

Pressões antrópicas em Floresta Tropical Sazonalmente Seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil

Anthropogenic pressures in Seasonally Dry Tropical Forest in an area susceptible to desertification in Northeastern Brazil

João Paulo de Oliveira Santos¹, Khyson Gomes Abreu², José Rayan Eraldo Souza Araújo³, Valéria Fernandes de Oliveira Sousa⁴, Mônica Larissa Aires⁵

RESUMO: A Caatinga é uma floresta tropical sazonalmente seca endêmica do Brasil e com elevada biodiversidade. Contudo, grande parte dessa riqueza natural ainda é desconhecida e vulnerável a ameaças ambientais, com destaque para o processo de desertificação. No Estado da Paraíba, uma das áreas mais ameaçadas pela desertificação é a região do Seridó. Nesse sentido, esse estudo objetivou analisar as pressões antrópicas sob esse bioma na microrregião do Seridó Ocidental, utilizando-se indicadores como a cobertura do solo, supressão da vegetação primária e secundária, assim como a produção de lenha e carvão. Os dados utilizados foram obtidos em três bases distintas (Bdia, Mapbiomas e Sidra), analisados isoladamente e, posteriormente, em conjunto através de análise de componentes principais (ACP). Os resultados evidenciaram diferenças consideráveis no tocante à cobertura do solo entre os municípios dessa microrregião, assim como a predominância de áreas com agropecuária e Savana Estépica arborizada. A presença de vastas áreas com pastagem e com mosaicos de pastagem agricultura foi observada. Observou-se ainda redução temporal na supressão da vegetação primária e aumento na supressão da vegetação secundária. Os valores mais acentuados de extração de lenha e produção de carvão foram observados no início do período amostral. A ACP evidenciou as associações significativas entre a supressão da vegetação primária com a produção de lenha e carvão, bem como com a presença de mosaicos pastagem agricultura. Já a supressão da vegetação secundária esteve associada à abertura de áreas de pastagem. Os resultados em conjunto demonstram a susceptibilidade local à intensificação do processo de desertificação.

Palavras-chave: Caatinga. Desmatamento. Uso do Solo.

ABSTRACT: The Caatinga is a seasonally dry tropical forest endemic to Brazil and with high biodiversity. However, a large part of this natural wealth is still unknown and vulnerable to environmental threats, especially the desertification process. In the State of Paraíba, one of the areas most threatened by desertification is the Seridó region. In this sense, this study aimed to analyze the anthropogenic pressures under this biome in the Seridó Occidental microregion, using indicators such as soil cover, suppression of primary and secondary vegetation, as well as the production of firewood and charcoal. The data used were obtained from three different databases (Bdia, Mapbiomas and Sidra), analyzed separately, and later together through principal component analysis (PCA). The results showed considerable differences in terms of land cover between the municipalities in this micro-region, as well as the predominance of areas with agriculture and cattle raising and wooded Steppe Savannah. The presence of vast areas with pasture and with agricultural-pasture mosaics was observed. A temporal reduction in the suppression of primary vegetation and an increase in the suppression of secondary vegetation were also observed. The highest firewood extraction and charcoal production values were observed at the beginning of the sampling period. The PCA highlighted the significant associations between the suppression of primary vegetation with the production of firewood and charcoal and the presence of mosaics pasture-agriculture. The suppression of secondary

¹ Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, atuando na linha de Ecologia, Manejo e Conservação de Recursos Naturais. Brasil.

² Doutorando em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

³ Graduando em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

⁴ Doutoranda em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

⁵ Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil.



vegetation was associated with the opening of pasture areas. The results together demonstrate the local susceptibility to the intensification of the desertification process.

KEYWORDS: Caatinga. Deforestation. Use of the soil.

Autor correspondente: João Paulo de Oliveira Santos
E-mail: jpauloos04@gmail.com

Recebido em: 28/12/2021
Aceito em: 19/01/2023

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais sazonalmente secas (STDF) ocupam um terço da cobertura das florestas tropicais do planeta e por sua biodiversidade foram identificadas como áreas prioritárias para a conservação (Souza *et al.*, 2019). A Caatinga é uma floresta tropical sazonalmente seca endêmica do Brasil, representando uma das maiores áreas dessa categoria de cobertura florestal na América do Sul (Silva *et al.*, 2019).

Esse bioma é caracterizado por índices pluviométricos baixos e erráticos, altas temperaturas e alto potencial de evapotranspiração (Althoff *et al.*, 2018). A Caatinga está localizada na região Nordeste do Brasil, delimitando-se com o domínio da Mata Atlântica a Leste e com o Cerrado a Oeste e Sul. A presença de condições climáticas e edáficas altamente variáveis conduzem a um espectro diversificado de formações fitogeográficas nesse bioma (Silva *et al.*, 2019), com vegetação heterogênea e predominância de espécies decíduas, apresentando árvores e arbustos espaçados entre si (Barreto-Garcia *et al.*, 2021), que levam a flora da Caatinga a ser considerada a SDTF mais diversa do planeta (Silva *et al.*, 2019).

