

## Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Moxotó (Pernambuco)

Veríssimo Ribeiro Pinheiro Neto<sup>1\*</sup>, Igor Maciel Tibúrcio<sup>2</sup>, Raphaela Karine dos Santos Bello<sup>3</sup>, Nara Tôrres Silveira<sup>4</sup>, Sidney Henrique Campelo<sup>5</sup>, Josiclêda Domiciano Galvêncio<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: verissimo.pinheiro@ufpe.br)

<sup>2</sup>Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup>Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup>Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup>Doutor em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>6</sup>Professora Titular do Curso de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 20/04/2024 – Revisado em: 06/07/2024 – Aceito em: 26/09/2024

### RESUMO

Atualmente, a análise do uso e ocupação do solo é de extrema importância, principalmente quando está atrelado às características geográficas de uma região e às dinâmicas hídricas da área, visto que as diferentes vegetações, uso e solos determinam as condições hídricas e impactam diretamente o ciclo hidrológico. Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Moxotó, no estado de Pernambuco. O estudo será feito a partir das imagens obtidas das séries do MapBiomias através do Google Engine, entre os anos de 1985 e 2022. Foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG), Arcgis versão 10.2 para tratamento de dados e geração dos mapas, juntamente com as classificações de classes do MapBiomias coleção 8. Observou-se que houve um aumento significativo na pastagem ao longo dos anos da série histórica estudada, o que causou diminuições da cobertura vegetal e índices negativos para o ciclo hidrológico. Dessa forma, foi observado 3 classes predominantes no uso do solo na área estudada, sendo formação savânica, mosaico de usos e pastagem. Conclui-se que, o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento na gestão de bacias hidrográficas é de suma importância para a tomada de decisões e para o planejamento territorial.

**Palavras-Chaves:** Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Uso e Ocupação do Solo

### Analysis of land use and occupation in the Moxotó River Basin (Brazil)

### ABSTRACT

Nowadays, the analysis of land use and occupation is extremely important, especially when it is linked to the geographical characteristics of a region and the water dynamics of the area, since the different vegetations, uses and soils determine the water conditions and have a direct impact on the hydrological cycle. The aim of this study is to analyze land use and occupation in the Moxotó River basin in the state of Pernambuco. The study will be based on images obtained from the MapBiomias series using Google Engine, between the years 1985 and 2022. The Geographic Information System (GIS) Arcgis version 10.2 was used to process the data and generate the maps, along with the class classifications from MapBiomias collection 8. It was observed that there was a significant increase in pasture over the years of the historical series studied, which caused decreases in vegetation cover and negative indices for the hydrological cycle. Thus, three predominant land use classes were observed in the area studied: savannah formation, mosaic of uses and pasture. It can be concluded that the use of remote sensing and geoprocessing in watershed management is extremely important for decision-making and territorial planning.

**Keywords:** Remote Sensing, Geoprocessing, Land Use and Land Cover

Pinheiro V., Tibúrcio I., Bello K., Silveira N., Campelo S., Galvêncio J. (2024). Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Moxotó (Pernambuco). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.5, n.3, p.71-78.



## 1. Introdução

Atualmente o bioma caatinga ocupa cerca de 862.818 km<sup>2</sup>, tendo uma população de aproximadamente 27 milhões de pessoas, das quais 38% estão em áreas rurais, o bioma abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Ressaltando a fragilidade do bioma frente os impactos antrópicos, dados apontam que 62% das áreas suscetíveis à desertificação no Brasil são áreas de Caatinga. O bioma conta apenas com 9% de sua extensão como unidade de conservação, e 2% como unidade de proteção integral. A área ocupada pelo bioma caatinga em muito converge com a delimitação do semiárido, tendo como diferença que caatinga se estende para o norte e oeste do Piauí, norte do Ceará e uma porção do litoral leste da região Nordeste (Embrapa, 2021; Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, 2024).

O uso e ocupação no solo é fundamental para a compreensão do balanço hídrico, tendo em vista as interações que a vegetação ou diferentes tipos de cobertura do solo afetam o balanço. No semiárido nordestino o uso da terra é marcado principalmente pela supressão da vegetação nativa para ser usada como carvão, como também, há a supressão para pastagem e atividades agropecuárias, diante disso, o bioma caatinga encontra-se atualmente com cerca de 90% de sua extensão como floresta secundária em regeneração devido a forte pressão antrópica, o que coloca a caatinga como uma das florestas tropicais secas em maior vulnerabilidade no mundo (Faggin *et al.*, 2017; Althoff *et al.*, 2018; Barreto-Garcia *et al.*, 2021).

