

Uso e ocupação do solo e pressões antrópicas em floresta tropical sazonalmente seca no Cariri oriental da Paraíba, Brasil

Land use and occupation and anthropic pressures in a seasonally dry tropical forest in the eastern Cariri of Paraíba, Brazil

João Paulo de Oliveira Santos¹, Mônica Larissa Aires de Macêdo²

RESUMO: A Caatinga é um bioma endêmico do Brasil e classificada como floresta tropical sazonalmente seca, sendo detentora de relevante biodiversidade e importância ambiental e social. Todavia, atividades antrópicas como as queimadas, desmatamento, agricultura e pastoreio, vêm suprimindo consideráveis áreas de vegetação desse bioma, contribuindo para a sua fragmentação. Nesse sentido, esse estudo objetivou analisar as pressões antrópicas sobre o bioma Caatinga na microrregião do Cariri Oriental da Paraíba, utilizando-se métricas como o uso e cobertura do solo, supressão da vegetação primária e secundária, assim como a extração de lenha e produção de carvão. Utilizou-se dados oriundos de três bases distintas (BDiA; MAPBIOMAS e SIDRA), analisados isoladamente e, posteriormente, em conjunto através de análise de componentes principais (ACP). Diferenças consideráveis foram observadas para o uso e cobertura do solo entre os municípios dessa microrregião, com a predominância de áreas com agropecuária e de Savana Estépica Arborizada. O mosaico de usos (Pastagens/Agricultura) foi a principal classe de uso agropecuário do solo no Cariri Oriental. Supressão da vegetação primária superior a 1000 hectares foi registrada nos anos de 1990, 1991, 1992, 1995, 1996 e 1998. Valores acentuados de extração de lenha (>130.000 m³ anuais) foram observados no período 1998-2001. A ACP evidenciou as associações significativas entre a supressão da vegetação primária com a produção de lenha e carvão. Os resultados em conjunto demonstram a susceptibilidade local da Caatinga e a necessidade de ações de conservação desse bioma.

Palavras-chave: Caatinga. Desmatamento. Recursos Florestais.

ABSTRACT: The Caatinga is an endemic biome in Brazil and classified as a seasonally dry tropical forest, with relevant biodiversity and environmental and social importance. However, anthropic activities such as burning, deforestation, agriculture and grazing, have been suppressing considerable areas of vegetation in this biome, contributing to its fragmentation. In this sense, this study aimed to analyze the anthropic pressures under the Caatinga biome in the micro-region of the Cariri Oriental da Paraíba, using metrics such as land use and cover, suppression of primary and secondary vegetation, as well as the extraction of firewood and production of coal. Data from three different databases were used (BDiA; MAPBIOMAS and SIDRA), analyzed separately and, subsequently, together through principal component analysis (PCA). Considerable differences were observed for land use and cover among the municipalities in this micro-region, with predominance of areas with agriculture and livestock and Wooded Stépica Savannah. The mosaic of uses (Pastures/Agriculture) was the main agricultural land use class in Eastern Cariri. Suppression of primary vegetation greater than 1000 hectares was registered in the years 1990, 1991, 1992, 1995, 1996 and 1998. Significant values of firewood extraction (>130,000 m³ per year) were observed in the period 1998-2001. The ACP showed significant associations between the suppression of primary vegetation and the production of firewood and charcoal. The results together demonstrate the local susceptibility of the Caatinga and the need for conservation actions in this biome.

Keywords: Caatinga. Logging. Forest resources.

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

Recebido em: 20/03/2023
Aceito em: 30/05/2023

¹ Doutor em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba – CCA, Areia (PB), Brasil.

² Doutora em Geografia, Universidade Federal da Paraíba – CCEN, João Pessoa (PB), Brasil.



INTRODUÇÃO

O Semiárido do Brasil é caracterizado pela ocorrência de amplitude térmica entre o período diurno e noturno, elevada radiação solar, baixa umidade do ar e irregularidades pluviométricas, com chuvas erráticas e intermitentes concentradas em poucos meses do ano, além de alta evapotranspiração (Costa *et al.*, 2022). Os solos dessa região em sua maioria possuem pouca profundidade, baixa capacidade de retenção de água, pH ácido e problemas de drenagem. Ainda, em algumas áreas ocorrem solos salinos e pobres em nutrientes (Andrade *et al.*, 2021).

Essa região é coberta pelo bioma Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro e que possui extensão de 982.563 km², o que representa, 11% do território brasileiro (Silva *et al.*, 2020a). A Caatinga é classificada como uma floresta tropical sazonalmente seca (SDTF) ecologicamente rica, com importância ambiental e social bem definida, visto que a população local desenvolveu sólidas tradições culturais. Esse bioma abriga aproximadamente 4479 espécies vegetais e uma quantidade significativa de espécies endêmicas (Sousa Junior *et al.*, 2022). Ressalta-se que a Caatinga se encontra em uma das regiões semiáridas mais populosas e biologicamente diversas do mundo, apresentando diferentes tipos de comunidades vegetais oriundas das variações de microclimas e tipos de solo presentes (Jesus *et al.*, 2022).