No entanto, embora dotada de relevante importância biológica, a vegetação nativa da Caatinga tem sofrido crescente pressão antrópica, principalmente devido à supressão da cobertura vegetal para diferentes fins, com destaque para o uso dessas áreas como pastagem para as práticas agropecuárias; uso como fonte de biomassa para abastecimento de energia (lenha e carvão vegetal); uso como fonte de produtos florestais não madeireiros, como frutas, fibras e óleos; e uso vinculado aos conhecimentos e práticas locais (Faggin *et al.*, 2017). Ainda, as mudanças na cobertura do solo são impulsionadas pela densidade populacional relativamente elevada, visto que esse bioma está inserido na região semiárida mais populosa do globo, além da predominância de pequenas propriedades rurais, que impõem forte pressão sobre os recursos naturais. Como resultado dessas fortes pressões antrópicas, atualmente mais de 90% da área de cobertura florestal desse bioma correspondem a vegetação de floresta secundária em regeneração (Althoff *et al.*, 2018).

A vegetação da Caatinga está hoje subdividida em pouco mais de 47.000 fragmentos de tamanhos variados, com três quartos da vegetação remanescente (32 milhões de ha) estando a apenas 1 km da borda mais próxima, o que expõe a maior parte desse bioma ao uso humano (Antongiovanni *et al.*, 2018). Como agravante, as áreas de Caatinga que estão sob proteção parcial correspondem a apenas 7,5% da cobertura vegetal, e as unidades de proteção integral ocupam apenas 1% do bioma (Vieira *et al.*, 2020).

Não surpreendentemente, a Caatinga está entre as florestas tropicais secas mais ameaçadas e menos estudadas do mundo (Barreto-Garcia *et al.*, 2021). Esse bioma sofre com diferentes ameaças ambientais que alteram ou eliminam habitats, com destaque para o processo de desertificação, que compromete ainda mais a pouco estudada biodiversidade da Caatinga, especialmente no tocante às espécies endêmicas (Andrade *et al.*, 2021).

O processo de desertificação, aliado a ações antrópicas e condições climáticas adversas, resulta no empobrecimento biológico dos ecossistemas (Fernandes *et al.*, 2020). Embora a análise do processo de desertificação seja extremamente complexa, visto que esse fenômeno deriva de diferentes fatores e ocorre em diferentes escalas temporais e espaciais, é amplamente reconhecido que a mudança no uso e cobertura da terra é um dos principais desencadeadores da desertificação, dado que o processo de degradação do ambiente é desencadeado pela remoção da cobertura vegetal natural (Vieira *et al.*, 2020).

Na Paraíba, um dos Estados brasileiros que mais sofre com o avanço do processo de desertificação, uma das áreas mais afetadas é o Seridó Paraibano. Na microrregião do Seridó Ocidental encontra-se parte do núcleo de desertificação do Seridó, cujo processo de desertificação está relacionado diretamente a fatores climáticos, processos pedogenéticos e intervenções antrópicas (Perez-Marin *et al.*, 2012). Nesse sentido, esse estudo objetivou analisar as pressões antrópicas sob o bioma Caatinga nessa microrregião, utilizando indicadores como a cobertura do solo, supressão da vegetação primária e secundária, assim como a produção de lenha e carvão, buscando, assim, compreender a interação entre esses fatores e como estes podem contribuir com o avanço local do processo de desertificação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na microrregião do Seridó Ocidental, no Estado da Paraíba (Figura 1), que engloba seis municípios: Junco do Seridó, Salgadinho, Santa Luzia, São José do Sabugi, São Mamede e Várzea, distribuídos em uma área de 1738,47 km². Em 2021, a população estimada dessa microrregião é de 41.388 habitantes. Essa microrregião está inserida

nos domínios do Semiárido brasileiro e apresenta vegetação de Savana Estépica (Caatinga) (Ibge, 2021).