Embora a caatinga seja reconhecida pela sua resistência a secas periódicas, os recentes eventos de secas extremas causados pelas alterações de clima devido às mudanças climáticas antropogênicas desafiaram essa resistência (Salvatierra *et al.*, 2017). A degradação ambiental torna-se susceptível à desertificação onde este processo se caracteriza pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas, subúmidas secas, no que resulta em vários fatores, dentre eles as ações antrópicas (Galindo *et al.*, 2008). Ademais, Souza e Nascimento (2015), ressalta a necessidade do uso e ocupação do ambiente respeitar os limites naturais que aquele meio pode suportar, para que assim não se comprometa sua vocação natural. Sabendo-se que o processo de desertificação no semiárido se dá por fatores diversos, porém, também é entendido que o uso e ocupação do solo está entre os fatores desencadeadores principais, isso devido à supressão da vegetação natural, que pode levar a desgaste do solo, formação de microclimas com redução de precipitação e aumento da temperatura do ar (Silva *et al.*, 2021).

Também há um impacto considerável pela supressão de vegetação no escoamento superficial, onde a vegetação desempenha um papel de auxiliar na retenção da precipitação, com ausência de vegetação tem-se um aumento desse escoamento superficial e redução de percolação, o que impacta diretamente o fluxo de base fundamental no semiárido, tendo em vista as elevadas taxas de evapotranspiração na região, com o declínio dos cursos de água e reservatórios nos períodos secos o fluxo de base torna-se fundamental para a manutenção da vida no semiárido.

A remoção da vegetação da caatinga para práticas agrícolas resultou em mudanças significativas nas propriedades dos solos e no microclima, contribuindo para a desertificação. (Silva *et al.*, 2020). Também há um impacto considerável pela supressão de vegetação no escoamento superficial, onde a vegetação desempenha um papel de auxiliar na retenção da precipitação, com ausência de vegetação tem-se um aumento desse escoamento superficial e redução de percolação, o que impacta diretamente o fluxo de base fundamental no semiárido, tendo em vista as elevadas taxas de evapotranspiração na região, com o declínio dos cursos de água e reservatórios nos períodos secos o fluxo de base torna-se fundamental para a manutenção da vida no semiárido.

Deste modo, observando a importância de entender as relações ambientais do semiárido, essa pesquisa tem como objetivo analisar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Moxotó, localizada em Pernambuco.