Ao longo dos últimos três séculos, no Semiárido Brasileiro a agropecuária extensiva foi praticada para fins comerciais com pouca preocupação com a sustentabilidade dos recursos (Ledru *et al.*, 2022). De modo que, atualmente a Caatinga é um dos biomas mais ameaçados do país (Correia *et al.*, 2017). Essa ameaça é resultado de atividades antrópicas como as queimadas, desmatamento, agricultura e pastoreio, que vem suprimindo consideráveis áreas de vegetação nativa (Silva *et al.*, 2020a), e tornado esse bioma altamente fragmentado (Correia *et al.*, 2017). Essa degradação da Caatinga reduz gradativamente a resiliência da vegetação nativa (Jesus *et al.*, 2022) e somada com outros fatores, como a exposição do solo, pode resultar no surgimento de núcleos de desertificação (Costa *et al.*, 2022).

Atualmente cerca de 45% desse bioma já foi desmatado, estando o restante em vários estágios sucessionais (Costa *et al.*, 2022). A cobertura florestal da Caatinga é um indicador chave do seu nível de conservação. De modo que, esse tipo de avaliação pode indicar o ritmo e a intensidade das ações antrópicas (Jesus *et al.*, 2022). Ademais, torna-se importante conhecer a dinâmica de uso e ocupação do solo nesse bioma, dada a interferência dessas ações nos serviços ecossistêmicos fornecidos pela Caatinga (Silva *et al.*, 2020b).

Analisar as mudanças históricas no uso e cobertura do solo é essencial para entender a dinâmica das pressões antrópicas na Caatinga e, mais especificamente, as etapas que levam à desertificação de áreas desse bioma (Ledru *et al.*, 2022). Ainda, a identificação das alterações desse uso e cobertura pode fornecer informações importantes sobre os principais propulsores de degradação e orientar ações futuras para a preservação desse bioma (Sousa *et al.*, 2021). Nesse sentido, esse estudo objetivou analisar as pressões antrópicas sobre o bioma Caatinga na microrregião do Cariri Oriental da Paraíba, utilizando-se métricas como o uso e cobertura do solo, supressão da vegetação primária e secundária, assim como a extração de lenha e produção de carvão. Buscando-se assim, compreender a interação entre esses fatores e como estes podem contribuir com a degradação local do bioma Caatinga.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na microrregião do Cariri Oriental, no estado da Paraíba (Figura 1). A referida microrregião é composta por doze municípios: Alcantil, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Caraúbas, Caturité, Gurjão, Riacho de Santo Antônio, Santo André, São Domingos do Cariri e São João do Cariri, que juntos ocupam uma área de 4224,211 km². Em 2021, a população estimada dessa microrregião foi de 67.495 habitantes. O Cariri Oriental da Paraíba se encontra inserido nos domínios do Semiárido brasileiro e com vegetação do tipo Savana Estépica (Caatinga) (IBGE, 2021).