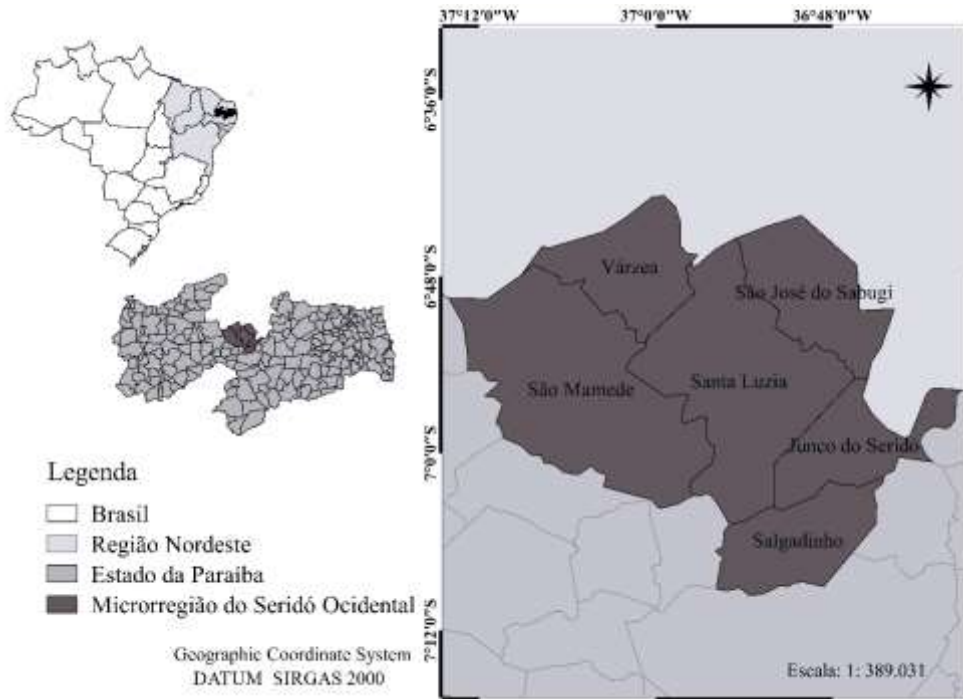


Figura 1. Localização da microrregião do Seridó Ocidental, Paraíba.

Para elaboração do mapa de cobertura do solo dessa microrregião foram utilizadas informações do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA) (versão 2.15.0) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esse mapeamento utiliza como metodologia a diferenciação e organização de forma hierárquica da cobertura da terra do território nacional, com ênfase na distribuição regional dos tipos de vegetação natural, conforme a Classificação da Vegetação brasileira utilizada pelo IBGE (Ibge, 2021). Para tanto, realiza-se a interpretação visual de imagens de satélites *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS), *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT) e do modelo digital de terreno do projeto da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Ibge, 2019). O mapa de cobertura do solo foi confeccionado utilizando-se o *software* Quantum GIS (QGIS), versão 2.0.1, licenciado sobre o regime de Licença Pública Geral, que, entre outros aspectos, caracteriza sua gratuidade.

Para analisar as pressões antrópicas sobre os estoques madeireiros da Caatinga dessa região, dados de extração de lenha nativa e produção de carvão na microrregião do Seridó Ocidental Paraibano, no período de 1990 a 2019, foram extraídos do banco de informações da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), do Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE), utilizando-se para isso o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) (Sidra, 2021).

Informações referentes à supressão da vegetação primária e secundária, bem como do uso agropecuário do solo no período de 1990 a 2019, foram obtidas a partir da coleção 6.0 da plataforma virtual do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS), produzido a partir de imagens do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT) e com acesso aberto (Mapbiomas, 2021).

Após extraídos, os dados foram organizados na forma de figuras, utilizando-se para isso o *software Microsoft Excel*®. Posteriormente, essa matriz de dados foi submetida a uma Análise de Componentes Principais (ACP). Essa categoria de análise é um método estatístico que permite reduzir um grande número de variáveis possivelmente correlacionadas a um conjunto menor de componentes não correlacionados, permitindo assim revelar a estrutura interna dos dados para melhor explicar as variações nos dados em análise (Congreves *et al.*, 2015). A ACP foi obtida a partir do pacote FactoMineR (*Factor Analysis e Data Mining* com R) (LÊ *et al.*, 2008) no *software* R versão 3.6.1 (R Core Team, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios do Seridó Ocidental da Paraíba, embora inseridos em uma região geográfica relativamente pequena (1738,47 km²), apresentam diferenças significativas no tocante à cobertura do solo (Figura 2). São José do Sabugi, por exemplo, possui 70,46% (149,9 km²) de seu território ocupado por atividades agropecuárias, em contraste com São Mamede, que 92,85% (493,78 km²) do território são ocupados por Savana Estépica arborizada. No entanto, a presença dessa subdivisão da Caatinga não é um indicativo pleno de uma vegetação em bom estado de conservação e sem pressões antrópicas, visto que, comumente, esse tipo de formação é frequentemente identificado em áreas em estágio de regeneração (Dario, 2017; Marinho *et al.*, 2019), em que, após o uso dessas áreas para fins agropecuários e posterior pousio, desenvolve-se um grupo de arbustos com porte uniforme, formado especialmente por *Mimosa ssp.*, *Caesalpinia ssp.* e *Croton ssp.* (Alves *et al.*, 2009).