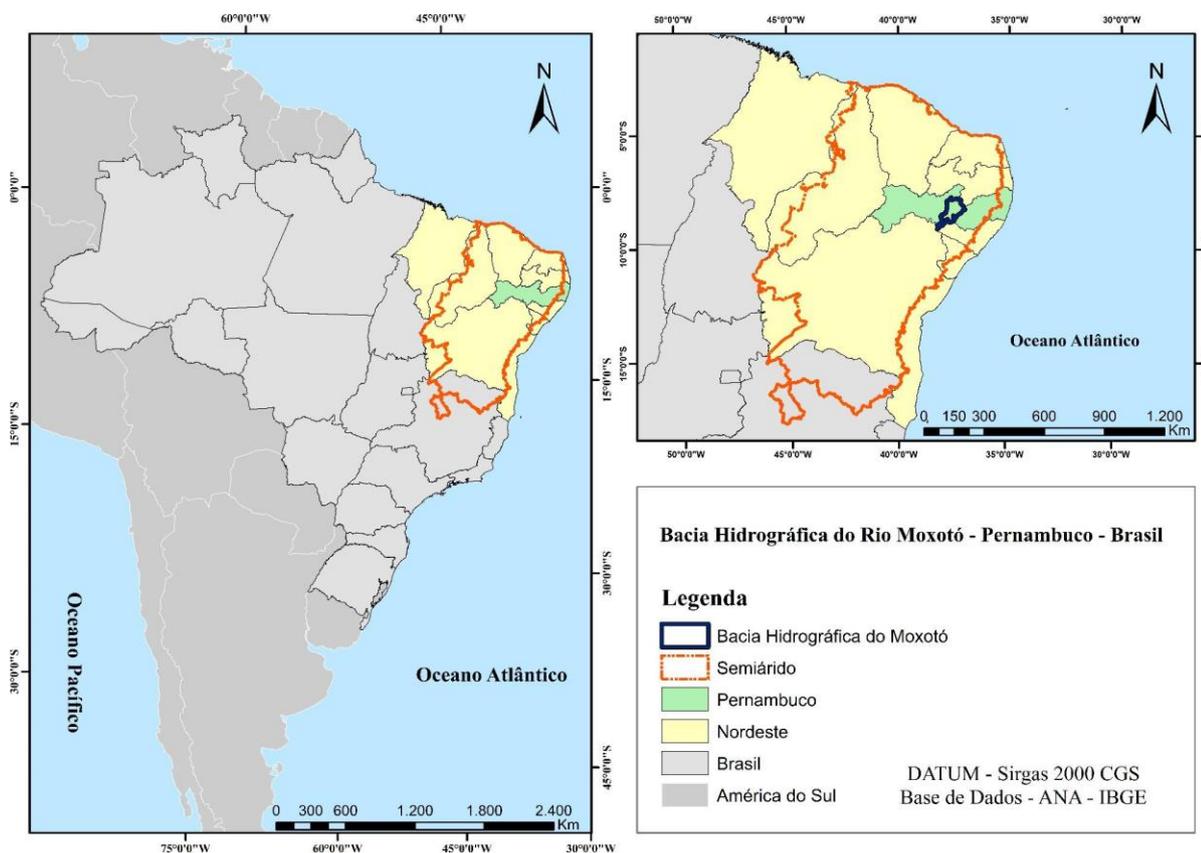
## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Moxotó localiza-se no semiárido nordestino, com sua maior porção estando no estado de Pernambuco e uma pequena parte no estado de Alagoas. O rio Moxotó possui sua nascente no município pernambucano de Sertânia, tendo 226 km de extensão até sua foz no rio São Francisco, a bacia hidrográfica possui 9.744,01 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1** – Mapa de Localização.

Figure 1 - Location Map



Fonte: Os autores (2024).

Source: The authors (2024)

Os municípios pernambucanos com sede na bacia são Arcoverde, Custódia, Ibimirim, Manari e Tacaratu, enquanto os parcialmente inseridos são Buíque, Floresta, Jatobá, Iguaraci e Tupanatinga, residem na área da bacia mais de 223 mil habitantes (Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2015).

A área analisada possui um clima semiárido, conforme a classificação climática de Köppen, a região apresenta uma média anual de precipitação que varia de 300 mm a 900 mm, com a maioria das chuvas ocorrendo nos meses de janeiro a maio, a temperatura média na área é de aproximadamente 25 °C (APAC, 2015).

