-se para os diversos objetos de conhecimentos dos variados campos científicos, como os relativos às ciências humanas, ciências biológicas, ciências agrárias e ciências exatas, que reportam para multi e transdisciplinaridade temática (PACHÊCO *et al.*, 2006; ZHANGA; HUISINGH, 2018; BRIASSOULIS, 2019; JIANG *et al.*, 2019; HUANG *et al.*, 2020).

Na perspectiva da Geografia, existem contribuições diretas nas investigações sobre a desertificação (AB’SABER, 1977; SALES, 2004; CONTI, 2008; NASCIMENTO, 2013; SOUZA *et al.*, 2015; CHRISTIAN *et al.*, 2018; CASTRO; SANTOS, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020), haja vista que a categoria paisagem é um signifiante na trajetória científica, expressa em teorias, conceitos e métodos. Na tentativa de sintetizar os estudos em uma Geografia Física Global, Bertrand (1971) direcionou uma abordagem para apreender a paisagem em uma visão de totalidade, de importância para concebê-la no entendimento sobre o processo de desertificação.

A inter-relação entre os elementos físicos, biológicos e sociais estabelece laços de dependência entre os componentes da paisagem, em determinada escala geográfica, espaço e tempo. Recria, com isso, processos, formas, conteúdos e funções, no domínio da dialética e dos sistemas de fluxos de matéria e energia, ao apresentar-se integrada e complexa, em contínuo movimento (BERTRAND, 1971). Alega-se, desse modo, uma ruptura teórica, conceitual e metodológica de uma visão dicotômica, como se a sociedade encontrasse desintegrada à natureza ao reproduzir paisagem (CRUZ, 1985).

A abordagem sobre a desertificação nessa linha transporta à busca de extrapolar as análises singulares e fragmentadas para realizá-las de forma integrada, com o intuito de corresponder com o entendimento sobre a dinâmica e as conexões da totalidade ambiental (SOUZA; NASCIMENTO, 2015; NASCIMENTO; FARIAS, 2016; LEMOS *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2021). Na crise que se manifesta na escala da Caatinga, surge luz para dissipar o fracionamento da paisagem, com o intuito de apreender a totalidade. A manutenção do equilíbrio clima-solo-vegetação é ameaçada por práticas e técnicas empreendidas em um frágil ambiente, realidade típica das terras mapeadas como Área Suscetível à Desertificação (ASD), o que remete a investigações sobre processos de evolução da paisagem. Geralmente, os impactos da desertificação resultam da supressão da cobertura vegetal, que acelera os processos físicos, como a erosão eólica e pluvial, em uma região demarcada pela irregularidade pluviométrica e vulnerabilidade ambiental (DAI *et al.*, 2017; OLIVEIRA; SELVA, 2019; PEREIRA *et al.*, 2020; WEI *et al.*, 2020; BARBOSA *et al.*, 2021).

No contexto dos estudos geográficos, não há consenso sobre a definição de vulnerabilidade ambiental (CHEN; ZHA, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2022). Em um sentido direto, refere-se ao potencial de perda (CUTTER, 2011), e os parâmetros de análises estão essencialmente associados à exposição, sensibilidade e capacidade de recuperação dos sistemas ambientais (CHEN; ZHA, 2016). Os fatores ambientais, diante das atividades humanas, poderão resultar alterações e afetar a estabilidade ecológica de um determinado espaço (MEDEIROS; SOUZA, 2016), como é o caso do bioma Caatinga. Com isso, entende-se que a vulnerabilidade aponta para as possibilidades de ocorrência de um processo, que se adverte para a desertificação neste trabalho, em função do desenvolvimento das atividades sociais, que repercutem na paisagem, verificadas, por exemplo, nas condições do uso e cobertura das terras em diferentes espaços da ASD.

A preocupação em avaliar os estados ambientais estabeleceram os cinco núcleos de desertificação dispostos no bioma Caatinga, nomeados de Cabrobó-PE, Inhamus-CE,

Irauçuba-CE, Jaguaribe-CE e Seridó-PB/RN (INSA, 2014), como escala de análise da evolução do processo de desertificação. As circunstâncias, no espaço e no tempo, da vegetação e das atividades agropecuárias (BRASIL, 2005; COSTA *et al.*, 2009; LANDIM *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2011; SILVA; SILVA, 2015; FONSÊCA *et al.*, 2017; MEIRA *et al.*, 2019; ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; REFATI *et al.*, 2020; MACAMBIRA; GOMES, 2021), por exemplo, constituem caminhos para o entendimento da degradação das terras secas, em contínua interação sociedade-natureza frente ao uso da terra.

Assim, algumas inquietações surgem a partir do (des)conhecimento sobre a desertificação. Quais são os estados ambientais dos núcleos de desertificação brasileiros situados no bioma Caatinga? Como decorreu a evolução do uso e cobertura da terra? Quais fatores estão associados ao processo de degradação? Quais são os cenários de vulnerabilidade?

Com este estudo, pretende-se responder tais questionamentos, ao ter como objetivo aplicar o indicador de uso e cobertura da terra para abordar sobre a evolução dos estados ambientais nos núcleos de desertificação do bioma Caatinga. Para tanto, as estratégias concebidas incluem: i) analisar mapas de uso e cobertura das terras dos anos de 1985 a 2019, no intuito de verificar a dinâmica da degradação; ii) avaliar os fatores de pressão ambiental e de desertificação por meio do uso da terra; iii) identificar a vulnerabilidade à desertificação mediante à integração dos dados multitemporais de uso e cobertura da terra.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende os cinco núcleos de desertificação localizados no bioma Caatinga e inseridos na ASD (Figura 1). Pesquisas apontaram para estágios avançados de degradação ambiental, com a ocorrência do processo de desertificação, a exemplo de Costa *et al.* (2009), Souza *et al.* (2015), Vieira *et al.* (2018), Albuquerque *et al.* (2020) e Refati *et al.* (2020).

Os núcleos totalizam 50 municípios, onde vivem 1.031.785 pessoas (IBGE, 2010), distribuídas em 29.070,908km² (IBGE, 2017), correspondente a 4,05% da ASD do Brasil. Domina, entre os núcleos, o clima Tropical semiárido, onde vigora a concentração das chuvas em cerca de quatro meses (IBGE, 2006a) e exerce um longo período de estiagens pluviométricas e alta propensão à ocorrência do fenômeno da seca. Tais características climáticas favorecem, sobremaneira, à formação de cursos de rios de regimes intermitentes ou efêmeros.

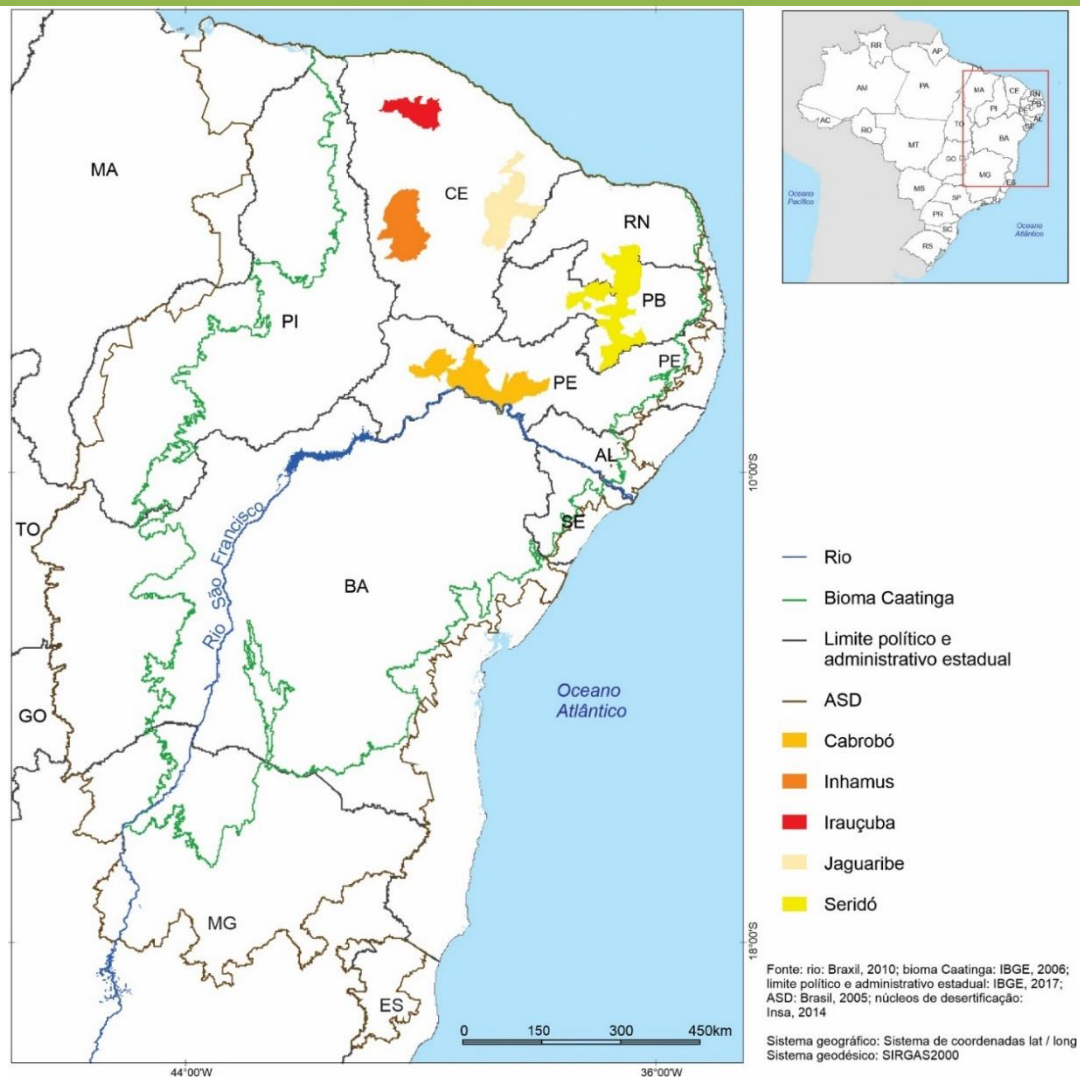


Figura 1 – Núcleos de desertificação no bioma Caatinga.

Fonte: Autores (2023).

Os compartimentos geomorfológicos predominantes correspondem à Depressão em quase todos os núcleos; no Seridó, sobressaem os Planaltos (IBGE, 2006b). Pela área, dispersam os litossolos, ressaltando os Neossolos litólicos e Luvisolos (IBGE, 2006c), os quais são altamente susceptíveis aos processos erosivos, onde medra de forma prevalente, a Formação savânica.

2.2. Materiais e método

Os limites territoriais dos núcleos de desertificação foram definidos baseados na publicação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014) e manipulação dos dados IBGE (2017) em ambiente do sistema de informação geográfica (SIG). Os arquivos resultantes constituíram a base para recortar os mapas de uso e cobertura da terra seguindo as dimensões dos núcleos de desertificação da Caatinga.