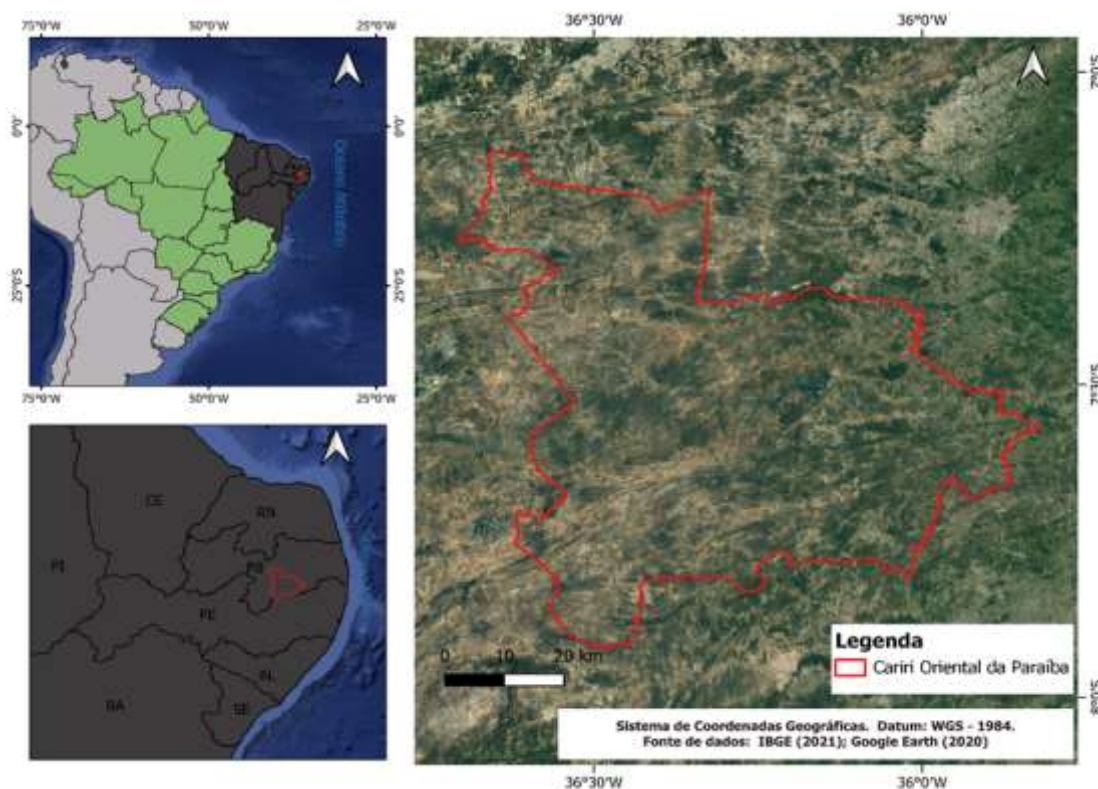


Figura 1. Localização da microrregião do Cariri Oriental, Paraíba.

Informações do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA) (versão 2.15.0) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram utilizadas para a elaboração do mapa de cobertura do solo dessa microrregião. O BDiA utiliza como metodologia de mapeamento a diferenciação e organização de forma hierárquica da cobertura da terra do território brasileiro, dando ênfase na distribuição regional dos tipos de vegetação natural, utilizando para tal a classificação da vegetação brasileira utilizada pelo IBGE (BDiA, 2021). O mapeamento do BDiA é realizado através de 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). Após extração do arquivo shapefile (.shp) com as classes de uso do solo do estado da Paraíba, confeccionou-se um mapa de cobertura do solo específico para a microrregião do Cariri Oriental. Para tanto, utilizou-se o software Quantum GIS (QGIS), versão 3.28.2, licenciado sobre o regime de Licença Pública Geral, que, entre outros aspectos, caracteriza seu uso gratuito.

Visando identificar as pressões antrópicas sobre os estoques madeireiros da Caatinga dessa microrregião, foram extraídos dados de extração de lenha nativa e produção de carvão no Cariri Oriental Paraibano, no período de 1990 a 2020, a partir do banco de informações da

Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados foram extraídos utilizando-se o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) (Sidra, 2021).

Dados acerca da supressão da vegetação primária e secundária, bem como quanto ao uso agropecuário do solo no período de 1990 a 2020, foram obtidos a partir da coleção 6.0 da plataforma virtual do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS). Esse mapeamento é produzido a partir de imagens do satélite Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT) e possui acesso aberto (Mapbiomas, 2021). O principal objetivo do MAPBIOMAS é contribuir para a compreensão da dinâmica de mudanças no uso e cobertura do solo no Brasil, buscando assim, apoiar políticas públicas, avaliações de monitoramento e dar suporte a outros campos de pesquisa que requerem esse tipo de mapeamento. As imagens temporais obtidas com o LANDSAT são processadas em nuvem e classificadores automatizados, desenvolvidos e operados na plataforma Google Earth Engine para produzir os mapas anuais de uso e cobertura do solo (Sousa *et al.*, 2021).

Após a extração, 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). A ACP é uma análise empregada para simplificar a complexidade de um conjunto de dados, mantendo, no entanto, as tendências e padrões. Para tanto, os dados são transformados em dimensões menores, que atuam como resumos de recursos. Dessa forma, a essência da utilização de ACP consiste em simplificar os dados originais com perda mínima de dispersão global, abrindo caminho, dessa forma, para uma redução da dimensionalidade do conjunto de dados originais. Essa redução é alcançada com a projeção geométrica dos dados em dimensões inferiores denominadas de componentes principais (CPs) (Lever *et al.*, 2017). Nesse estudo, 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

Diferentes classes de uso do solo foram observadas no Cariri Oriental da Paraíba (Figura 2). Os municípios dessa microrregião possuem cobertura de solo com grande heterogeneidade entre si, o que demonstra que mesmo dentro de uma área geográfica relativamente pequena (4224,21 km²), diferentes gradientes de uso e ocupação podem ser observados. Áreas cobertas

com savana estépica arborizada estão presentes em todos os municípios dessa microrregião, com destaque para Barra de São Miguel. Outras áreas representativas com esse tipo de cobertura também podem ser observadas em Cabaceiras, Gurjão e São João do Cariri.