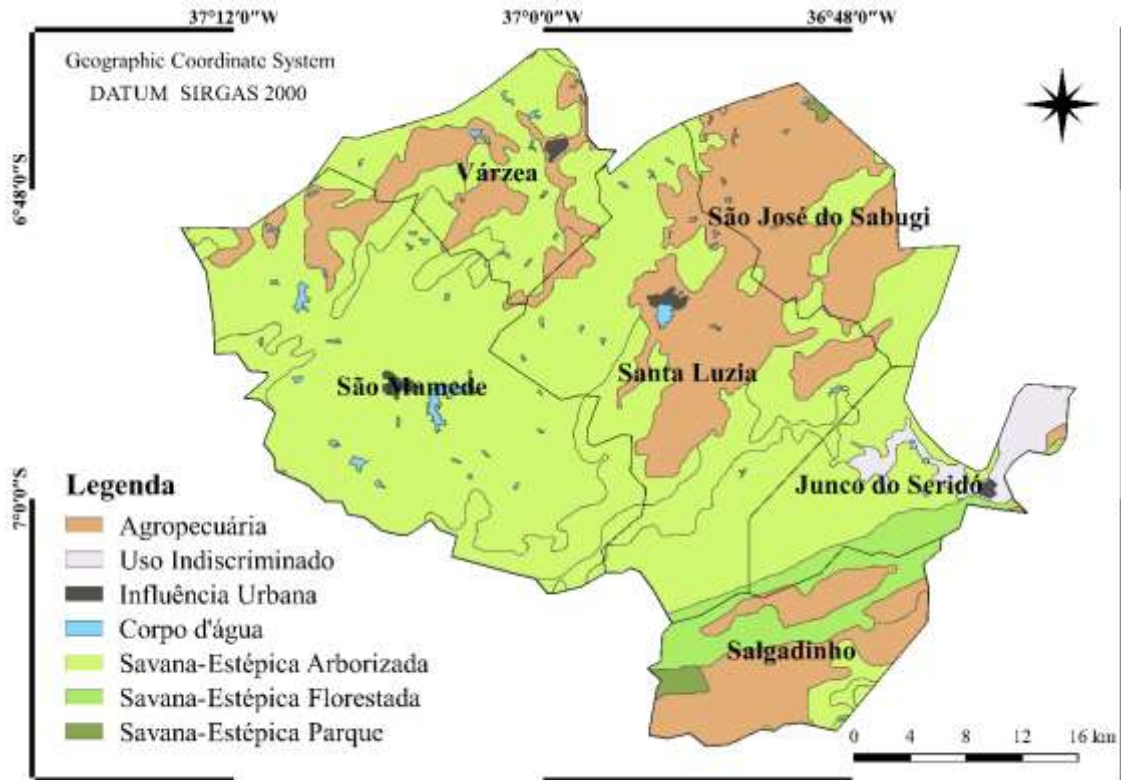


Figura 2. Cobertura do solo na microrregião do Seridó Ocidental Paraibano.

Nessa microrregião, apenas Junco do Seridó, Salgadinho e Santa Luzia apresentam áreas com Savana Estépica florestada, tipo de vegetação que se caracteriza por porte mais alto, árvores com média de 5 metros de altura e densidade variável (Dario, 2018), sendo as maiores áreas desse tipo de cobertura vegetal presentes em Salgadinho (52,61 km²). Verifica-se ainda que nessa microrregião esse tipo de cobertura se restringe a áreas com relevo mais acidentado, o que provavelmente levou a uma maior dificuldade para a sua supressão, e, conseqüentemente, tornou essas áreas um refúgio para a biodiversidade. A presença desse tipo de subdivisão de Caatinga em áreas de serras também é relatada em outras regiões do Nordeste, a exemplo das Terras Indígenas Pankararu, Entre Serras e Pankaiwká/Cristo Rei, localizadas nos municípios de Petrolândia, Tacaratu e Jatobá, em Pernambuco (Dario, 2018).

Destaca-se ainda que Salgadinho junto com São José do Sabugi são os únicos municípios dessa microrregião que apresentam Savana Estépica parque. Entre os municípios do Seridó Ocidental Paraibano, Junco do Seridó é o que apresenta a menor proporção do território com uso agropecuário (1,37%). No entanto, possui 21,22% (36,05 km²) de sua área com uso indiscriminado, o que provavelmente está associado às atividades de mineração presentes nesse município.

As áreas com pastagem e com mosaicos de pastagem agricultura nessa microrregião apresentaram cobertura superior a 25 mil hectares durante todo o período amostral (Figura 3). Maiores áreas com pastagem foram registradas em 2015, em que se atingiu 45.408 hectares. No que lhe concerne, as maiores áreas com mosaicos de pastagem agricultura foram observadas no início do período de monitoramento, no ano de 1991, com 49.192 hectares.