Obtiveram-se os mapas anuais de uso e cobertura da terra do *dashboard* do Projeto MAPBIOMAS (<https://mapbiomas.org>), disponibilizados em estrutura matricial numa série temporal de 35 anos (1985 a 2019) por biomas brasileiros. Os dados são de domínio público e referem-se à coleção cinco, publicados em agosto de 2021, produzidos pela classificação *pixel a pixel* de imagens Landsat e com acurácia de 80,0% para a Caatinga. O processo de elaboração é feito pela utilização de algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) através da plataforma Google Earth Engine, que oferece elevada capacidade de processamento em nuvem. Os procedimentos metodológicos de construção dos mapas e algoritmos utilizados são descritos no Algorithm Theoretical Basis Document (MAPBIOMAS, 2019).

Após a aquisição, manipularam os mapas no SIG, a fim de avaliar as tipologias e distribuição espaço-temporal das classes de uso e cobertura. Com isso, obtiveram dados estatísticos e construíram gráficos para verificar a mudança de uso e cobertura da terra diante dos dados concernentes aos 35 anos. Para efeito de elaborar o *layout* e demonstrar situações ambientais, selecionaram, dentre os 35 mapas de cada núcleo, um por década (1989, 1999, 2009 e 2019); ou seja, somente expôs quatro mapas referentes aos núcleos para caracterizar o uso e cobertura da terra a cada dez anos. A classificação do sistema de legendas atendeu às indicações encontradas no projeto MAPBIOMAS.

Mediante à manipulação dos dados, geraram novas informações e a configuração de cenários de vulnerabilidade ambiental à desertificação. Para tanto, associaram as classes de uso e cobertura da terra aos processos de erosão, em que se pautaram nas condições de exposição do ambiente aos fatores intempéricos e de recuperação da vegetação ao longo dos anos analisados. A intensificação da erosão encontra-se no cerne da degradação das terras secas em muitos espaços (WIJITKOSUM, 2016; ARAÚJO; SOUZA, 2017; PEREIRA *et al.*, 2020; WEI *et al.*, 2020; BARBOSA *et al.*, 2021; SIMPLÍCIO *et al.*, 2021).

Realizou-se, assim, a modelagem fuzzy, com o emprego do operador gamma, expoente 7, cujos níveis de pertencimento das classes dos mapas de uso e cobertura da terra em relação à vulnerabilidade encontraram-se entre zero e um, conforme especificados na tabela 1. As classes que obtiveram valores mais aproximados de um são aquelas que possuem características associadas aos fatores de degradação ambiental nos núcleos consoantes aos níveis de alteração ambiental, como são os casos da Mineração e do Mosaico de agricultura-pecuária.

Tabela 1: Classes de uso e cobertura da terra, níveis de pertencimento fuzzy e critérios estabelecidos para a vulnerabilidade ambiental: núcleos de desertificação do bioma Caatinga.

Classe	Índice fuzzy	Critério
Afloramentos rochosos	0,0	O nível de pertinência é nulo devido à concepção da modelagem
Formação campestre	0,4	Recobre os solos com níveis de densidade heterogêneos e possui média propensão à ocorrência da erosão
Formação florestal	0,1	Cobertura vegetal densa, com capacidade de retardar a erosão
Formação savânica	0,3	Protege os solos contra a erosão acelerada
Infraestrutura urbana	0,0	O nível de pertinência é nulo devido à concepção da modelagem
Lavoura perene	0,7	Prática intensas de uso da terra, com propensão de causar erosão
Lavoura temporária	0,8	Projeta estados de deterioração, pois favorece a erosão acelerada
Mineração	1,0	Causa degradação ambiental, muitas vezes de forma irreversível
Mosaico de agricultura-pastagem	0,9	Ocasiona a exposição dos solos às intempéries e, portanto, aos processos erosivos acelerados
Outras áreas não vegetadas	0,8	Indica mudança da cobertura da terra e configura meios de intercorrer erosão
Pastagem	0,9	Propicia os processos erosivos, em função das alterações na cobertura da terra e pisoteio do gado
Rio/lago	0,0	O nível de pertinência é nulo devido à concepção da modelagem

Fonte: Autores (2023).

4. EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA E A VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS NÚCLEOS DE DESERTIFICAÇÃO NO BIOMA CAATINGA

O processo de análise da evolução do uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 a 2019 aponta horizontes para identificar os fatores associados às alterações das paisagens e à configuração da vulnerabilidade ambiental à desertificação no domínio da Caatinga. Tendo como fundamento a análise dos cinco núcleos de desertificação, há possibilidades de concluir situações intrínsecas às teias de relações envolvidas na degradação das terras secas.

4.1. Núcleo de desertificação Cabrobó – estado de Pernambuco

O núcleo de desertificação Cabrobó abrange os municípios pernambucanos de Belém do São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Itacuruba e Floresta (INSA, 2014), possui uma área de 8.567,38km², composta por 96.562 habitantes (IBGE, 2010). O clima predominante é o Tropical semiárido, com a ocorrência das chuvas torrenciais entre dois e três meses (IBGE, 2006a), e insere-se, sobretudo, na Depressão sertaneja (IBGE, 2006b), constituída, em sua maioria, por Neossolo lítico eutrófico (IBGE, 2006c). Em extensão, prevalecem as classes de Formação savânica, Pastagem e Mosaico de agricultura-pastagem (Figura 2).

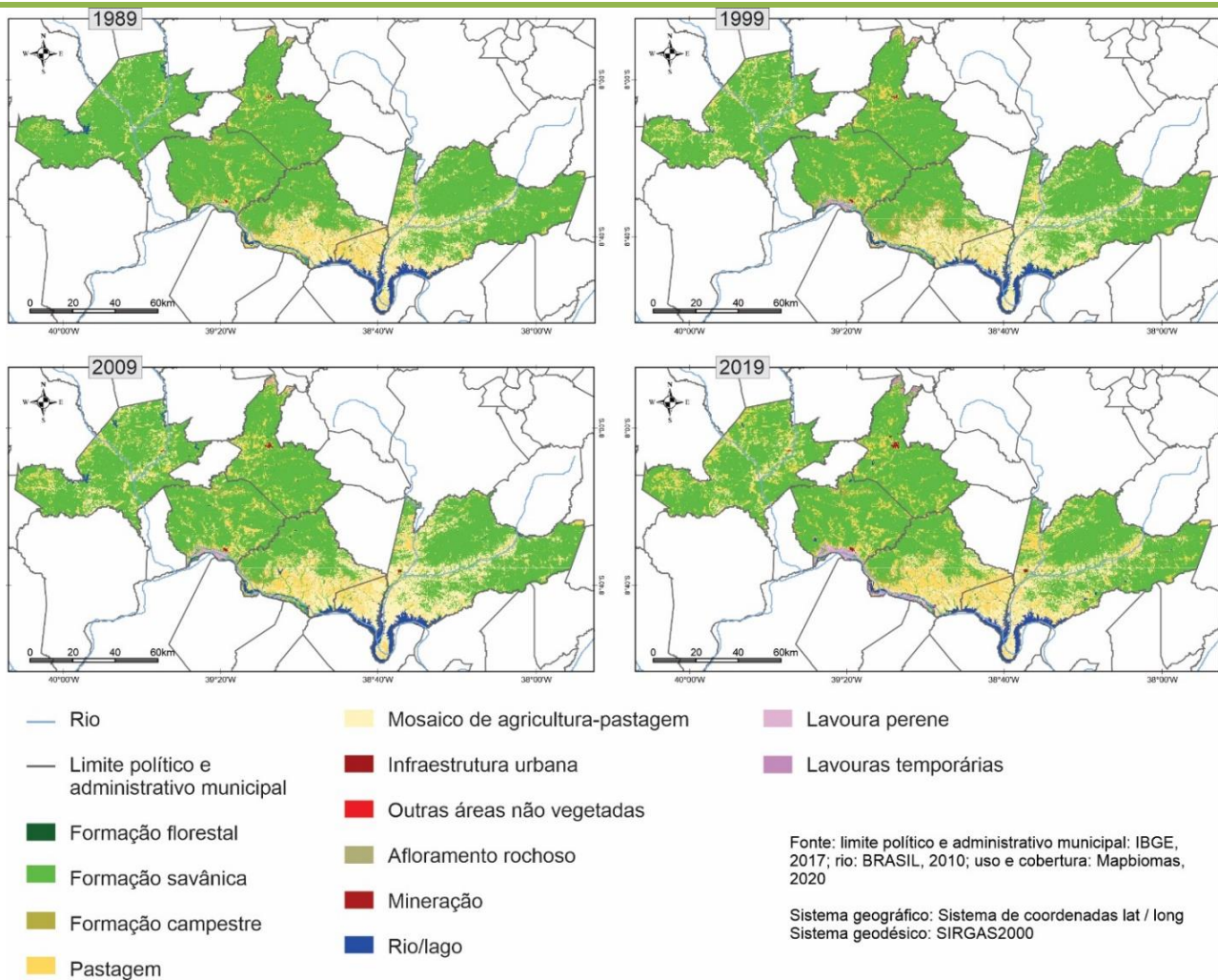


Figura 2 – Uso e cobertura da terra: núcleo de desertificação de Cabrobó – 1989 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

A classe Formação savânica decorreu em uma média de 62,25% para os 35 anos, e é encontrada, sobremaneira, no noroeste e nordeste do núcleo. A Pastagem e o Mosaico de agricultura-pastagem distribuem-se, respectivamente, em uma média de 11,30% e 19,30%; são, especialmente, situadas nas imediações de alguns rios, como os que correm nos municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Floresta.

Ao longo dos anos, observou uma diminuição contínua da vegetação, ao contrário do comportamento associados à classe Pastagem, que tendeu ao crescimento (Figura 3). O Mosaico de agricultura-pastagem, praticamente, manteve-se estável, com algumas oscilações, vistas, por exemplo, entre os anos de 2003 e 2009.