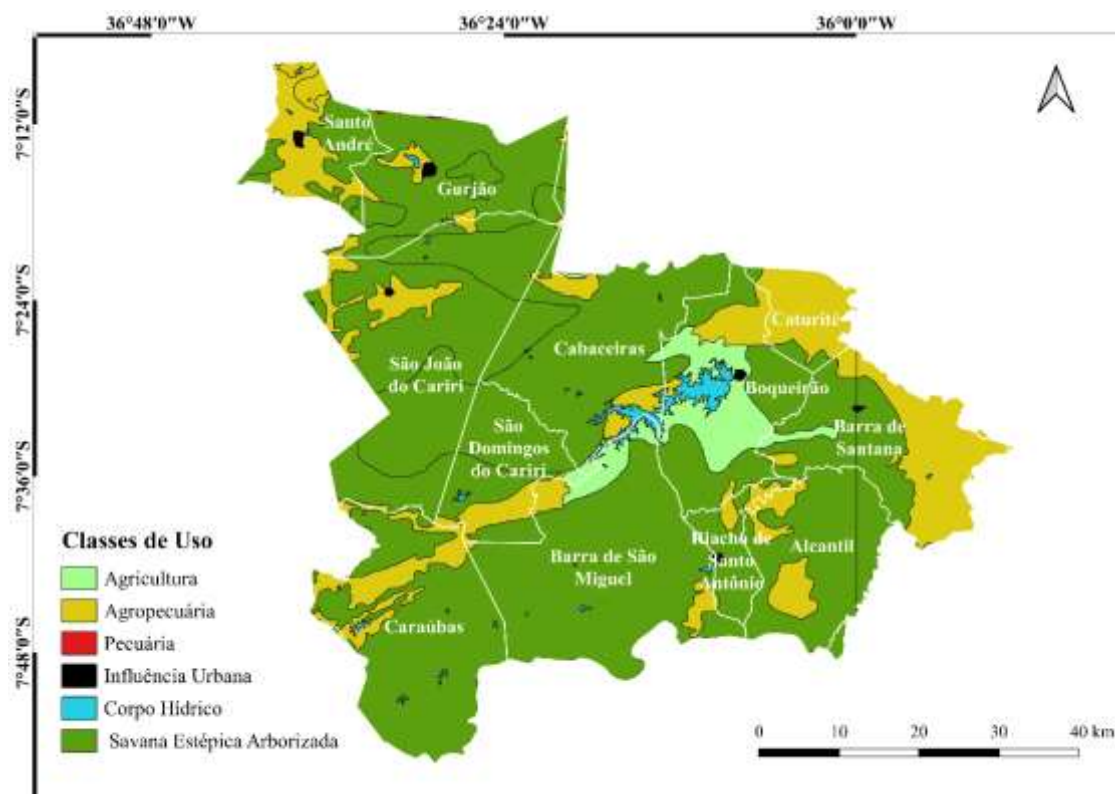


Figura 2. Cobertura do solo na microrregião do Cariri Oriental Paraibano.

É importante frisar que formações do tipo Savana Estépica florestada não foram registradas nessa região, esse tipo de vegetação possui porte mais alto e densidade variável. Ao passo que, a Savana Estépica arborizada ocorre frequentemente em áreas em estágio de regeneração, formada por arbustos com porte uniforme que crescem após o pousio de áreas destinadas normalmente para fins agropecuários e posterior pousio (Dario, 2017). Dessa forma, os resultados obtidos com esse estudo demonstram que nessa microrregião, as áreas de Caatinga são remanescentes da vegetação original ou estão em processo de sucessão, evidenciando a pressão que as atividades humanas impõem sobre esse bioma localmente, visto que são áreas compostas por manchas fragmentadas e conseqüentemente ecologicamente instáveis (Sousa *et al.*, 2021). Essa situação não destoia do cenário encontrado na maior parte das áreas desse bioma no Semiárido do Brasil, que se encontra em sua maioria em sucessões secundárias progressivas (Althoff *et al.*, 2018).

Destaca-se que outros estudos realizados nessa mesma região demonstram o elevado grau de degradação da Caatinga. Na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, que engloba parte dos municípios de Cabaceiras e São João do Cariri, Ballén *et al.* (2016) analisaram as mudanças espaço-temporais da cobertura vegetal por meio dos índices NDVI e SAVI a partir do processamento de imagens do sensor TM Landsat 5, e detectaram que as áreas de Caatinga com mais antropismo foram dominantes na paisagem da APA, além de declínio progressivo de vegetações mais densas no período 1989-2010. Nessa mesma APA, Silva *et al.* (2019), ao realizarem mapeamento de uso da terra e da cobertura vegetal com imagens do satélite Sentinel-2A, observaram que a maior parte da vegetação foi composta de Caatinga arbustiva, além da presença de grandes extensões de áreas degradadas resultantes de ações antrópicas.