## 2.2 Mapbiomas

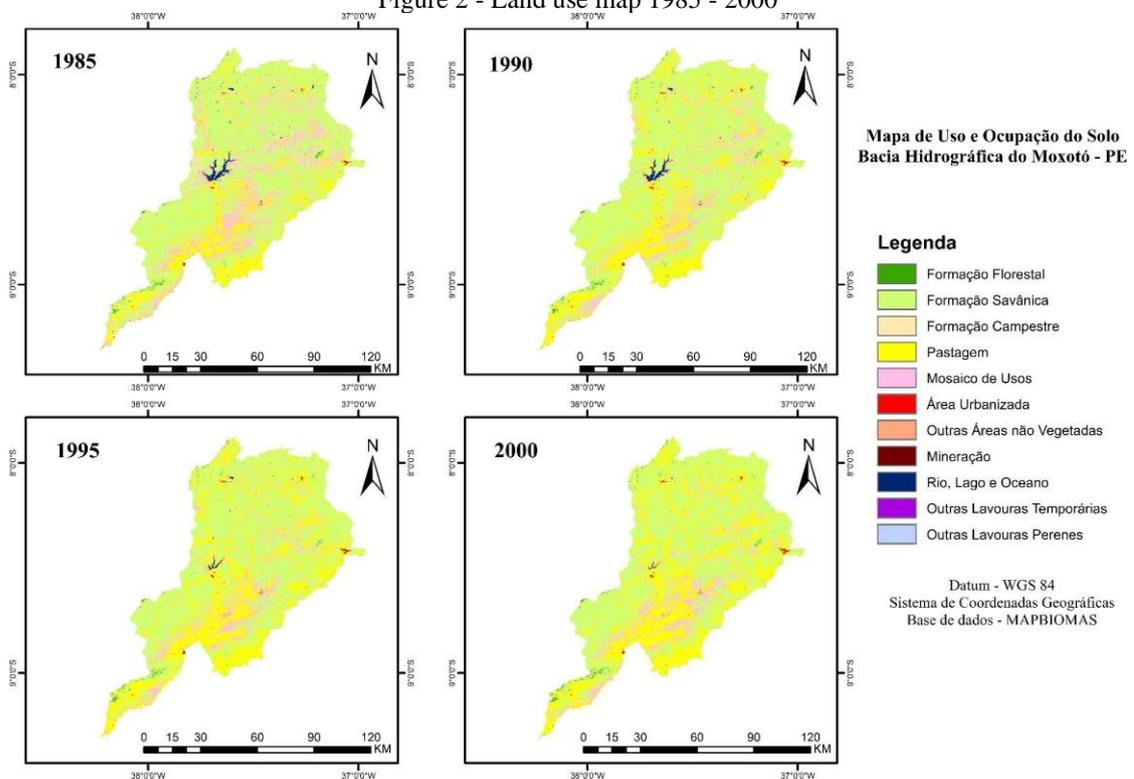
O Mapbiomas é uma iniciativa formada por universidades, ongs e empresas de tecnologias, que desenvolve um trabalho de monitoramento por sensoriamento remoto de todos os biomas brasileiros (Amazonia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Pampa), foi criado no ano de 2015. Os dados de uso do solo são gerados a partir de imagens dos satélites Landsat 5,7,8 e 9, oferecendo uma série histórica de 1985 a 2022, as técnicas usadas para classificação dos usos são o Random Forest e aprendizado de máquina. Por tratar-se de dados Landsat resolução tendo assim uma resolução espacial de 30 metros, porém, já existem dados Mapbiomas com 10 metros de resolução espacial a partir de 2016 com dados Sentinel-2.

O download dos dados foi feito através da plataforma Google Engine, já no formato da área a ser analisada, posteriormente, foram gerados mapas no Arcgis versão 10.2 com as classificações de acordo com as classes propostas pelo Mapbiomas coleção 8 em sua documentação, também foram gerados gráficos para uma melhor visualização temporal de algumas classes de maior relevância para o contexto da área analisa.