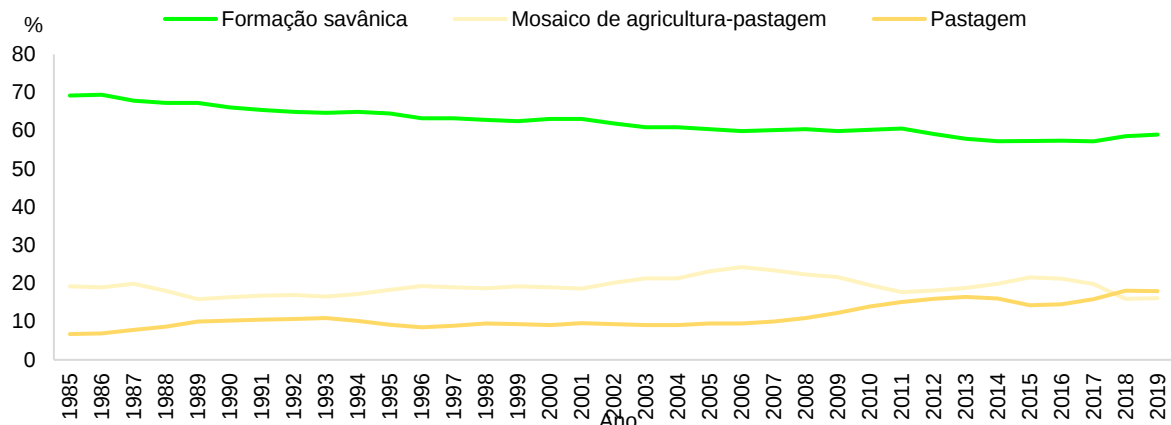


Figura 3 – Predomínio das classes de uso cobertura da terra: núcleo de desertificação Cabrobó – 1985 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

Diante do comportamento das classes e a predominância da vegetação ao longo dos anos, verifica-se a maior extensão da Baixa vulnerabilidade ambiental (Figura 4), ao distribuir-se em 78,09% do núcleo. A proporção dela é mais acentuada nos municípios de Salgueiro, Parnamirim e Cabrobó, por corresponder, respectivamente, a 91,99%, 89,79% e 85,75% da totalidade territorial.

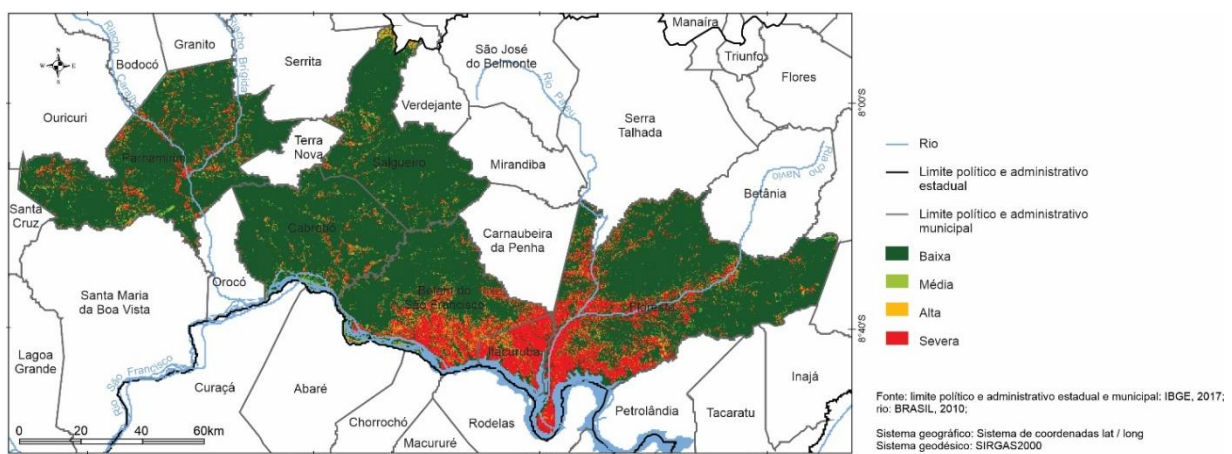


Figura 4 – Vulnerabilidade ambiental à desertificação: núcleo de desertificação Cabrobó.

Fonte: Autores (2023).

A classe Severa vulnerabilidade destaca-se no núcleo de Cabrobó, em função de representar 14,51%, o que corresponde a 1.243,42km². A identificação dela ocorre justamente no entorno de rios, onde o uso da terra é intensamente observável. Situações semelhantes foram identificadas em Oliveira Junior (2019), quando analisou a degradação ambiental no município de Canudos, estado da Bahia. A severidade é expressamente encontrada nos municípios de Belém de São Francisco, Floresta e, sobretudo, de Itacuruba, por condizer a 61,99%. Em razão dos impactos sobre a vegetação, Ferreira *et al.* (2017)

também identificaram a propensão à ocorrência à desertificação em áreas do núcleo de Cabrobó.

4.2. Núcleo de desertificação Inhamus – estado do Ceará

O núcleo de desertificação possui uma extensão territorial de 8.301,34km², é formado pelos municípios de Arneiroz, Independência e Taúa e possui uma população de 88.939 habitantes (IBGE, 2010). O clima Tropical semiárido é caracterizado pela estiagem pluviométrica entre sete e oito meses e a temperatura média mensal encontra-se acima de 18°C (IBGE, 2006a). Do centro ao norte da área, distribui-se a Depressão e, do centro em direção ao sul, os Planaltos (IBGE, 2006b), onde dominam os Neossolos litólicos (IBGE, 2006c) e medram a Formação florestal, a Formação savânica e a Formação campestre (Figura 5).

Destacam-se, em relação ao uso e cobertura da terra, três classes (Figura 5). Em uma média de 35 anos, a Formação savânica equivaleu a 58,18%, o Mosaico de agricultura-pastagem a 26,28% e a Pastagem a 14,48%. Diante da escala temporal do estudo, identificou uma redução frequente da Formação savânica e uma ampliação constante da Pastagem; houve uma estabilização da distribuição do Mosaico de agricultura-pastagem até o ano de 2007, quando começou a reduzir sequencialmente (Figura 6). Pelos mapas (Figura 5), observou a expansão das atividades relacionadas à agropecuária seguindo uma direção do centro para as extremidades.

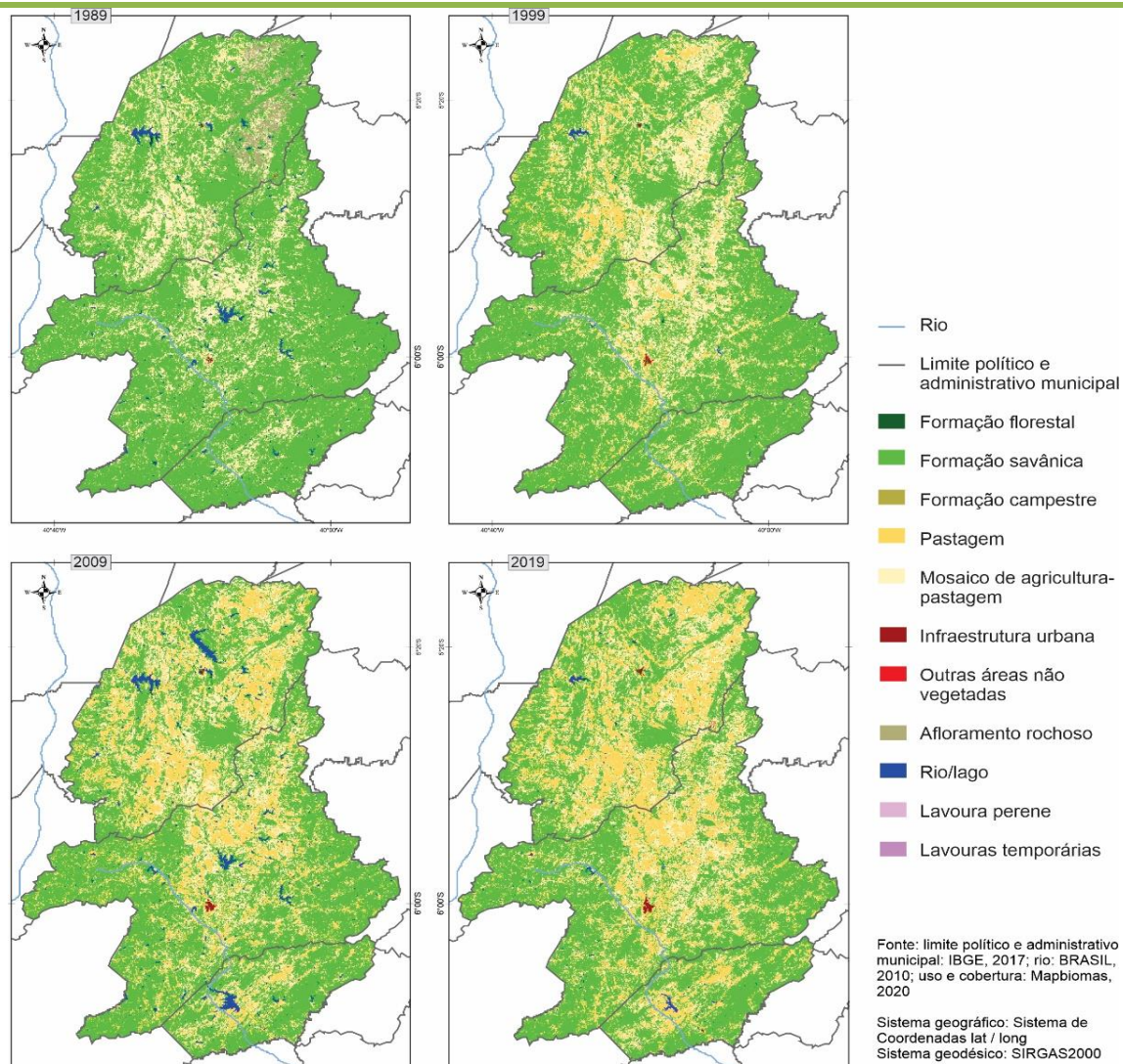


Figura 5 – Uso e cobertura da terra: núcleo de desertificação de Inhamus – 1989 a 2019

Fonte: Autores (2023).

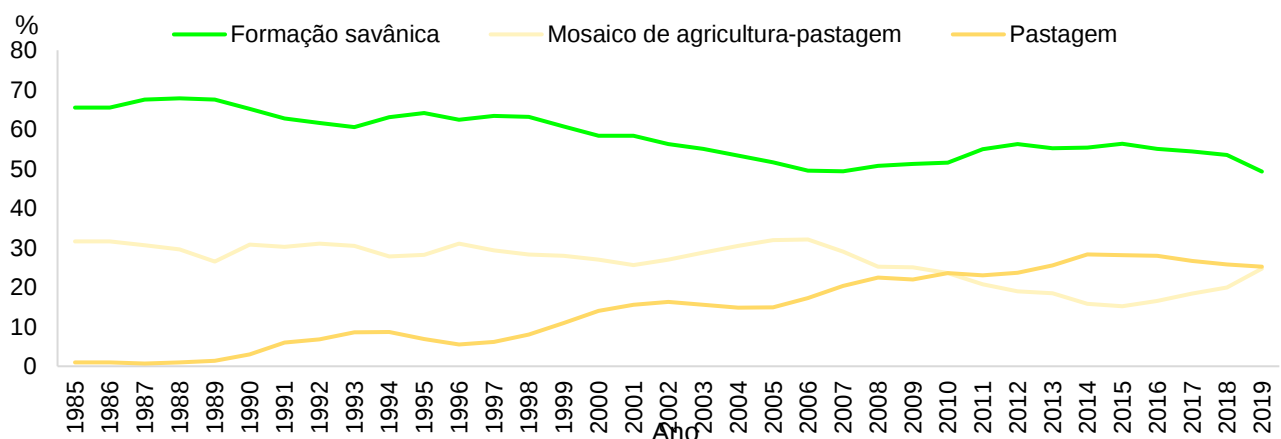


Figura 6 – Predomínio das classes de uso cobertura da terra: núcleo de desertificação Inhamus – 1985 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

O cenário de vulnerabilidade ambiental à desertificação (Figura 7) especificou a maior proporção da classe Baixa, equivalente a 76,54% do núcleo. Ela possui maior representatividade, em ordem, nos municípios de Arneiroz e Tauá, por dizer respeito a 84,62% e 78,92% da extensão territorial.