Todos os municípios da microrregião possuem áreas destinadas para a agropecuária, destacando-se Caturité, Barra de Santana e Santo André, no qual essa classe de uso do solo se estende por uma área considerável do território. Em contraste, áreas destinadas exclusivamente para a pecuária foram observadas apenas em pequenas partes da porção norte do município de Gurjão (Figura 2).

No Cariri Oriental da Paraíba a agricultura é desenvolvida em sua grande parte em regime de subsistência e com grande risco produtivo, dada a inconsistência do período chuvoso no Semiárido. A maior parte da produção é explorada em regime de sequeiro, destacando-se o feijão e o milho como as culturas de maior importância econômica. Essas culturas são geralmente produzidas em consórcio com forrageiras como capim buffel e/ou palma forrageira (Andrade *et al.*, 2021). Ainda, após a colheita, essas áreas na grande maioria das vezes são destinadas para a criação animal (Sousa *et al.*, 2021), de modo que terminam por serem de dupla utilização.

As áreas de influência urbana foram pouco representativas, o que se deve ao fato dos núcleos urbanos desses municípios serem de pequeno porte. A maior parte das áreas cobertas com corpos hídricos nessa microrregião estão presentes em Boqueirão, Cabaceiras e Barra de São Miguel (Figura 2), e derivam das áreas cobertas pelo Açude Epitácio Pessoa. O respectivo açude se constitui como a segunda maior reserva hídrica do estado da Paraíba e tem sido utilizado para o abastecimento urbano, irrigação e piscicultura (Silva *et al.*, 2017).

O uso agrícola do solo no Cariri Oriental da Paraíba está concentrado às margens do Açude Epitácio Pessoa e em uma parcela do curso rio Paraíba em Barra de Santana (Figura 2). Essa área é tradicionalmente explorada para a produção de hortícolas, como tomate e pimentão, constituindo-se como uma importante fonte geradora de renda para muitas famílias dessa

microrregião. No Semiárido do Brasil, grande parte das áreas destinadas exclusivamente para a agricultura recorrem ao uso de irrigação; por isso, estão localizadas próximas a mananciais ou inseridas em perímetros de irrigação (Silva *et al.*, 2021).

O mosaico de usos (Pastagens/Agricultura) foi a principal classe de uso agropecuário do solo no Cariri Oriental da Paraíba durante todo o período amostral (Figura 3). Destaca-se a forte retração dessa classe de uso nos anos de 1992 e 2012, o que esteve provavelmente associado à ocorrência de fortes estiagens. Em 2012 teve início uma das mais severas secas da história do Semiárido Brasileiro, responsável por gerar graves perdas para agropecuária dessa região (Farias *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021).

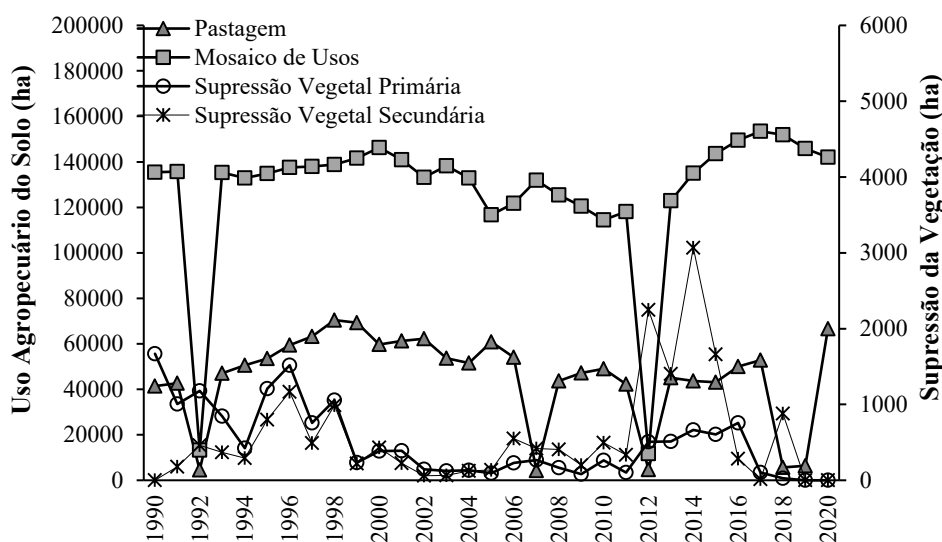


Figura 3. Uso agropecuário do solo e supressão da vegetação no Cariri Oriental da Paraíba no período 1990-2020.