## 3. Resultados e Discussão

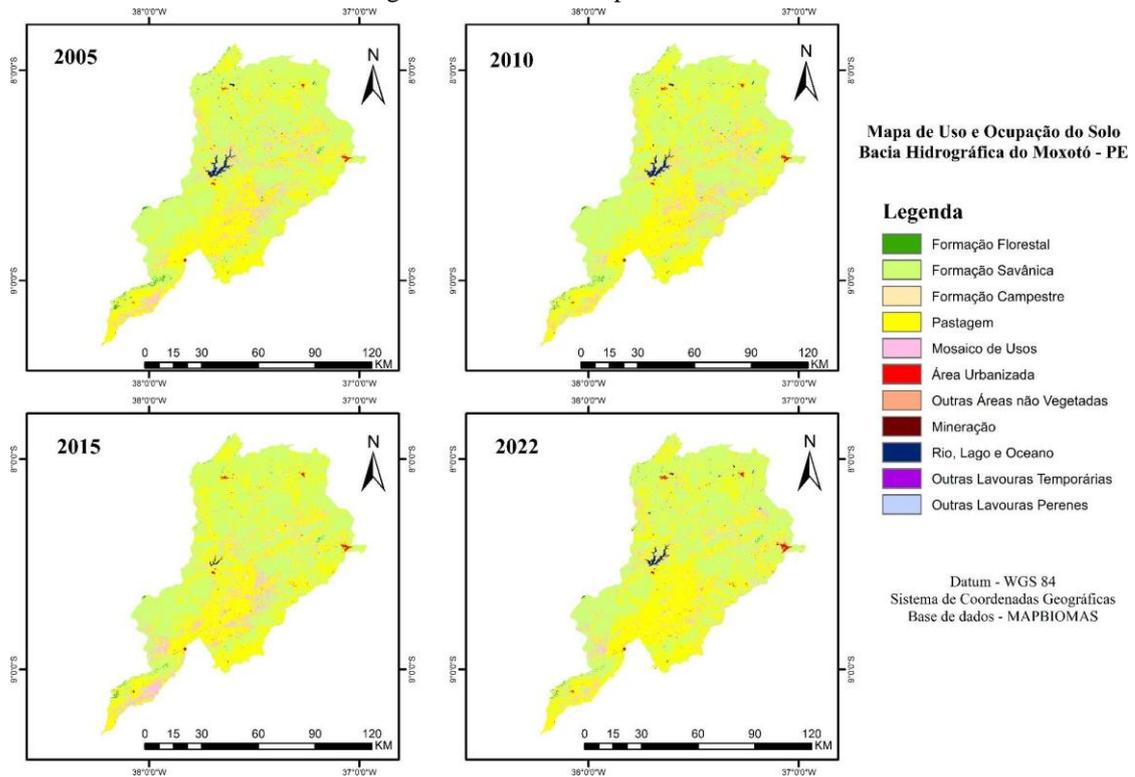
No caso da bacia do Moxotó notam-se modificações durante o período analisado, visualmente é possível notar nos mapas de uso e ocupação (Figuras 2 e 3) que houve aumento significativo da pastagem na bacia hidrográfica.

**Figura 2 – Mapa de uso da terra 1985 - 2000**  
Figure 2 - Land use map 1985 - 2000



Fonte: Mapbiomas (2024).  
Source: Mapbiomas(2024)

**Figura 3 – Mapa de uso da terra 2005 - 2022**  
**Figure 3 - Land use map 1985 – 2022**

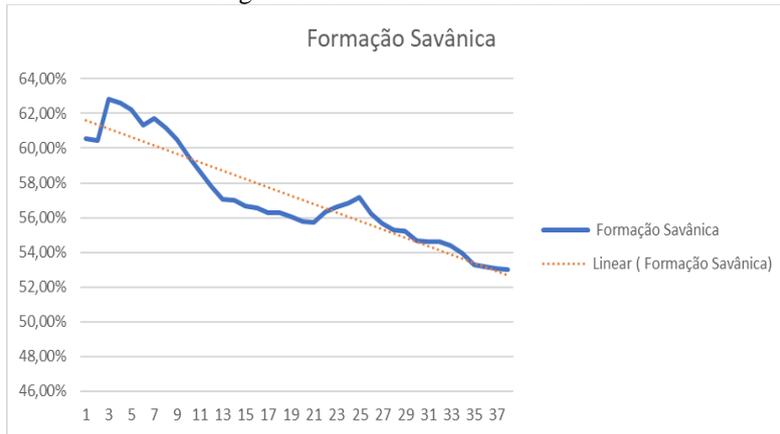


**Fonte:** Mapbiomas (2024).  
**Source:** Mapbiomas(2024)

Observando as figuras em questão, nota-se um indício negativo para o ciclo hidrológico, tendo em vista que a remoção da cobertura vegetal afeta diretamente componentes como escoamentos e percolação, fundamentais para manutenção das águas subterrâneas no semiárido. Quando se observam os gráficos (Figuras 2 e 3) é mais notável a dimensão das modificações que houve na bacia hidrográfica ao longo dos anos analisados, é notável uma redução na área de mosaico de usos, que o Mapbiomas destaca como áreas que não foi possível distinguir entre agricultura e pastagem, e uma forte ascensão das áreas de pastagem, e uma redução de aproximadamente 9% na vegetação nativa, a formação savânica que é também conhecida como caatinga.