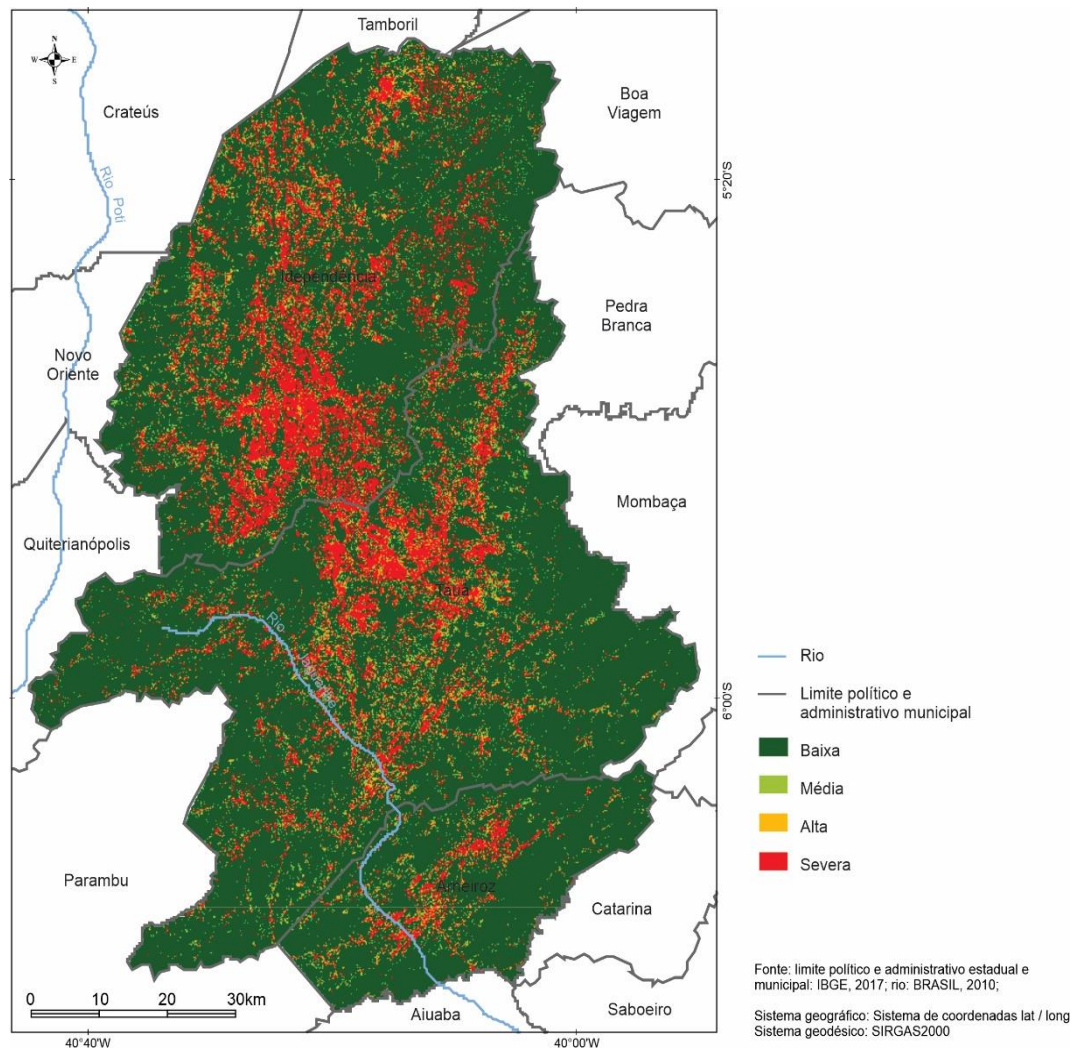


Figura 7 – Vulnerabilidade ambiental: núcleo de desertificação Inhamus.

Fonte: Autores (2023).

No entanto, percebe-se uma proporção alarmante da classe Severa, ao se referir a 14,67%, ou seja, a 1.218,06km². O destaque maior é para o município de Independência, onde distribui-se em 19,97% das terras; em proporção, o município é seguido por Tauá (12,20%) e Arneiroz (8,12%). Quando se refere às classes de Média e Alta vulnerabilidade, os valores são encontrados abaixo dos 6%. Trigueiro *et al.* (2009) identificaram a agropecuária como o principal fator de intensa vulnerabilidade ambiental no município de Tauá, que causa impactos sobre a vegetação e sobre o solo, com a ampliação da erosão acelerada. Aderaldo (2020) e Albuquerque *et al.* (2020) afirmaram que a degradação tem promovido a perda generalizada da cobertura vegetal no núcleo de Inhamus-CE.

4.3. Núcleo de desertificação Irauçuba – estado do Ceará

Os municípios de Forquilha, Irauçuba e Sobral formam o núcleo de desertificação Irauçuba, que possui uma extensão territorial de 4.103,67km² e uma população de 188.233 habitantes (IBGE, 2010). Domina o clima Tropical semiárido, com temperaturas médias mensais acima de 18°C e chuvas torrenciais concentradas em cerca de quatro meses; os demais são demarcados por estiagens (IBGE, 2006a).

Praticamente, a unidade de relevo Depressão abarca todo o núcleo, com pequenas extensões de Planaltos (IBGE, 2006b). Os Neossolos litólicos se destacam e se distribuem, sobremaneira, em todo centro da área; os outros solos encontrados são os Luvisolos, Argissolos, Cambissolos e Planossolos (IBGE, 2006c), onde crescem três tipologias de vegetação (Figura 8).

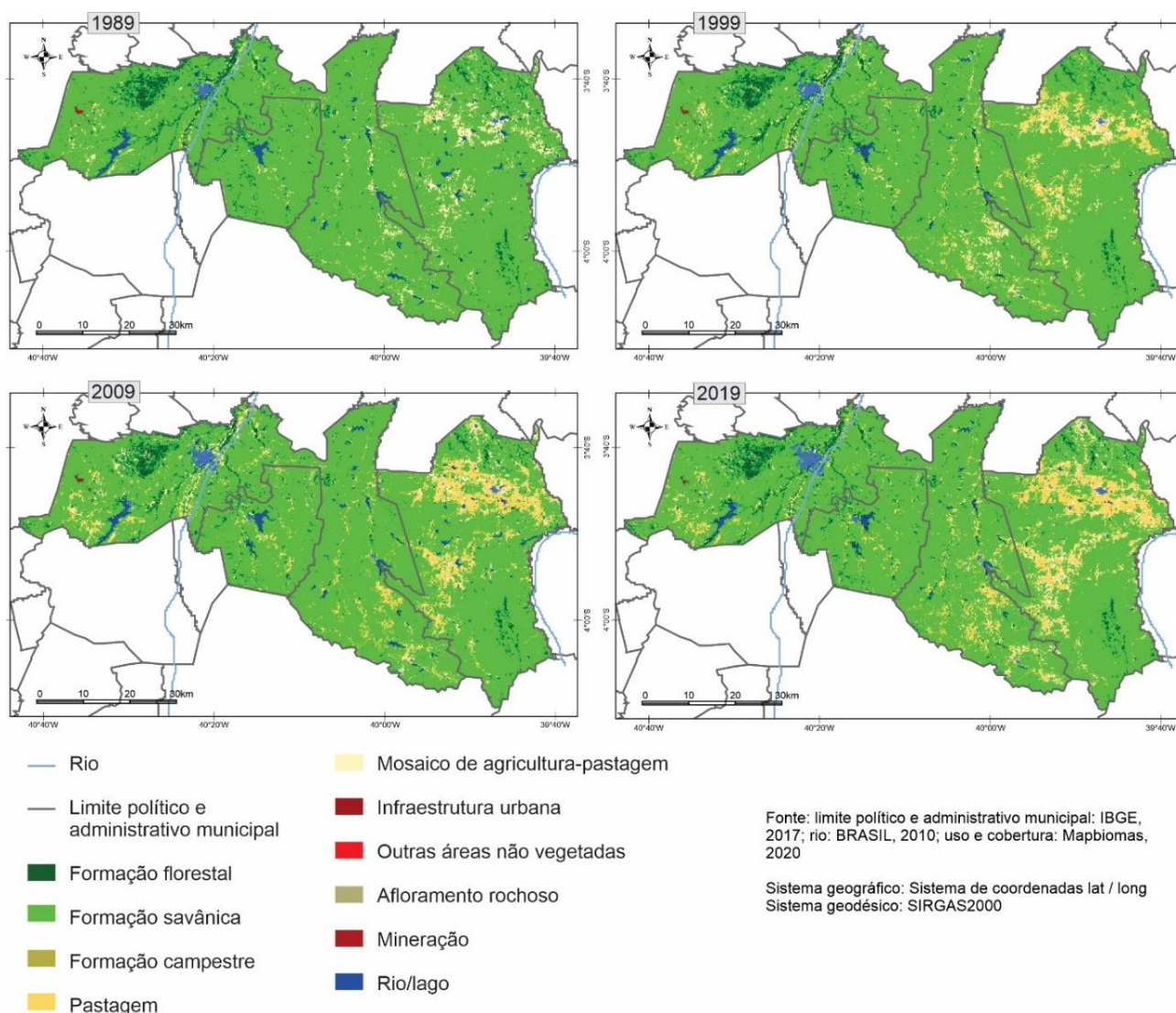


Figura 8 – Uso e cobertura da terra: núcleo de desertificação de Irauçuba – 1989 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

Na análise dos mapas (Figura 8), percebeu a extensão acentuada da Formação savânica, ao constituir, na média dos 35 anos, 80,40% da área; a Formação florestal correspondeu a 4,37%, enquanto que, a Formação campestre, a 0,02%. Os principais usos reportam-se às práticas agropecuárias, cujo Mosaico de agricultura-pastagem equivaleu à média de 6,80% e, a Pastagem, à média de 6,75%.

Identificaram oscilações da extensão da Formação savânica, sobretudo entre alguns anos, como 1985-1987, 1994-1995 e 2014-2017 (Figura 9). Esse comportamento é igualmente observável para o Mosaico de agricultura-pastagem. É verificado um crescimento constante da área de Pastagem, destacando-se a partir de 1991. Ao longo dos anos, a expansão das atividades agropecuárias salientou-se no município de Irauçuba, conforme indica a figura 8.