As áreas ocupadas com pastagens também apresentaram forte redução nos anos de 1992 e 2012, assim como em 2007, 2018 e 2019. Todavia, em 2020 essa classe alcançou a maior cobertura de todo o período amostral, com 66.653 hectares (Figura 3). É importante destacar que os resultados demonstram o uso múltiplo do solo nessa microrregião, com a intercalação de uso agrícola e posterior destinação dessas áreas para a criação de animais.

Os valores mais acentuados de supressão da vegetação primária foram registrados nos anos de 1990, 1991, 1992, 1995, 1996 e 1998, com supressão superior a 1000 hectares anuais (Figura 3). Já para a vegetação secundária, supressão superior a 2000 hectares anuais foi observada nos anos de 2012 e 2014. Nessa microrregião, períodos consideráveis de seca são reportados para os períodos 1998-2000 e 2012-2013, com drásticos impactos socioeconômicos (Farias *et al.*, 2017). Deve-se destacar que os eventos de seca severa promovem degradação

ambiental no Semiárido brasileiro, visto a forte pressão que as atividades agropecuárias e o desmatamento impõem durante as épocas de forte estiagem (Silva *et al.*, 2020b). Além dessas ameaças, estudos indicam que secas cada vez mais severas causadas pelas mudanças climáticas antropogênicas possuem potencial de levar muitas áreas desse bioma para além de pontos de inflexão ecológica, resultando em desertificação generalizada (Correia *et al.*, 2019).

Maior extração de lenha nessa microrregião foi observada no período 1998-2001, no qual a exploração desse recurso foi superior a 130.000 m³ anuais (Figura 4). Relativa estabilização nessa extração foi observada de 2003 até o fim do período amostral, com valor máximo de 51150 m³ (2007) e mínimo de 35287 m³ (2017).

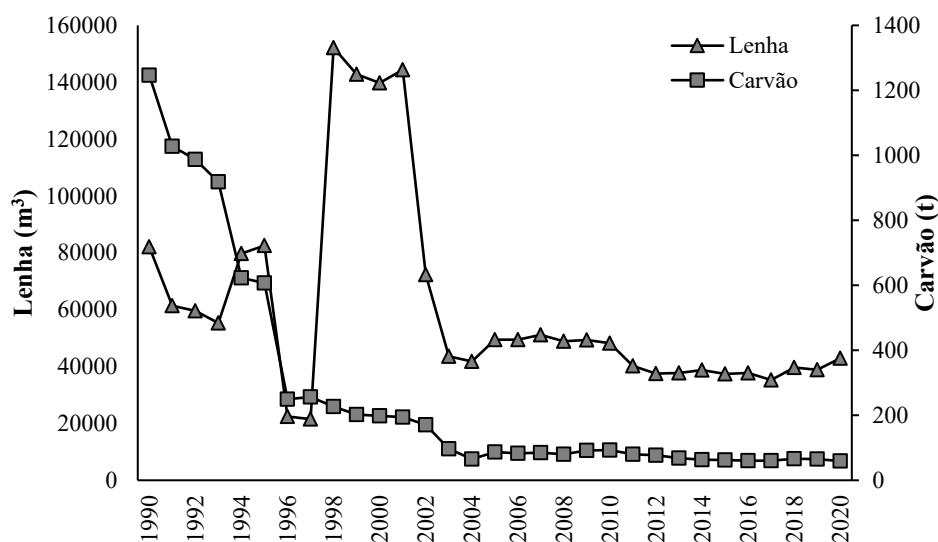


Figura 4. Extração de lenha e produção de carvão vegetal no Cariri Oriental da Paraíba no período 1990-2020.

A retirada de forma insustentável de lenha da Caatinga pode impactar negativamente na oferta de importantes serviços ecossistêmicos, comprometendo a biodiversidade desse bioma (Althoff *et al.*, 2016). Essa situação é ainda mais comprometedor no Cariri Oriental, que até a metade da primeira década de 1990 se apresentava como a principal região produtora de lenha do estado da Paraíba, e até os dias atuais fornece importantes remessas diárias de lenha para a cidade de Campina Grande e para o Polo Gesseiro do Araripe, em Pernambuco (Travassos; Souza, 2014).

Diferentemente da lenha, a maior produção de carvão foi verificada nos primeiros anos do período em estudo, com valor máximo de 1247 toneladas em 1990. Nos anos seguintes essa produção foi reduzida consideravelmente, findando em 59 toneladas em 2020 (Figura 4). A pequena quantidade de carvão produzida nessa microrregião se deve ao fato desse material

energético ser oriundo de um processo relativamente oneroso, que demanda o aporte de investimentos para a construção de fornos, que não são muito presentes nessa área dada a falta de capital dominante (Travassos; Souza, 2014).

