

IASMIM ROCHA LEITE BAPTISTA

**ANÁLISE TEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA CAATINGA EM
SERGIPE**

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2025

IASMIM ROCHA LEITE BAPTISTA

**ANÁLISE TEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA CAATINGA EM
SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em cumprimento parcial das exigências para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Prof^o Dr^o André Quintão de Almeida

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS – DCF

ANÁLISE TEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA CAATINGA EM SERGIPE

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em cumprimento parcial das exigências para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

APROVADO em: 11/07/2025

ORIENTADA: Iasmim Rocha Leite Baptista

Documento assinado digitalmente
gov.br **ANDRE QUINTAO DE ALMEIDA**
Data: 04/09/2025 18:47:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Quintão de Almeida (Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br **DIEGO CAMPANA LOUREIRO**
Data: 04/09/2025 16:09:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Diego Campana Loureiro (Banca examinadora)

Profª. Dr. Marcia Rodrigues de Moura Fernandes (Banca examinadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br **MARCIA RODRIGUES DE MOURA FERNANDES**
Data: 04/09/2025 18:31:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

BAPTISTA, Iasmim Rocha L.

Análise Temporal da Fragmentação Florestal da Caatinga em Sergipe. Iasmim Rocha Leite Baptista, 2025.

Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2025.

I. Fragmentação Florestal. II. Análise temporal. III. Bioma Caatinga.

Dedico este trabalho à minha família. Em especial a minha mãe Rosangela Rocha e minha irmã Luanda Rocha.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meus agradecimentos a Deus e ao Universo como um todo, fonte de força, inspiração e direcionamento nessa vida terrena, e a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para que a minha trajetória acadêmica se tornasse uma busca prazerosa. Meu muito obrigada!

A minha mãe Rosângela Rocha pelo amor incondicional, pela educação que me proporcionou e por todas as oportunidades e facilidades que, sobremaneira, foram fundamentais para meu desenvolvimento pessoal e profissional. A minha irmã Luanda Rocha pela compreensão e apoio constantes ao longo da minha formação. Ao meu orientador, professor André Quintão, pelo apoio dedicado durante todas as etapas deste estudo.

Agradeço pela confiança por compartilharem comigo seu entusiasmo científico e seu compromisso com a pesquisa, que tanto me inspiraram. À professora Márcia Rodrigues e Diego Campana, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos. Às minhas amigas Isadora dos Santos e Ysabelly Rodrigues, pela parceria e pela amizade que fizeram toda diferença nessa caminhada.

Agradeço também a todos os professores, em especial a professora Laura Jane por todo apoio, colegas e funcionários do Departamento de Ciências Florestais (DCF) pelo suporte técnico, profissional e pessoal durante minha formação acadêmica. Gratidão!

RESUMO

A vegetação nativa da Caatinga na região semiárida de Sergipe vem sofrendo intensos processos de desmatamento e degradação, impulsionados por atividades antrópicas. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo analisar, ao longo da última década (2011 a 2023), os padrões de fragmentação florestal no bioma, utilizando dados de cobertura da terra disponibilizados pelo projeto MapBiomias. Para a análise da fragmentação, foram utilizadas métricas de paisagem calculadas por meio do plugin **LecoS**, integrado ao software livre **QGIS**. As métricas consideradas foram: número de fragmentos (Nf), área total (A) e mediana da área dos fragmentos. A análise indicou mudanças significativas na estrutura da Caatinga sergipana no período estudado. Houve redução da área de pastagens (de 76,35% para 71,72%) e aumento das formações savânicas e florestais, além de acréscimo expressivo no número de fragmentos, especialmente nas classes savânica e de uso múltiplo. As lavouras temporárias e as áreas urbanizadas também apresentaram crescimento, evidenciando a intensificação da agricultura de ciclo curto e da expansão urbana. As medianas das áreas dos fragmentos revelaram tendência de crescimento em todas as classes, indicando alterações no padrão espacial da ocupação. Em síntese, os resultados indicam um cenário de transição, marcado por sinais de regeneração da vegetação nativa, mas também pela intensificação das atividades agrícolas e urbanas, resultando em fragmentação crescente da paisagem e na redução da conectividade ecológica.