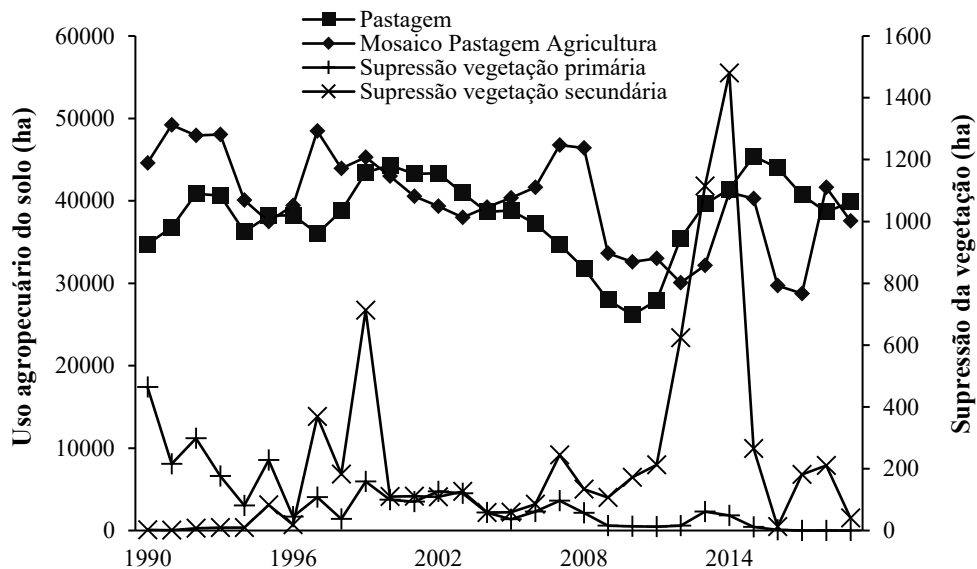


Figura 3. Uso agropecuário do solo e supressão da vegetação no Seridó Ocidental da Paraíba no período 1990-2019.

No tocante à supressão da vegetação, observou-se uma redução temporal na supressão da vegetação primária, que atingiu valores máximos no ano de 1990, com supressão de 464 hectares, sendo reduzida a 0 a partir do ano de 2017 (Figura 3). Em contraste, a supressão da vegetação secundária, que no início do período amostral exibia baixos valores, atingiu valores consideráveis no decorrer do monitoramento, com destaque para os anos de 2013 e 2014, quando foram suprimidos 1.114 e 1.480 hectares de vegetação secundária, respectivamente. Em florestas tropicais sazonalmente secas, o surgimento de florestas secundárias ou em regeneração está frequentemente associado a pousios pós uso agropecuário (Souza *et al.*, 2019). Após a supressão da cobertura vegetal, essas áreas são normalmente utilizadas para práticas agrícolas e criação de animais, que deixarão de ser usadas para esses fins após alguns anos, e que, por fim, desenvolverão florestas secundárias. Esses padrões de uso do solo transformam a paisagem da Caatinga em um mosaico de diferentes usos do solo e com fragmentação de vegetação em diferentes estágios de regeneração (Fernandes *et al.*, 2020).

Os valores mais acentuados de extração de lenha e produção de carvão foram observados nos primeiros anos do período em monitoramento, com valores máximos de 102.000 m³ de lenha em 1992 e 240 toneladas de carvão em 1993 (Figura 4). Redução acentuada nos valores de ambas as variáveis foram notadas a partir de 1995 para o carvão e de 1996 para a lenha. Ressalta-se que após sucessivas quedas na quantidade produzida de carvão, essa variável apresentou uma relativa estabilização nos últimos 20 anos do período amostral, com valores médios de 23 toneladas anuais. Esse comportamento também é reportado para outras áreas do Semiárido brasileiro, onde inicialmente o desmatamento da Caatinga era muito direcionado aos recursos lenhosos como fonte de energia, como, por exemplo, a produção de carvão. Porém, nas últimas décadas, houve uma intensificação do desmatamento desse bioma para outros fins, especialmente para a implantação de atividades agropecuárias (Souza *et al.*, 2021). Ainda, a redução na produção de carvão vegetal nas últimas décadas é reportada em todo o Estado da Paraíba, o que está associado à diminuição dos estoques madeireiros das florestas do Estado (Coelho Junior *et al.*, 2019).

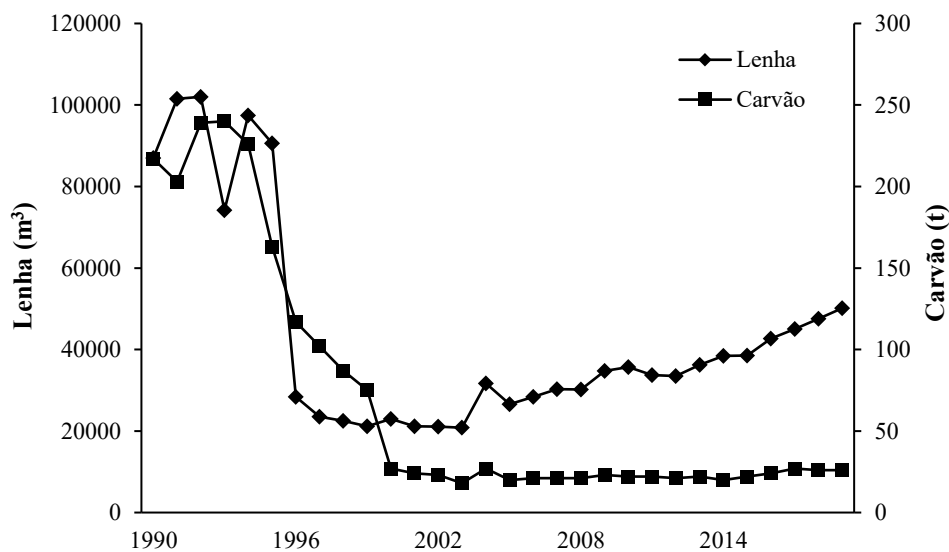


Figura 4. Extração de lenha e produção de carvão vegetal no Seridó Ocidental da Paraíba no período 1990-2019.