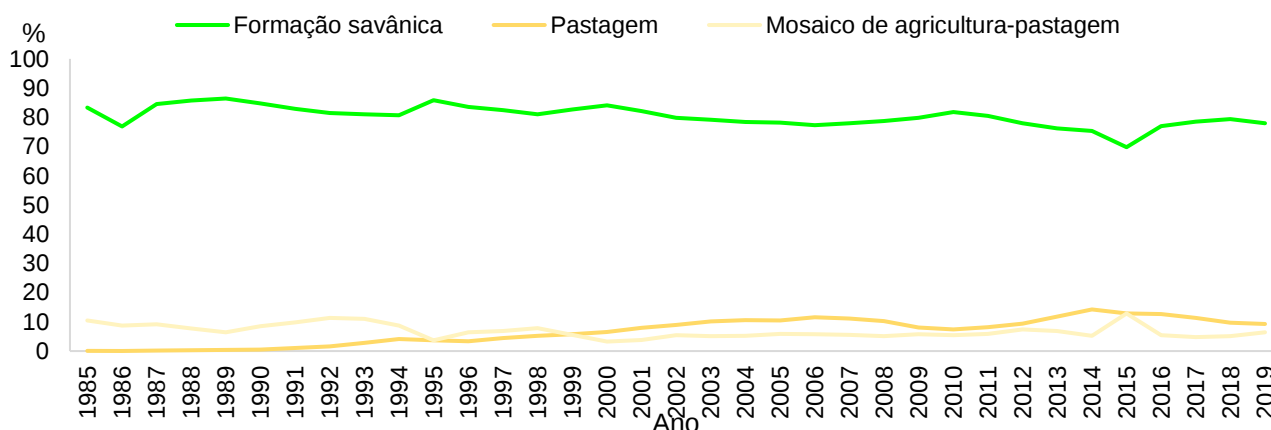


Figura 9 – Predomínio das classes de uso cobertura da terra: núcleo de desertificação Irauçuba – 1985 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

A modelagem de vulnerabilidade ambiental apontou para a preponderância da classe Baixa, por corresponder a 94,07% do núcleo, justamente em razão da conservação das formações vegetais (Figura 10). As classes Alta e Severa somam 3,63%, que equivalem a 148,82km². E é, justamente, em Irauçuba que elas se estendem com mais intensidade no núcleo, ao assemelharem a 7,14% do município, cerca de 104,68km².

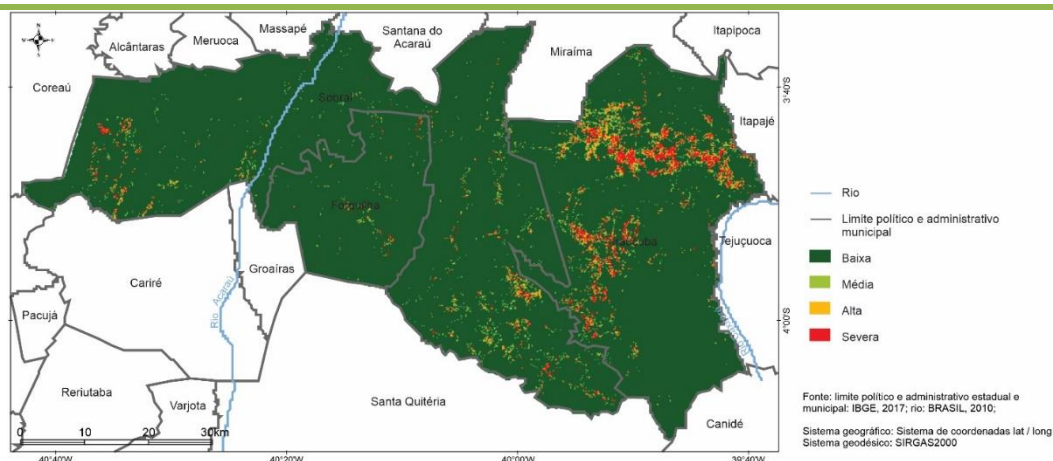


Figura 10 – Vulnerabilidade ambiental: núcleo de desertificação Irauçuba.

Fonte: Autores (2023).

Nos outros municípios, as mesmas classes representaram valores abaixo de 1%. Araújo Filho e Silva (2015) especificaram que os principais fatores de degradação em Irauçuba estão atrelados ao sobrepastoreio caprino e ovino, em função de gerar impactos generalizados na vegetação. Sales (2015) alertou sobre os problemas ambientais associados ao solo exposto no núcleo, que favorecem os processos de erosão acelerada e a intensidade da degradação ambiental.

4.4. Núcleo de desertificação Jaguaribe – estado do Ceará

A área do núcleo refere-se a 8.436,52km², onde vivem 8.437 pessoas (IBGE, 2010), distribuídas entre os municípios cearenses de Alto Santo, Jaguaribama, Jaguaribara, Jaguaribe e Morada Nova. O clima Tropical semiárido prevalece, caracterizado por cerca de oito meses secos e temperaturas médias mensais elevadas, sempre acima de 18°C (IBGE, 2006a). A Depressão se estende em toda área, recortada pela Planície fluvial (IBGE, 2006b). Entre os solos, destacam-se os Neossolos litólicos, Planossolo nítrico e Luvisso solo crômico (IBGE, 2006c), onde desenvolvem três tipologias de formações vegetais (Figura 11).

Resta muito pouco de vegetação, constituída, sobremaneira, de Formação savânica, ao equiparar-se a uma média de 38,00% para os 35 anos (Figura 11). As atividades agropastoris têm a fragmentado e, por conseguinte, o Mosaico de agricultura-pastagem e a Pastagem dominam a paisagem, ao condizer, respectivamente, a 41,33% e 14,50% na média dos 35 anos.

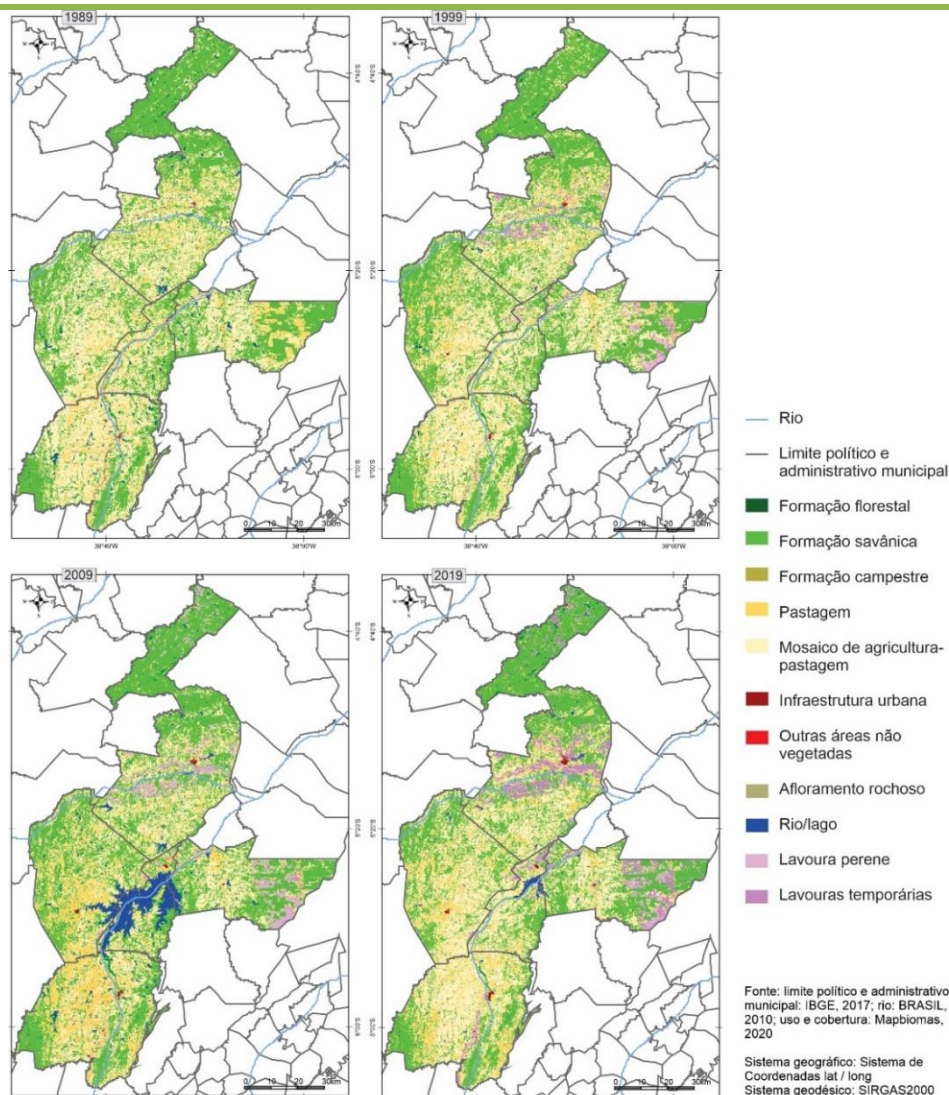


Figura 11 – Uso e cobertura da terra: núcleo de desertificação de Jaguaribe – 1989 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

Na área, experimentaram reduções da vegetação, com a acentuação em alguns anos, a exemplo de 2001-2002 e, continuamente, a partir de 2010 (Figura 12). Observou a diminuição da extensão da classe de Mosaico de agricultura-pastagem no período de análise, ao contrário do que se verificou com a Pastagem, que tendeu a crescer.

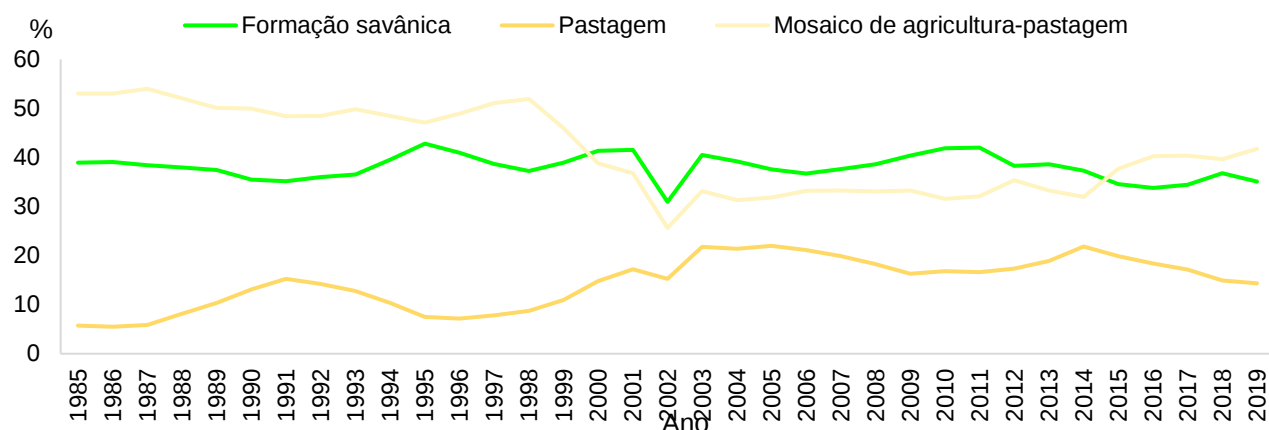


Figura 12 – Predomínio das classes de uso cobertura da terra: núcleo de desertificação Jaguaribe – 1985 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

Na modelagem, a classe de Baixa vulnerabilidade ambiental à desertificação equivaleu a 56,60% (Figura 13). Certificou a distribuição da Severa vulnerabilidade por toda área, que repercutiu em 26,85% da totalidade das terras, correspondente a 2.264,84km² do núcleo. Os piores casos são vistos nos municípios de Jaguaribe e Jaguaretama, pois, em ordem, 42,33% e 33,89% do território deles distribuem-se a aludida classe.