PALAVRAS CHAVES: Análise Temporal, Fragmentação Florestal, Caatinga Sergipana.

ABSTRACT

The native vegetation of the Caatinga in the semi-arid region of Sergipe has been undergoing intense processes of deforestation and degradation, driven by anthropogenic activities. In this context, the aim of this study was to analyze, over the last decade (2011 to 2023), the patterns of forest fragmentation in the biome, using land cover data provided by the MapBiomass project. For the fragmentation analysis, landscape metrics were calculated using the LecoS plugin, integrated into the open-source software QGIS. The metrics considered were: number of fragments (Nf), total area (A), and the median area of fragments. The analysis indicated significant changes in the structure of the Sergipe Caatinga during the study period. There was a reduction in pasture areas (from 76.35% to 71.72%) and an increase in savanna and forest formations, as well as a substantial rise in the number of fragments, especially in the savanna and multiple-use classes. Temporary crops and urban areas also showed growth, highlighting the intensification of short-cycle agriculture and urban expansion. The median fragment areas revealed a growth trend across all classes, indicating changes in the spatial pattern of land use. In summary, the results suggest a transitional scenario, marked by signs of regeneration of native vegetation, but also by the intensification of agricultural and urban activities, leading to increasing landscape fragmentation and reduced ecological connectivity.

Keywords: Temporal Analysis, Forest Fragmentation, Sergipe Caatinga.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo**21**

Figura 2 - Mapa de uso e cobertura do solo para a avaliação qualitativa da região semiárida do estado de Sergipe.**25**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métricas da paisagem da caatinga do estado de Sergipe do ano de 2011.....**26**

Tabela 2 - Métricas da paisagem da caatinga do estado de Sergipe do ano de 2023.....**27**

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 - Descrição das classes de uso e cobertura da área de estudo.....	24
Gráfico 1 - Comparação da área por classe dos anos de 2011 e 2023.....	28
Gráfico 2 - Comparação de números de fragmentos por classe dos anos de 2011 e 2023.....	29

LISTA DE SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFNSE – Inventário Florestal Nacional de Sergipe

MAP BIOMAS – Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra no Brasil

MDE – Modelo Digital de Elevação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NASA – National Aeronautics and Space Administration

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UTM – Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Fragmentação Florestal e Conectividade Ecológica	16
3.2 Ecologia da Paisagem	18
3.3 Bioma Caatinga no Estado de Sergipe	18
3.4 Geoprocessamento e sensoriamento remoto	19
4. METODOLOGIA	21
4.1 Área de Estudo	21
4.2 Dados de satélite	22
4.3 Processamento e Análise de Imagens	23
4.5 Análise temporal da ecologia da paisagem	24
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÕES	28
7. CONCLUSÃO	31
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento ambiental vem se intensificando nas últimas décadas, motivada principalmente pela expansão de atividades agropecuárias, pelo crescimento urbano desordenado e pela exploração inadequada dos recursos naturais (FRANCISCO et al, 2020). No Brasil, essa realidade afeta diretamente os biomas, como a vegetação tropical seca da Caatinga, que, apesar de sua importância ecológica, social e econômica, ainda é uma das formações vegetais mais vulneráveis e menos protegidas do país (OLIVEIRA et al, 2021). Esses processos têm acelerado a perda de cobertura florestal, reduzindo a conectividade entre remanescentes e intensificando o risco de desertificação, especialmente na Caatinga (BARBOSA et al, 2022).