Já para a extração de lenha, após um período de queda e posterior estabilização, observou-se um aumento gradual nessa variável a partir do ano de 2004, com a extração de 50.164 m³ de lenha em 2019. Valores, ainda assim, bem inferiores aos observados no início dos anos de 1990. No Brasil, os usuários exclusivos de lenha se concentram majoritariamente nas regiões mais pobres do país, com destaque para a Região Nordeste. Dentre os biomas brasileiros, a Caatinga é o mais degradado com a exploração ilegal de lenha tanto para uso residencial quanto

industrial. Essa exploração, na maioria das vezes insustentável, tem forte relação com o poder de compra da população, um dos mais baixos do país. Destaca-se que, enquanto a lenha é obtida gratuitamente por esses indivíduos, outras formas de energia são consideradas caras e inacessíveis por grande parte da população local (Gioda, 2019). No entanto, as pressões antrópicas sob os estoques madeireiros da Caatinga não derivam apenas desse grupo vulnerável socialmente. A pressão sobre os recursos florestais para fornecimento de energia às empresas e indústrias é uma presença histórica na Caatinga e que perdura até hoje, podendo-se constatar que as maiores áreas desmatadas desse bioma estão localizadas exatamente no entorno de área onde se concentram a maior parte das indústrias (Faggin *et al.*, 2017).

Devido à grande demanda populacional por lenha, a extração desse recurso costuma ser realizada em ciclos curtos, não permitindo a recuperação da vegetação, o que pode afetar adversamente os processos do ecossistema (Althoff *et al.*, 2018). A retirada de lenha da Caatinga, se realizada de forma insustentável, pode impactar negativamente importantes serviços ecossistêmicos como a conservação do solo, recursos hídricos, biodiversidade e captura de carbono atmosférico (Althoff *et al.*, 2016).

A análise de componentes principais (ACP) explicou 67,6% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 5). No eixo 1, que aglutinou 48,1% da explicação dos dados, observou-se associação significativa entre a supressão da vegetação primária ($r = 0,85$; $p < 0.001$), com a produção de carvão ($r = 0,94$; $p < 0.001$), extração de lenha ($r = 0,83$; $p < 0.001$) e a presença de mosaicos pastagem agricultura ($r = 0,67$; $p < 0.001$). Resultados que evidenciam que, nas condições do Seridó Ocidental da Paraíba, a supressão da vegetação primária da Caatinga se dá principalmente para a extração de lenha, produção de carvão vegetal e abertura de novas áreas agrícolas, que posteriormente serão convertidas em áreas de pastagem. O desmatamento da vegetação nativa dá lugar à agricultura e pecuária promove degradação ambiental e induz o processo de desertificação, pois o pastejo reduz a vegetação de suporte e leva à compactação do solo, aumentando o escoamento superficial com a translocação de nutrientes. Esse cenário é ainda mais crítico quando combinado com práticas de produção agrícolas insustentáveis (Silva *et al.*, 2021). Nesse sentido, atenção especial deve ser dada às áreas dessa microrregião que são usadas intensivamente para a agropecuária, como as observadas em São José do Sabugi. E mesmo que eventualmente essas áreas sejam posteriormente deixadas em pousio e ocorra o desenvolvimento da vegetação secundária, tal prática está em curso desde a colonização portuguesa, deve-se atentar que o período entre cortes dessa vegetação secundária diminuiu gradualmente no Semiárido brasileiro (Araújo Filho *et*

al., 2018), o que inviabiliza a recuperação plena da vegetação e o desempenho de seus serviços ecossistêmicos (Althoff *et al.*, 2018).