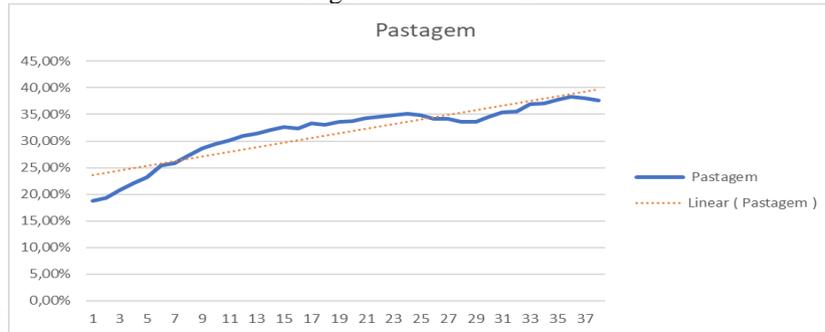
Diante dos dados deu-se um maior foco em 3 classes predominantes do uso do solo nesta região, a formação savânica, mosaico de usos e a pastagem. No gráfico da formação savânica (Figura 4) é alarmante a linha de tendência que indica continuidade da supressão da vegetação ao longo dos 37 anos analisados.

**Figura 4 – Gráfico de formação savânica**  
Figure 4 - Savanna formation chart



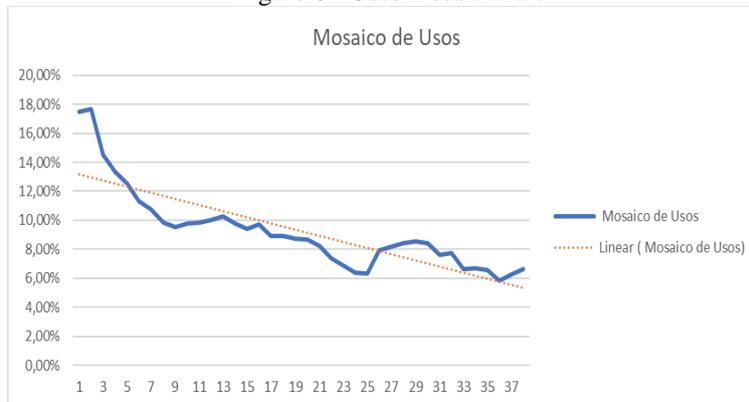
**Fonte:** Autores.  
Source: The authors

**Figura 5 – Gráfico de Pastagem**  
Figure 5 - Pasture Chart



**Fonte:** Autor  
Source: The authors

**Figura 6 – Gráfico de mosaico de usos**  
Figure 6 - Uses mosaic chart



**Fonte:** Autor  
Source: The authors

Fernandes et al. (2020), destaca que esses padrões tornam a caatinga um mosaico de usos e fragmenta a vegetação em diferentes estágios de regeneração. O ritmo acelerado de supressão da vegetação que já é em grande parte secundária, segundo Althoff et al., (2018), dificulta a regeneração desta vegetação, e ainda compromete os serviços ecossistêmicos por ela prestados.

A pastagem (Figura 5) foi a classe que demonstrou maior variação dentre todas, apresentando um aumento de aproximadamente 18%, o que já é apresentado em outros estudos sobre uso do solo no semiárido, como Maia et al., (2008), Menezes et al., (2012), Tiburcio et al., (2023), neste trabalho também se destacou o aumento da pastagem e supressão da vegetação natural no semiárido. É notável também está redução do mosaico de usos, o que pode ser um indicativo de que o cultivo esteja sendo deixado de lado, dando mais espaço para agropecuária, tendo em vista que, o mosaico de usos (Figura 6) apresenta declínio quase consecutivo em toda série histórica, o ponto de maior declínio coincide com as secas de 2014, porém, ainda para além deste período, mantém-se a tendência de diminuição.

Em recente estudo, Silveira et al., (2022), aponta que o crescimento desenfreado das áreas de pastagem como consequência das práticas da agropecuária, o que mostra que se trata de um problema antigo, tendo em vista estudos ao longo do tempo, que tem uma tendência de continuar se agravando, como mostrada no gráfico (Figura 5), diante de tamanha fragilidade ainda são poucos os estudos sobre o uso do solo no semiárido, principalmente os que relacionam uso do solo e os recursos hídricos na região, que são fundamentais serem visto de maneira conjunta visando mitigar os impactos antrópicos na região, pois com a chegada de impactos mais intensos das mudanças climáticas, somado a um uso desordenado da terra, irá acentuar ainda mais um cenário que já bastante grave.