A análise de componentes principais (ACP) explicou 61.6% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 5). No eixo 1, que agrupou 31.9% da explicação dos dados, observou-se associação significativa entre as áreas com mosaicos de uso ($r = 0,77$; $p < 0.001$) e as áreas com pastagem ($r = 0,67$; $p < 0.001$). Resultados que demonstram que, nessa microrregião, áreas que foram ocupadas com atividades agrícolas, em especial as produzidas em regime de sequeiro, são posteriormente destinadas à criação de animais. No entanto, deve-se considerar que longos períodos de uso agropecuário do solo, de forma insustentável e nas condições edafoclimáticas locais, pode resultar em uma série de problemas para a regeneração da Caatinga e aumentar a exposição do solo, contribuindo assim para o estabelecimento do processo de desertificação (Marinho *et al.*, 2016).

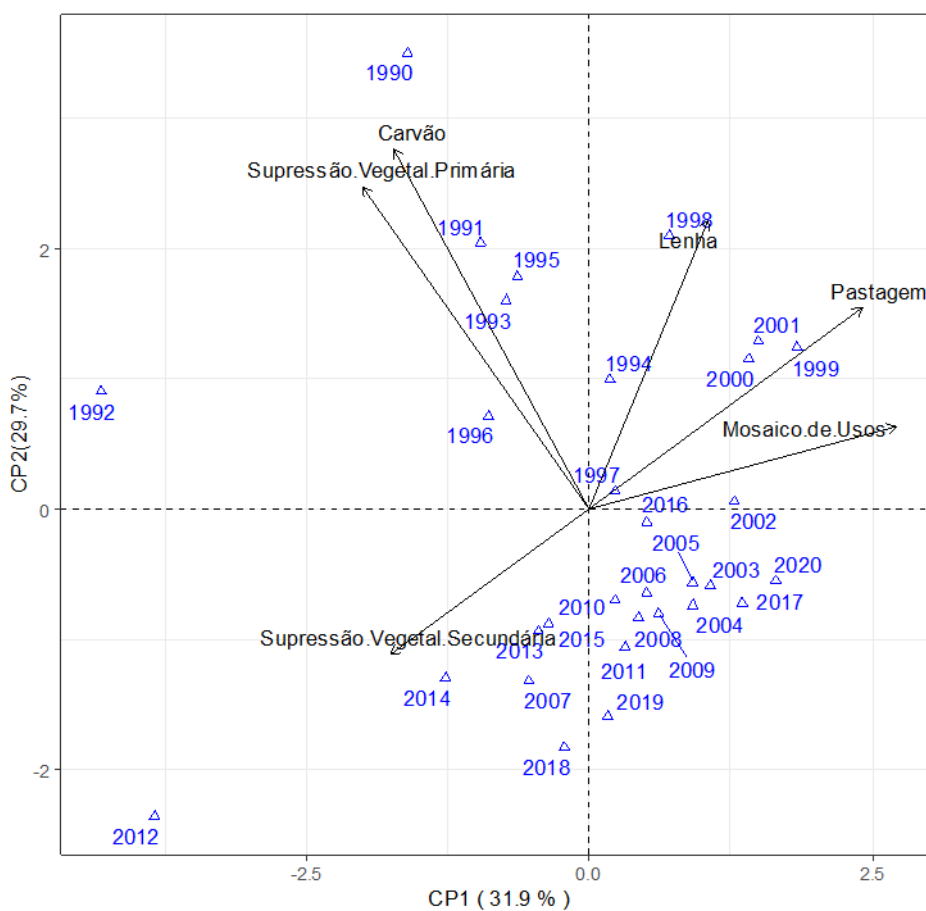


Figura 5. Análise de Componentes Principais (ACP).

No eixo 2 no que lhe concerne, com 29.7% da explicação da variância original, verificou-se a associação significativa da supressão da vegetação primária ($r = 0,69$; $p < 0.001$) com a produção de carvão ($r = 0,77$; $p < 0.001$) e extração de lenha ($r = 0,62$; $p < 0.001$). Esses resultados evidenciam que nessa microrregião, o desmatamento da Caatinga está relacionado principalmente a demanda para a produção de lenha, comportamento comum no Semiárido brasileiro, tanto para a vegetação primária, como para as florestas secundárias em áreas abandonadas após atividades antrópicas (Jesus *et al.*, 2022). Os reflexos dessa ação são ainda mais graves em áreas de desmatamento de Caatinga não perturbada, visto que a cobertura herbácea que irá se desenvolver será esparsa e de baixa biodiversidade, dada a extinção do banco de sementes de plantas anuais devido ao longo tempo com predominância da cobertura arbustiva na área (Althoff *et al.*, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bioma Caatinga está sob elevada pressão antrópica no Cariri Oriental 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 em regeneração. Ainda, verifica-se a associação da supressão da vegetação primária com a produção de lenha e carvão. Os resultados em conjunto demonstram a susceptibilidade local da Caatinga e a necessidade de ações de conservação desse bioma, com fins na manutenção de sua biodiversidade e no fornecimento de serviços ecossistêmicos.