Nascimento e Farias (2016) apontaram para a continuidade do solo exposto em função das características de uso no núcleo, que favorece a erosão eólica e hídrica. Albuquerque *et al.* (2020) identificaram que a degradação do solo no núcleo de Jaguaribe encontra-se associada aos impactos da pecuária e cultivo de algodão sobre a vegetação, que ampliam o solo exposto, os processos erosivos e a extensão da desertificação.

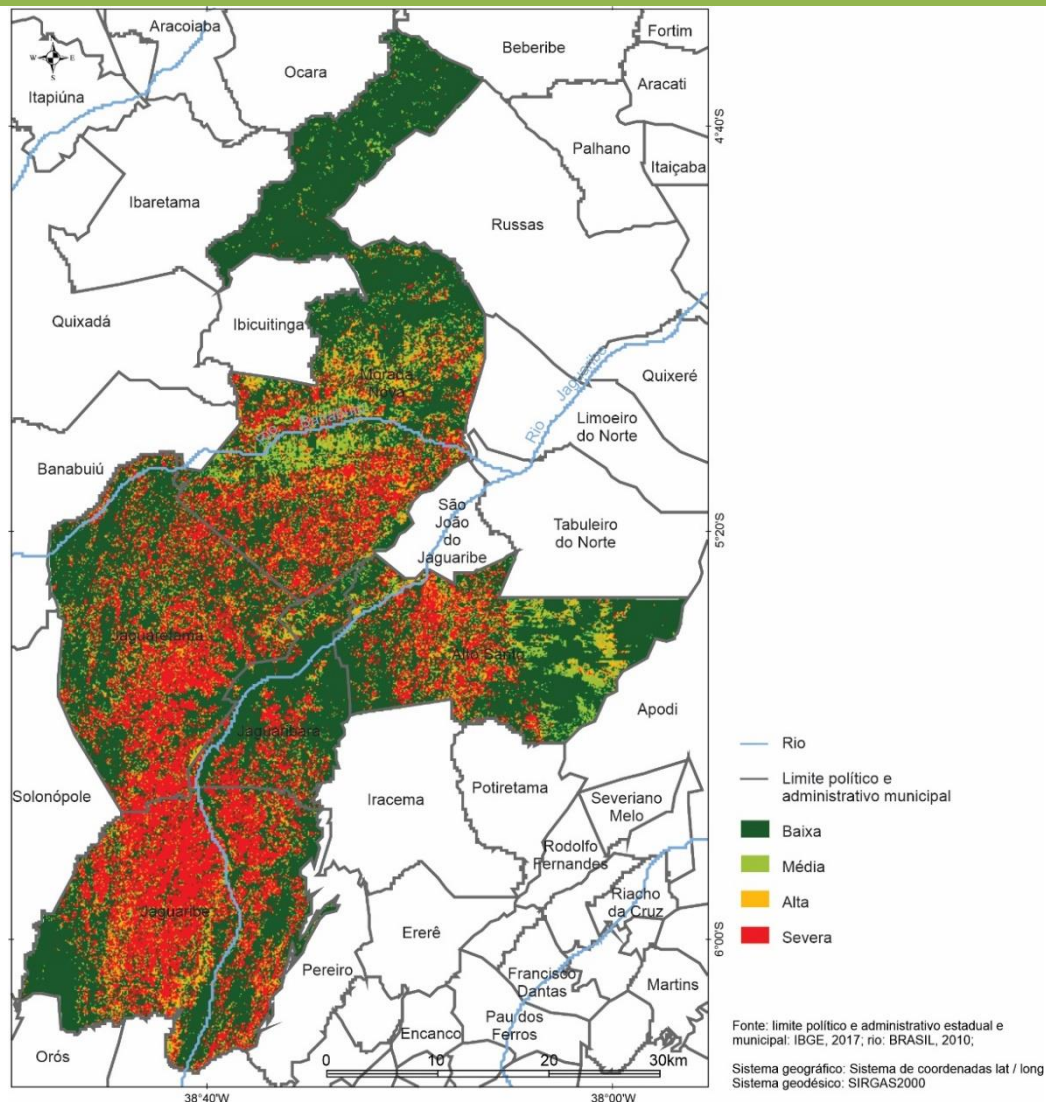


Figura 13 – Vulnerabilidade ambiental: núcleo de desertificação Jaguaribe.

Fonte: Autores (2023).

4.5. Núcleo de desertificação Seridó – estados de Paraíba e Rio Grande do Norte

O núcleo de Seridó é o mais extenso de todos, por perfazer 13.731,71km² e somar 34 municípios. Nele, encontram-se 407.895 habitantes, e o município de Patos é o mais populoso, com 100.674 pessoas; os menores contingentes populacionais são identificados em Parari e Coxixola, na ordem de 1.256 e 1.771 habitantes (IBGE, 2010).

O clima Tropical semiárido domina, praticamente, em todo o núcleo, e a área central, em 7.571,88km², é caracterizada pela ocorrência de nove a onze meses secos, o que demonstra a severidade climática (IBGE, 2006a). A unidade de relevo Planalto da Borborema prepondera, e uma pequena extensão do noroeste dispõem a Depressão sertaneja (IBGE, 2006b). Sobressaem os Neossolos litólicos, Vertissolos, e Planossolos, além de afloramentos rochosos no norte (IBGE, 2006c), e três formações vegetais medram, preponderantemente, sobre eles (Figura 14).

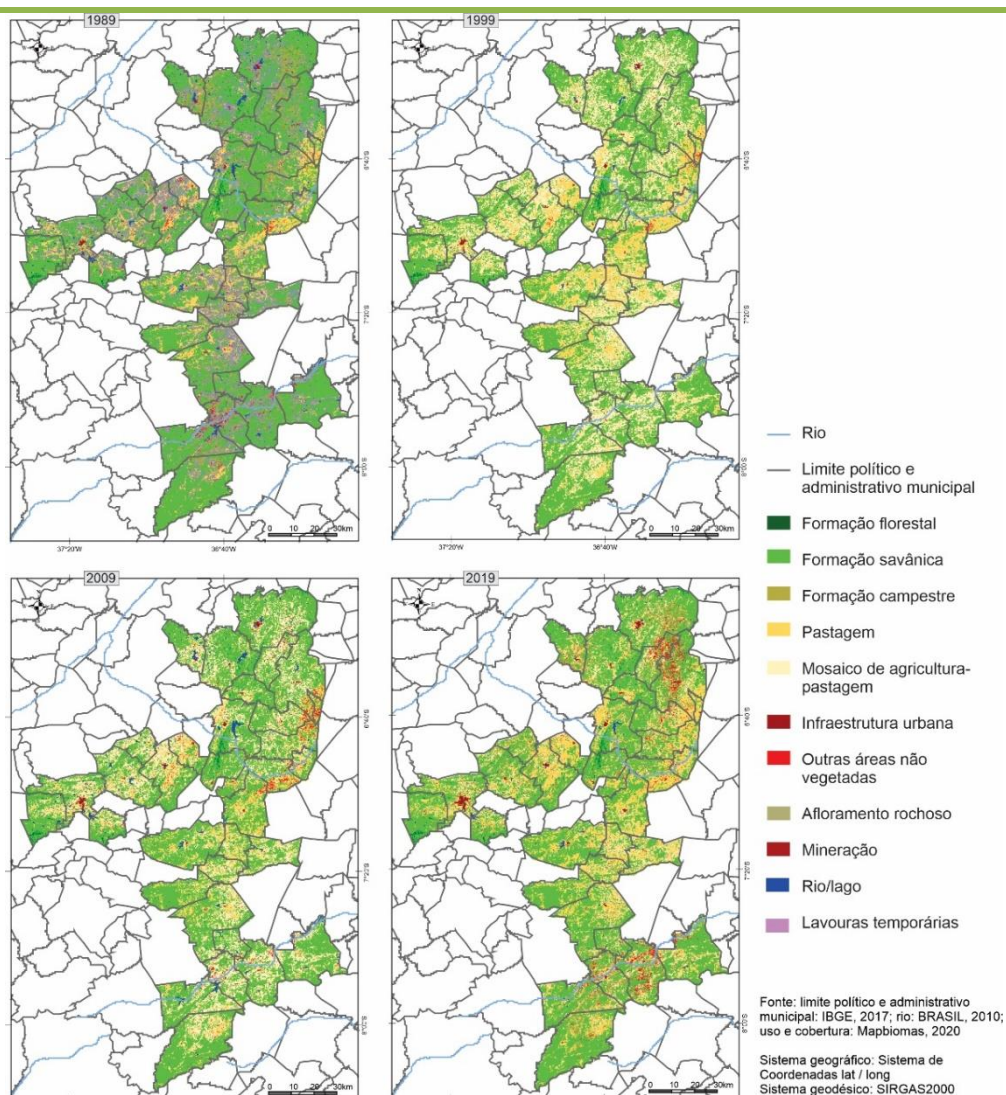


Figura 14 – Uso e cobertura da terra: núcleo de desertificação de Seridó – 1989 a 2019.
Fonte: Autores (2023).

As formações vegetais encontram-se bastante fragmentadas, e observa-se o predomínio de Formação savânica e Formação campestre (Figura 14). Para o período analisado, as médias correspondentes das referidas classes foram de 46,98% e 8,29%. Os principais usos incluem as atividades agropastoris, que recobrem as terras com o Mosaico de agricultura-pastagem e Pastagem na ordem de 26,47% e de 15,62% (Figura 15).

Há períodos de diminuição acentuada da vegetação, como ocorreu de 1994 a 2003 e, seguidamente, a partir de 2010 quando se referiu à Formação savânica (Figura 15). A Formação campestre obteve os menores índices de distribuição entre 1993 e 2009. Nos anos de 1993 e 2009, o Mosaico de agricultura-pastagem foram de maior abrangência, ao passo que começou a reduzir abruptamente nos anos sequenciais. O comportamento da pastagem demonstrou pequenas variações, sendo que a evolução positiva foi ininterrupta a partir de 2009.