Rodrigues & Miranda (2021), no seu estudo sobre a expansão da fronteira agrícola no município de Sorriso, Mato Grosso, mostra que existe uma tendência de supressão da vegetação nativa nos diversos biomas do Brasil. Isso ocorre devido à expansão do agronegócio em todas as regiões do país. Dessa forma, o avanço do cultivo de diversas culturas está diretamente relacionado ao desmatamento e à degradação ambiental, sendo um risco para a biodiversidade. O estudo dialoga com os resultados apresentados acima, é importante analisar os variados cenários de transformação causados pelas diferentes dinâmicas de uso e ocupação do território.

#### 4. Conclusão

O uso do sensoriamento remoto e do sistema de informações geográficas se mostra fortes ferramentas nos estudos de uso e ocupação dos solos. Nessa lógica, tais ferramentas podem contribuir significativamente para pesquisas futuras e tomadas de decisões na gestão e planejamento do território.

Desta forma, notam-se mudanças significativas no uso e ocupação da área durante os 37 anos estudados. A priori, observa-se um aumento de 18% nas áreas de pastagem e redução de 9% da vegetação nativa da Caatinga. Outrossim, a análise dos dados constou que houve um declínio contínuo nas áreas de mosaico de uso, o que indica uma mudança de cultivo agrícola para a pastagem. Com essa predominância atrelada aos fragmentos da vegetação na área, fica evidente a dificuldade de regeneração secundária e seus serviços ecossistêmicos.

Ademais, a gestão inadequada dos recursos hídricos, atrelada a uma forte degradação ambiental, revela uma necessidade de novas abordagens com o intuito de mitigar os impactos antrópicos causados no semiárido.

#### 5. Referências

Althoff, T. D., Menezes, R. S. C., de Siqueira Pinto, A., Pareyn, F. G. C., de Carvalho, A. L., Martins, J. C. R., ... & Sampaio, E. V. D. S. B. (2018). Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. *Agriculture, ecosystems & environment*, 254, 26-34.

Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2015). *Elaboração de planos de aproveitamento da estrutura*

*hídrica no semiárido*. Recife: Agência Pernambucana de Águas e Clima.

Acosta Salvatierra, L. H., Ladle, R. J., Barbosa, H., Correia, R. A., & Malhado, A. C. (2017). Protected areas buffer the Brazilian semi-arid biome from climate change. *Biotropica*, 49(5), 753-760.

Barreto-Garcia, P. A. B., Batista, S. G. M., da Gama-Rodrigues, E. F., de Paula, A., & Batista, W. C. A. (2021). Short-term effects of forest management on soil microbial biomass and activity in caatinga dry forest, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 481, 118790.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2024, 10 de janeiro). Caatinga. Recuperado de <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas/biomas/caatinga>.

Embrapa. (2021). Bioma Caatinga. Recuperado de [<https://www.embrapa.br/agencia-deinformacao-tecnologica/tematicas/biomacaatinga/introducao>]

Galindo, I. C. D. L., Ribeiro, M. R., Santos, M. D. F. D. A. V., Lima, J. F. W. F., & Ferreira, R. F. D. A. (2008). Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1283-1296.

Mattei Faggin, J., Hendrik Behagel, J., & Arts, B. (2017). Sustainable forest management and social-ecological systems: An institutional analysis of Caatinga, Brazil. *Forests*, 8(11), 454.

Martins de Sousa, M. L., & Rodrigues do Nascimento, F. (2015). Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 24(1), 13-42.

Silva, T. J. R. D., Leite, J. C. A., Cavalcanti, A. K. G., Dantas, J. S., Sousa, F. D., Nascimento, M. D., ... & Santos, L. D. A. (2021). Análise da Susceptibilidade à Erosão Hídrica em uma Bacia Hidrográfica do Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(3), 1443-1457.

Silva, T. G. F., Queiroz, M. G., Zolnier, S., Souza, L. S. B., Souza, C. A. A., Moura, M. S. B., et al. (2021). 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*, 207, e104852.

RODRIGUES, Rodrigo Z. dos S.; MIRANDA, Rodrigo de Q. Land use and cover change caused by the expansion of soybean production in Sorriso - MT, Brazil (1990-2020). *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, Recife, v.11, n.3, p.189-195, 2021.