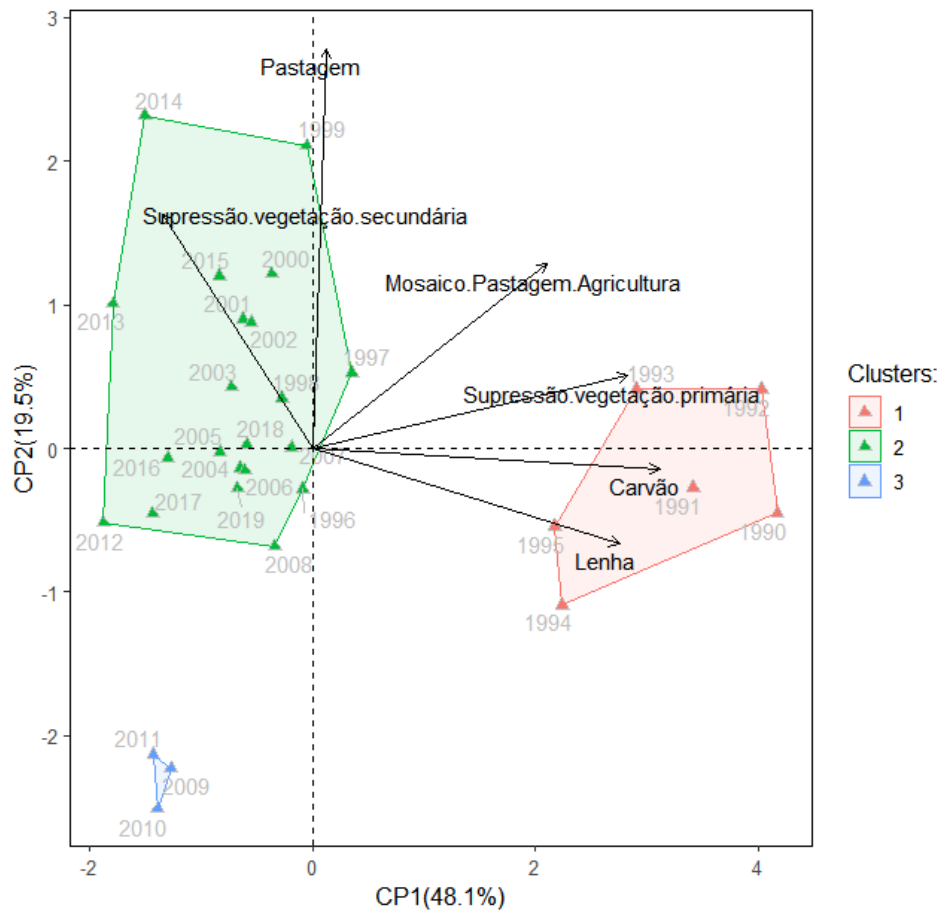


Figura 5. Análise de Componentes Principais (ACP).

No eixo 2 por sua vez, com 19,5% da explicação da variância original, verificou-se a associação significativa da supressão da vegetação secundária ($r = 0,49$; $p < 0.001$) com a presença de áreas de pastagem ($r = 0,84$; $p < 0.001$). Um tipo comum de uso da terra na Caatinga são as pastagens destinadas à criação animal, onde os animais são normalmente criados livremente se alimentando do pasto que cresce durante a estação chuvosa. E para estimular o crescimento da vegetação herbácea, muitos agricultores suprimem a vegetação secundária (Marinho *et al.*, 2016). Muito embora na Caatinga a vegetação seja adaptada às secas periódicas que ocorrem nessa região, eventos recentes de secas extremas desafiaram sua resiliência ecológica. Ademais, a vegetação em áreas desmatadas é, em geral, menos produtiva e menos responsiva a eventos de precipitação do que áreas não desmatadas (Salvatierra *et al.*, 2017), o que reflete em uma menor produção de lenha, como visto no Seridó Ocidental nos anos de 2013

e 2014, que embora tenham apresentado as maiores áreas suprimidas com vegetação secundária (Figura 3), não apresentaram picos de produção de lenha (Figura 4) e sim maiores áreas de pastagem, especialmente em 2015, ano posterior ao ápice da supressão dessa categoria de vegetação.

O uso dessas áreas para a criação animal por longos períodos, especialmente sob moldes insustentáveis, pode gerar uma série de problemas para a regeneração da Caatinga e aumentar a exposição do solo. Fatores que podem potencialmente iniciar um processo de desertificação, especialmente em áreas que sofreram com o corte raso anterior (Marinho *et al.*, 2016). Além disso, resultados como os obtidos por Silva *et al.* (2021) demonstram que a supressão dessa vegetação promove alterações na densidade do solo, promovendo um aumento na porosidade total; assim como leva à formação de microclimas, aumentando o déficit de temperatura do ar e de pressão de vapor, o que muito provavelmente leve também à redução da precipitação.

Ainda, a ACP permitiu a formação de três agrupamentos distintos (C1, C2 e C3). No C1, agruparam-se os anos com altos valores de supressão de vegetação primária e com a maior produção de lenha e carvão. No C2, aglutinaram-se os anos em que a supressão da vegetação secundária impacta fortemente na presença de áreas com pastagem. Já no C3, agruparam-se os anos de 2009, 2010 e 2011, que se caracterizaram por apresentar os menores valores de áreas com pastagem do período amostral, associados ainda com baixos valores de supressão da vegetação secundária.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há elevada pressão antrópica sob a Caatinga no Cariri Ocidental da Paraíba, com grande parte do solo dessa microrregião destinado a atividades agropecuárias ou com cobertura do tipo Savana Estépica arborizada, que potencialmente são áreas de vegetação secundária e estão também sendo suprimidas para dar lugar a pastagens. Soma-se ainda a esse cenário as áreas com uso indiscriminado, como as identificadas em Junco do Seridó. Ainda, verifica-se que a redução temporal na produção de lenha e carvão está associada à diminuição das áreas de vegetação primária. Os resultados em conjunto demonstram a susceptibilidade local dessa microrregião à intensificação do processo de desertificação, especialmente em um cenário de mudanças climáticas, que pode maximizar o desencadeamento desse fenômeno.