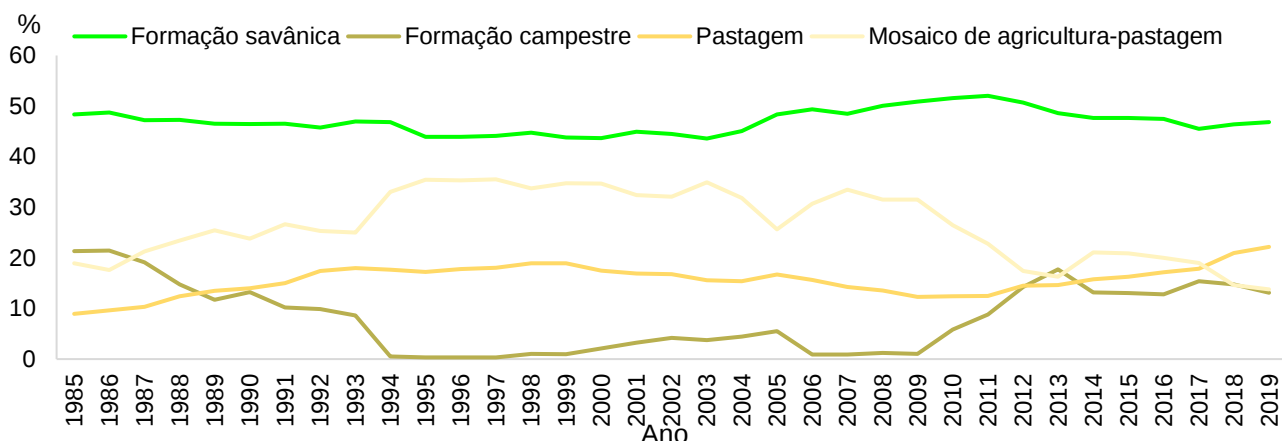


Figura 15 – Predomínio das classes de uso cobertura da terra: núcleo de desertificação Seridó – 1985 a 2019.

Fonte: Autores (2023).

O cenário de vulnerabilidade ambiental à desertificação (Figura 16) indica a grande extensão da classe Baixa, ao equivaler a 74,07%, seguida pela Severa, correspondente a 11,07%, ou seja, a 1.520,1km². Ver que essa se concentra em algumas porções territoriais do centro, oeste e leste, mas se distribui por diversos locais. As situações verificadas nos municípios de Santo André, São José do Sabugi e Baraúna são as mais preocupantes, pois, em ordem, 23,88%, 30,33% e 30,66% das terras deles condizem com a classe Severa. Lucena (2019) asseverou sobre as restrições de uso da terra no núcleo, em razão da fragilidade ambiental condicionada pelas características topográficas, climáticas, dos solos e cobertura vegetal. Esteves e Cruz (2022) verificaram que a expansão da agropecuária, extração de lenha ampliam o desmatamento, a exposição dos solos e, por conseguinte, os fatores de desertificação.

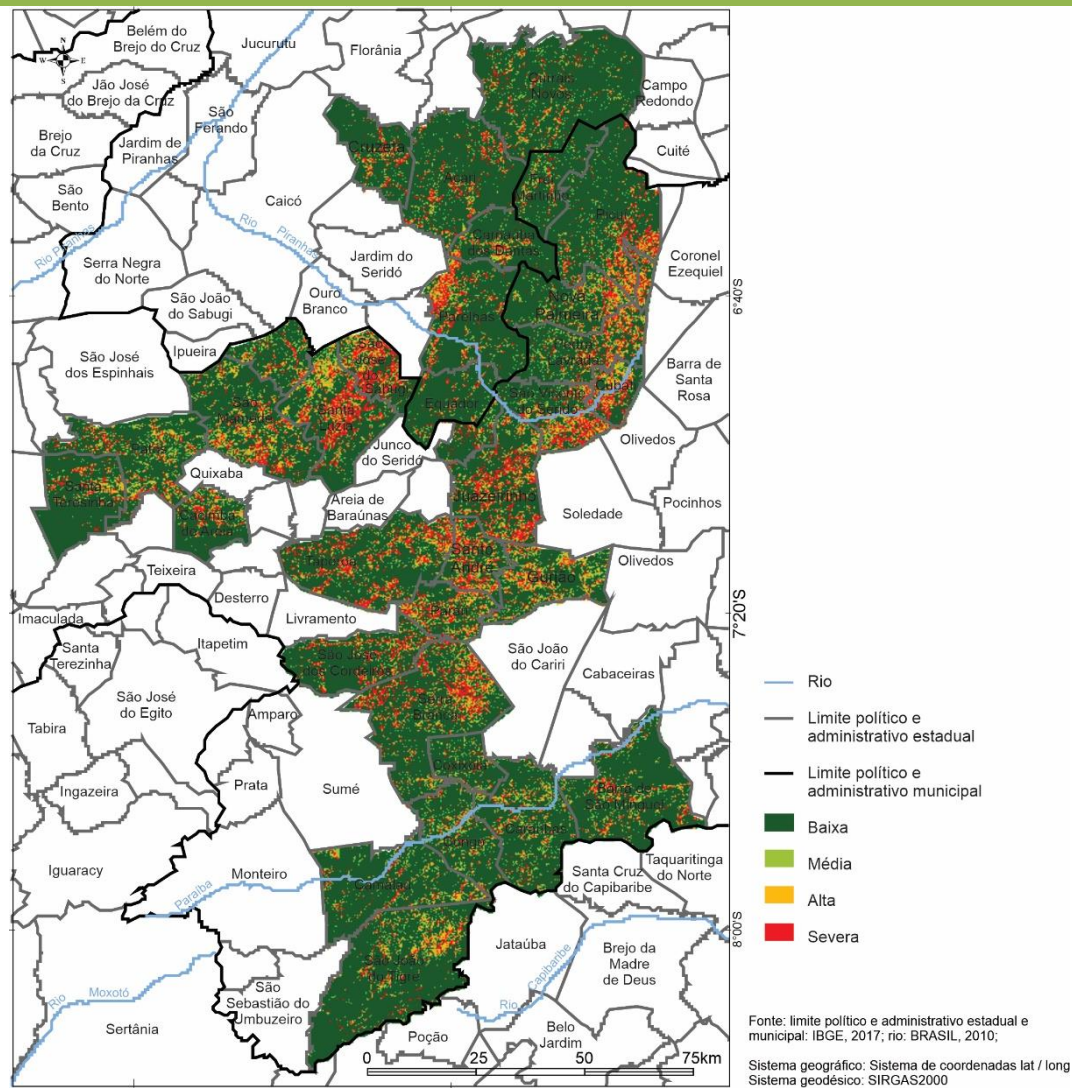


Figura 16 – Vulnerabilidade ambiental: núcleo de desertificação Seridó

Fonte: Autores (2023)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se a predominância do clima Tropical semiárido entre os núcleos de desertificação da Caatinga, com a ocorrência de uma longa estação seca. Isso influencia na distribuição de solos com profundidade rasa, como são os casos dos Neossolos litólicos, e a tipologia da vegetação. Identificou-se a amplitude da classe Formação savânica, em uma média de 35 anos acima dos 50% da totalidade da área dos núcleos de Cabrobó, Inhamus e, sobretudo, Irauçuba, por apresentar 80,40%. Abaixo desse valor, averiguou-se em Seridó, 46,98%, e, pior, em Jaguaribe, ao possuir 38,00%.

Em função do aumento de áreas destinadas às atividades agropecuárias e, com isso, da classe Mosaico de agricultura-pastagem, houve uma redução gradativa das formações vegetais em quase todos os núcleos. A situação de Jaguaribe configurou-se como a mais preocupante, por decair 1.341,86km² da área de Formação savânica quando comparado

os anos de 1985 e 2019. Essa circunstância não foi tão expressiva em Irauçuba, porque houve oscilações em determinados períodos, sem continuidade.

Os dados de uso e cobertura da terra, ao serem integrados, apontaram para expressar as áreas de baixa propensão à ocorrência da desertificação associado ao fator erosão acelerada. Em contrapartida, expuseram superfícies que indicam suceder desequilíbrio, como foram os casos dos entornos de rios, por encontrarem os índices mais acentuados de vulnerabilidade ambiental à desertificação.

Reconheceu que problemáticas, em relação à degradação das terras secas, são mais visíveis nos núcleos de Jaguaribe, Inhamuns e Cabrobó, em uma sequência de ocorrência da classe Severa de 26,85%, 14,67% e 14,51%. No núcleo de Cabrobó, por exemplo, o município de Itacuruba possuiu 61,99% do território classificado como de Severa vulnerabilidade ambiental à desertificação.

A circunstância de Inhamuns demonstrou a importância da conservação da vegetação para o equilíbrio ambiental, ao possuir 94,07% das terras definidas como de Baixa vulnerabilidade à desertificação. Com isso, apenas em 3,63% da área constatarem a classe Severa. O município de Forquilha, no núcleo de Irauçuba, possui a maior proporção de terras constituídas de Baixa vulnerabilidade ambiental, referente a 98,46%. Já, no núcleo de Jaguaribe, a classe aludida se estendeu em, somente, 56,60%. Frente às informações, foi possível verificar ambientes conservados, que podem conduzir a práticas conservacionistas de combate aos fatores de desertificação, como o estabelecimento de unidades de conservação.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 53, p. 1-19, 1977.

AKBARI, M. *et al.* Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. **Ecological Indicators**, v. 111, p. e106011, 2020.

ADERALDO, P. I. C. Paisagens no núcleo de desertificação dos Inhamuns e seu entorno, Ceará, Brasil. **Ar@cne**, v. 24, p. e249, 2020.

ALBUQUERQUE, D. S. *et al.* Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 673-696, 2020.

ARAÚJO, J. A.; SOUZA, R. F. Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no Rio Grande do Norte. **GEOSUL**, v. 32, n. 65, p. 122-143, 2017.

ARAÚJO FILHO, J. A.; SILVA, N. L. Impactos e mitigação do antropismo no núcleo de desertificação de Irauçuba-CE. In: OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. (Orgs.). **Monitoramento da desertificação em Irauçuba**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015. p. 21-45.

BARBOSA NETO, M. V. *et al.* Rill and sheet soil erosion estimation in an area undergoing desertification in the Brazilian semi-arid region. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, p. 1183-1191, 2021.

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

BRASIL. **Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2005.

BRIASSOULIS, H. Combating land degradation and desertification: the land-use planning quandary. **Land**, v. 8, n. 2, p. e27, 2019.

CAMARGO, L. H. R. **A Geoestratégia da natureza**: a Geografia da complexidade e a resistência à possível mudança do padrão ambiental planetário. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010. 328p.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Salinity of the soil and the risk of desertification in the Semiarid region. **Mercator**, v. 19, p. e19002, 2020.

CHEN, S.; ZHA, X. Evaluation of soil erosion vulnerability in the Zhuxi watershed, Fujian Province, China. **Natural Hazards**, v. 82, p. 1589-1607, 2016.

CHRISTIAN, B. A.; DHINWA, P. S.; AJAI. Long term monitoring and assessment of desertification processes using medium & high resolution satellite data. **Applied Geography**, v. 97, p. 10-24, 2018.

CONTI, J. B. A Caatinga e a desertificação no Semi-árido brasileiro. **Sociedade e Território**, v. 2, p. 329-334, 2008.

COSTA, T. C. C. *et al.* B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 961-974, 2009.