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.; SILVA, R. R.; MARTINS, J. C.; WANDERLEY, L. S.; SALES, A. T.; MENEZES, R. S. Simulation of aboveground biomass production under different rainfall scenarios and soil types in the Caatinga Biome, Brazil. **Geama**, v. 4, n. 2, p. 13-18, 2018.
- ANDRADE, A. S.; SILVA, M. T.; SERRÃO, E. A. O.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P.; BRAGA, C. C. Exploring spatial dependence of cowpea-beans yield using global and local autocorrelation statistics in the Eastern Cariri region of Paraíba. **Ciência Rural**, v. 51, n. 12, p. e20200666, 2021.

- BALLÉN, L. A. C.; SOUZA, B. I.; LIMA, E. R. V. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 36, n. 3, p. 555-571, 2016.
- CORREIA, R. A.; RUETE, A.; STROPP, J.; MALHADO, A. C.; SANTOS, J. W.; LESSA, T.; ALVES, J. A.; LADLE, R. J. Using ignorance scores to explore biodiversity recording effort for multiple taxa in the Caatinga. **Ecological Indicators**, v. 106, p. e105539, 2019.
- COSTA, C. R. G.; SILVA, M. G.; COSTA, C. A. G.; CUNHA, R. S. M.; SOUSA, M. M.; SOUSA, M. V. P.; LINHARES, A. C. M.; SILVA, S. S.; MARQUES, A. L.; MOURA, D. C. Bioindicators of Behavior and Regeneration of a Caatinga Area in the Brazilian Semi-Arid-A Review. **Journal of Forests**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2022.
- 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.
- FARIAS, A. A. D.; SOUSA, F. D. A. S. D.; MORAES, J. M.; ALVES, A. D. S. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 2, p. 316-330, 2017.
- JESUS, J. B.; OLIVEIRA, D. G.; ARAÚJO, W. S.; CRUZ, L. S.; KUPLICH, T. M. Influence of anthropization on the floristic composition and phytosociology of the Caatinga susceptible to desertification in the state of Sergipe, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 63, p. 398-408, 2022.
- LEDRU, M. P.; CASSINO, R. F.; GOMES, V. D. S.; SFAIR, J. C.; ARAÚJO, F. S. Estimated degradation of the Caatinga based on modern pollen rain deposited in reservoirs. **Acta Botanica Brasilica**, v. 36, p. e20220111, 2022.
- LEVER, J.; KRZYWINSKI, M.; ALTMAN, N. Points of significance: Principal component analysis. **Nature Methods**, v. 14, n. 7, p. 641-643, 2017.
- 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.
- SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, M. V.; LOPES, P. M. O.; GUEDES, R. V. S.; SILVA, E. F. F.; ORTIZ, P. F. S.; RODRIGUES, J. A. M. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. e100372, 2020b.
- SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 20, n. 71, p. 364-383, 2019.
- SILVA, M. V. D.; PANDORFI, H.; LOPES, P. M. O.; SILVA, J. L. B. D.; ALMEIDA, G. L. P.; SILVA, D. A. D. O.; SANTOS, A.; RODRIGUES, J. A. M.; BATISTA, P. H. D.; JARDIM, A. M. D. R. F. Pilot monitoring of caatinga spatial-temporal dynamics through the action of agriculture and livestock in the brazilian semiarid. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 19, p. e100353, 2020a.

SILVA, P. H. P.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. Uso de cadeia causal na análise institucional da gestão de recursos hídricos em reservatório no semiárido da Paraíba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 637-646, 2017.

SILVA, T. A.; FERREIRA, J.; CALIJURI, M. L.; SANTOS, V. J.; ALVES, S. C.; J. S. Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 192, p. 104538, 2021.

SOUSA JÚNIOR, V. P.; SPARACINO, J.; ESPINDOLA, G. M.; ASSIS, R. J. S. Land-Use and Land-Cover Dynamics in the Brazilian Caatinga Dry Tropical Forest. **Conservation**, v. 2, n. 4, p. 739-752, 2022.

SOUSA, M. D. C.; VELOSO, G. V.; GOMES, L. C.; FERNANDES FILHO, E. I.; OLIVEIRA, T. S. Spatio-temporal dynamics of land use changes of an intense anthropized basin in the Brazilian semi-arid region. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 24, p. e100646, 2021.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014.