REFERÊNCIAS

- ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; CARVALHO, A. L.; PINTO, A. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; OMETTO, J. P. H. B. *et al.* Climate change impacts on the sustainability of the firewood harvest and vegetation and soil carbon stocks in a tropical dry forest in Santa Teresinha Municipality, Northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 360, p. 367-375, 2016.
- ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; PINTO, A. S.; PAREYN, F. G. C.; CARVALHO, A. L.; MARTINS, J. C. R. *et al.* Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 254, p. 26-34, 2018.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDRADE, D. C.; MORAIS, S. A.; MARTEIS, L. S.; GAMA, R. A.; FREIRE, R. C. D. M.; REKOWSKI, B. S. *et al.* Diversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Caatinga Biome, Brazil, from the Widespread to the Endemic. **Insects**, v. 11, n. 8, p. 468, 2020.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1353-1367, 2018.
- ARAUJO FILHO, R. N.; FREIRE, M. B. G. S.; WILCOX, B. P.; WEST, J. B.; FREIRE, F. J.; MARQUES, F. A. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, v. 407, p. 210-220, 2018.
- BARRETO-GARCIA, P. A. B.; BATISTA, S. G. M.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; PAULA, A.; BATISTA, W. C. A. Short-term effects of forest management on soil microbial biomass and activity in caatinga dry forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 481, p. 118790, 2021.
- BDiA. Banco de Dados de Informações Ambientais. **Plataforma digital do IBGE**: versão 2.15.0. Rio de Janeiro: BDiAWEB, 2021.
- COELHO JUNIOR, L. M.; MEDEIROS, M. G. D.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; JOAQUIM, M. S.; SILVA, M. L. D. Regional Concentration of Charcoal Production in the State of Paraíba, Brazil (1994-2016). **Revista Árvore**, v. 43, n. 1, p. e430105, 2019.
- CONGREVES, K. A.; HAYES, A.; VERHALLEN, E. A.; VAN EERD, L. L. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 17-28, 2015.
- DARIO, F. R. Estudo fitossociológico de uma área de caatinga em estágio inicial de sucessão ecológica no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Geotemas**, v. 7, n. 1, p. 71-83, 2017.
- DARIO, F. R. Uso de plantas da caatinga pelo povo indígena Pankararu no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Geotemas**, v. 8, n. 1, p. 60-76, 2018.
- FAGGIN, J. M.; BEHAGEL, J. H.; ARTS, B. Sustainable forest management and social-ecological systems: An institutional analysis of Caatinga, Brazil. **Forests**, v. 8, n. 11, p. e454, 2017.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; GARCIA, J. R.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; PINTO, A. S. *et al.* Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semi-arid region, Brazil: 1992-2030. **Land use Policy**, v. 99, p. e104795, 2020.

GIODA, A. Residential fuelwood consumption in Brazil: Environmental and social implications. **Biomass and Bioenergy**, v. 120, p. 367-375, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 20 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas e outras áreas**. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 176 p., 2019.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

MAPBIOMAS. **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Coleção 6.0 v. 1. Plataforma virtual. São Paulo: Observatório do Clima/SEEG, 2021.

MARINHO, F. P.; MAZZOCHINI, G. G.; MANHÃES, A. P.; WEISSER, W. W.; GANADE, G. Effects of past and present land use on vegetation cover and regeneration in a tropical dryland forest. **Journal of Arid Environments**, v. 132, p. 26-33, 2016.

MARINHO, I. V.; LÚCIO, A. M. F. N.; HOLANDA, A. C.; FREITAS, C. B. A. Análise comparativa de dois remanescentes arbustivo-arbóreo de Caatinga. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, p. e201701518, 2019.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. D. M. B.; MEDEIROS, S. S. D.; TINÔCO, L. B. D. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2013.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2021. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 02 dez. 2021.

SALVATIERRA, L. H. A.; LADLE, R. J.; BARBOSA, H.; CORREIA, R. A.; MALHADO, A. C. Protected areas buffer the Brazilian semi-arid biome from climate change. **Biotropica**, v. 49, n. 5, p. 753-760, 2017.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>. Acesso em: 02 dez. 2021.

SILVA, J. L. S. E.; CRUZ-NETO, O.; PERES, C. A.; TABARELLI, M.; LOPES, A. V. Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. **PloS One**, v. 14, n. 5, p. e0217028, 2019.

SILVA, T. G. F.; QUEIROZ, M. G.; ZOLNIER, S.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, C. A. A.; MOURA, M. S. B. *et al.* Soil properties and microclimate of two predominant landscapes in the Brazilian semiarid region: Comparison between a seasonally dry tropical forest and a deforested area. **Soil and Tillage Research**, v. 207, p. e104852, 2021.

SOUZA, A. M.; SILVA, C. M. S.; BEZERRA, B. G. Caatinga Albedo Preserved and Replaced by Pasture in Northeast Brazil. **Atmosphere**, v. 12, n. 12, p. 1622, 2021.

14

SOUZA, D. G.; SFAIR, J. C.; PAULA, A. S.; BARROS, M. F.; RITO, K. F.; TABARELLI, M. Multiple drivers of aboveground biomass in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 435, p. 57-65, 2019.

VIEIRA, R. M. D.; TOMASELLA, J.; BARBOSA, A. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUEZ, D. A.; REZENDE, F. S. *et al.* Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 1, p. 224-240, 2021.