CRUZ, O. Geografia Física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. **Boletim de Geografia Teorética**, n. 15, p. 53-62, 1985.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 93, p. 59-69, 2011.

DAI, Q. *et al.* Runoff and erosion processes on bare slopes in the Karst Rocky Desertification Area. **Catena**, v. 152, p. 218-226, 2017.

DARBALAEVA, D.; MIKHEEVA, A.; ZHAMYANOVA, Y. The socio-economic consequences of the desertification processes in Mongolia. **S Web Conf.**, v. 164, p. e11001, 2020.

EMADODIN, I.; REINSCH, T.; TAUBE, F. Drought and desertification in Iran. **Hydrology**, v. 6, n. 3, p. e66; 2019.

ESTEVES, P. M. S. V.; CRUZ, F. S. Avaliação dos impactos do processo de desertificação no Seridó Ocidental a partir de indicadores biofísicos e sociais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e1411326082, 2022.

FERNANDEZ, F. N.; PIETRAFESA, P. Problemática ambiental e políticas públicas de meio ambiente no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 3, p. 221-248, 2021.

FERREIRA, T. R. *et al.* Identification of desertification-sensitive areas in the brazilian northeast through vegetation índices. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 6, p. 1190-1202, 2017.

FONSÊCA, D. N. *et al.* Mapeamento morfodinâmico como suporte à análise de processos de degradação em áreas do município de Cabrobó – Pernambuco. **RCGS**, v. 19, n. 2, p. 92-107, 2017.

GIBBSAB, H. K.; SALMONB, J. M. Mapping the world's degraded lands. **Applied Geography**, v. 57, p. 12-21, 2015.

GONÇALVES, E. O. *et al.* A. Social, environmental, socio-environmental and environment vulnerability: concepts and conceptions. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, n. 76, p. 44-58, 2022.

HUANG, L. *et al.* Global desertification vulnerability to climate change and human activities. **Land Degradation & Development**, v. 31, n. 11, 2020.

IBGE. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006a.

_____. **Mapa de geomorfológico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006b.

_____. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006c.

_____. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 jul. 2013.

_____. **Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala 1:250.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IMAMOGLU, A.; DENGIZ, O. Evaluation of soil quality index to assess the influence of soil degradation and desertification process in sub-arid terrestrial ecosystem. **Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali**, v. 30, p. 723-734, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA. **INSA publica mapas dos núcleos de desertificação do semiárido**. 2014. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br>. Acesso em: 1 nov. 2019.

JIANG, L. *et al.* Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 195-208, 2019.

LANDIM, R. B. T. V.; SILVA, D. F.; ALMEIDA, H. R. R. C. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1 p. 1-21, 2011.

LEFF, E. **Aposta pela vida**: imaginação sociológica e imaginários sociais nos territórios ambientais do Sul. Petrópolis: Vozes, 2016. 512p.

LEMOS, J. E.; SOUZA, B. I.; DINIZ, M. T. M. Sistemas, caos e o processo de desertificação no Semiárido Brasileiro: complexidade e interações. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 1, p. 136-154, 2020.

LENSHIE N. E. *et al.* Desertification, migration, and herder-farmer conflicts in Nigeria: rethinking the ungoverned spaces thesis. **Small Wars & Insurgencies**, 2020, p. 1-31.

LI, L.; XIONG, K. Study on peak cluster-depression rocky desertification landscape evolution and human activity-influence in South of China. **European Journal of Remote Sensing**, v. 54, n. 2, p. 309-317, 2021.

LOPES, L. S. O.; SANTOS, R. W. P.; MIGUEL FILHO, M. A. Núcleo de desertificação de Gilbués (PI): causas e intervenções. **Geografia**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 2011.

LUCENA, M. S. Aspectos ambientais das Áreas Susceptíveis à Desertificação e características socioambientais do núcleo de desertificação do Seridó do Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB). **HOLOS**, v. 5, p. e3938, 2019.

MACAMBIRA, D. M.; GOMES, J. M. A. Desertificação em Gilbués – Piauí: uma possível abordagem a partir da História Ambiental. **História: Questões & Debates**, v. 69, n. 2, p. 155-187, 2021.

MAPBIOMAS. **Algorithm theoretical basis document**. Mapbiomas. 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 1 nov. 2020.

MARTINS, A. F. *et al.* Physical, chemical, and microbiological properties of soil under different plant covers in the Seridó Desertification Region in the Brazilian Semiarid. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, p. e0180162, 2019.

MASOUDI, M.; JOKAR, P.; PRADHAN, B. A new approach for land degradation and desertification assessment using geospatial techniques. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 18, p. 1133-1140, 2018.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação**: histórico e perspectivas. UNESCO, Brasília, DF, 2001. 125p.

_____. **Ensaio sobre desertificação, políticas ambientais e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Humanitas, 2012. 178p.

MATOS, S. M. S.; SANTOS, A. C. Modernidade e crise ambiental: das incertezas dos riscos à responsabilidade ética. **Transformação**, v. 41, n. 2, p. 197-216, 2018.

MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. N. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: caso do município de Caucaia, estado do Ceará. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 1, p. 54-73, 2016.

MEIRA, S. A.; MARINHO, A. S.; SILVA, E. V. Fator solo em núcleos de desertificação no estado do Ceará, Brasil. **RCGS**, v. 21, n. 2, p. 227-240, 2019.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Global anthropogenic phosphorus loads to freshwater and associated grey water footprints and water pollution levels: a high-resolution global study. **Water Resources Research**, v. 54, p. 345-358, 2017.

MENDONÇA, F. Geografia Física: Complexidade, multiescalaridade e oportunidades em tempos de mudanças globais. **GEONORTE**, v. 4, n. 4, p. 239-248, 2012.

MENDONÇA, F.; CUNHA, F. C. A.; LUIZ, G. C. Problemática socioambiental urbana. **Anpege**, v. 12, n. 18, p. 331-352, 2016.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: UFG, 2013. 240p.

NASCIMENTO, F. R.; FARIAS, J. F. Compartimentação geoambiental como etapa metodológica para detecção e prospecção de áreas susceptíveis à desertificação (ASDS). **GEOgraphia**, v. 18, n. 38, p. 120-140, 2016.

O'CONNOR, A. *et al.* A complex social-ecological disaster: Environmentally induced forced migration. **Disaster Health**, v. 3, n. 4, p. 112-120, 2016.

OLIVEIRA, E. M.; SELVA, V. S. F. Estudo da erosão no Seridó paraibano como indicador do processo de desertificação: Juazeirinho, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n. 3, p. 876-894, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, I. **Da mata branca ao estado de degradação: a desertificação em Canudos-BA**. 2019. 369 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, I. Fragmentos vegetais da Caatinga e métricas da paisagem: uma abordagem no contexto do processo de desertificação. **ACTA Geográfica**, v.16, n. 41, p. 280-308, 2022.

OLIVEIRA JUNIOR, I. *et al.* Uso e cobertura da terra e o processo de desertificação no polo regional de Jeremoabo-Bahia. **Revista de Geografia**, v. 37, p. 130-149, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; PEREIRA, A. J.; SILVA, B. C. M. N. Uso e cobertura da terra no trópico semiárido: da apropriação ambiental às feições da desertificação. **Caderno de Geografia**, v. 32, p. 619-648, 2022.

PACHÊCO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A Transdisciplinaridade da Desertificação. **Geografia**, v. 15, n. 1, p. 5-34, 2006.

PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA JUNIOR, O.; LOBÃO, J. S. B. Análise da susceptibilidade à desertificação em ambiente de Caatinga. **GEO UERJ**, n. 37, p. e39260, 2020.

PEREIRA, A. J. *et al.* Fuzzy logic and topographic data: susceptibility to soil salinization in the municipality of Jeremoabo, Bahia. **Ciência Agrônômica**, v. 53, p. e20217823, 2022.

PORTO, P. S. S.; PORTO, M. F. S. Desastres, crise e justiça ambiental: reflexões a partir do contexto brasileiro. **O Social em Questão**, v. 18, n. 33, p. 153-176, 2015.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2011. 152p.

PRĂVĂLIE, R. *et al.* Global changes in soil organic carbon and implications for land degradation neutrality and climate stability. **Environmental Research**, v. 201, p. e111580, 2021.

REFATI, D. C. *et al.* A desertificação no Seridó do Rio Grande do Norte e da Paraíba: questão fundiária, pobreza rural e analfabetismo. **Desenvolvimento & Meio Ambiente**, v. 55, p. 697-720, 2020.

ROSA, H.; DÖRRE, K.; LESSENICH, S. Appropriation, activation and acceleration: the escalatory logics of capitalist modernity and the crises of dynamic stabilization. **Theory, Culture & Society**, v. 34, n. 1, p. 53-73, 2017.

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste brasileiro. **GEOUSP**, v. 13, p. 115-128, 2004.

SALES, M. C. L. Potencial de erosão das terras no núcleo de desertificação de Irauçuba estimada por meio dos parâmetros da EUPS. In: OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. (Orgs.). **Monitoramento da desertificação em Irauçuba**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015. p. 65-86.

SANTOS, N. A.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; BORGES, E. F. Análise integrada da paisagem: subsídios para o zoneamento ambiental em Canudos-BA. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 43, v. 3, p. 178-200, 2021.

SILVA, A. K. O.; SILVA, H. P. O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó – Pernambuco – Brasil. **PRACS**, v. 8, n. 1, p. 203-215, 2015.

SIMPLÍCIO, A. A. F. *et al.* Erosion at hillslope and micro-basin scales in the Gilbués desertification region, Northeastern Brazil. **Land, Degradation & Development**, v. 32, n. 3, p. 1487-1499, 2021.

SOUTO, R. D. O papel da Geografia em face da crise ambiental. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 87, p. 197-211, 2016.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 24, n. 1, p. 13-27, 2015.

TOMASELLA, J. *et al.* Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 73, p. 197-206, 2018.

TRIGUEIRO, E. R. C.; OLIVEIRA, V. P. V.; BEZERRA, C. L. F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação/desertificação no bioma Caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 3, n.1, p. 62-82, 2009.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION – UNCCD. **Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

VIEIRA, R. M. S. P. *et al.* O. Análise das interações entre dados climáticos e o processo de desertificação no núcleo de desertificação de Cabrobó-PE, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 9, n. 2, p. 72-87, 2018.

WEI, W.; WANG, B.; NIU, X. Soil Erosion Reduction by Grain for Green Project in Desertification Areas of Northern China. **Forests**, v. 11, n. 4, p. e473, 2020.

WIJITKOSUM, S. The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand. **Sustainable Environment Research**, v. 26, n. 2, p. 84-92, 2016.

ZHANGA, Z.; HUISINGH, D. Combating desertification in China: monitoring, control, management and revegetation. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 765-775, 2018.

ZHOU, Q. *et al.* Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. **Global Ecology and Conservation**, v 22, p. e00925, p. 1-11, 2020.

Recebido: 27.01.2023

Aceito: 06.06.2023