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, caracterizado por clima semiárido, vegetação adaptada à escassez hídrica e alta diversidade de espécies endêmicas, ocupa uma área de aproximadamente 11% do território brasileiro, o equivalente à 844.453 km², abrangendo os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (MMA, 2016). Ocupando cerca de 11.179,68 km² em Sergipe, o que equivale a aproximadamente 49% do território estadual (IFNSE, 2018), esse bioma enfrenta severas pressões antrópicas. Dados recentes indicam que o estado de Sergipe lidera a perda de cobertura vegetal nativa, com uma redução alarmante de 53,97% entre os anos de 1985 e 2021 (MapBiomias, 2021). A maior parte dessa perda incide sobre a vegetação de Caatinga, principalmente nas regiões mais acessíveis e próximas aos centros urbanos e áreas agrícolas.

Atualmente, os estudos de mapeamento de remanescentes florestais com base em imagens de satélite e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) têm se consolidado como ferramentas promissoras para diagnosticar a condição atual dos biomas brasileiros (SILVA et al., 2011; MAPBIOMAS, 2023). Esse avanço está diretamente relacionado ao uso de Geotecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), associados ao processamento de dados orbitais. Com isso, as pesquisas voltadas à análise do uso e cobertura da terra, bem como à compreensão da dinâmica e impactos antrópicos, cresceram significativamente nas últimas décadas (SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2013; CUNHA et al., 2012).

Dentre os processos mais relevantes decorrentes da degradação ambiental destaca-se a fragmentação florestal, que consiste na divisão de grandes áreas contínuas de vegetação nativa em fragmentos menores, isolados e vulneráveis, favorecendo a extinção local de espécies e comprometendo funções ecológicas essenciais (FAHRIG, 2003; HADDAD et al., 2015). No caso da Caatinga, onde a resiliência natural é limitada pela irregularidade climática e escassez hídrica, a fragmentação agrava a vulnerabilidade do bioma, dificultando a conservação da biodiversidade e a estabilidade do ecossistema.

A análise do uso e cobertura da terra constitui uma metodologia essencial para compreender a dinâmica de transformação dos ecossistemas, especialmente em regiões submetidas a pressões antrópicas intensas. Estudos recentes mostram que a quantificação de classes como vegetação nativa, agricultura, pastagem e áreas urbanizadas permite diagnosticar padrões de fragmentação, conectividade entre remanescentes e os principais vetores de alteração da paisagem (SARTORIO; MAIER, 2024; CRUZ et al., 2024). A utilização de séries temporais multitemporais, disponibilizadas por iniciativas como o MapBiomas Collection 9 via Google Earth Engine, aliada ao processamento em SIG, potencializa a análise espacial detalhada do uso do solo (COSTA et al., 2024; MAPBIOMAS, 2023).

Além disso, a combinação de ferramentas capazes de calcular métricas como área dos fragmentos, índice de forma e proximidade contribui para a avaliação da integridade estrutural da paisagem (McGARIGAL et al., 2012).

2. OBJETIVOS

Analisar a dinâmica da fragmentação da vegetação da Caatinga no semiárido sergipano entre os anos de 2011 e 2023, por meio de métricas da paisagem calculadas a partir dos dados do MapBiomas no ambiente SIG.

2.1 Objetivos Específicos

- Analisar as mudanças no uso e cobertura da terra na área de estudo nos anos de 2011 e 2023, utilizando dados do Projeto MapBiomas.
- Classificar e quantificar as classes de vegetação nativa e uso antrópico, como pastagens, lavouras, áreas urbanizadas e mosaicos de uso.
- Aplicar métricas de paisagem, como número de fragmentos, área total e mediana da área dos fragmentos, identificando tendências de regeneração, utilizando o plugin LecoS no QGIS.
- Discutir os impactos das mudanças de uso da terra sobre a conservação do bioma Caatinga, com ênfase nos efeitos da expansão agrícola e urbana.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bioma Caatinga no Estado de Sergipe

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, caracterizado por clima semiárido, vegetação xerófito adaptada à escassez hídrica e alta taxa de endemismo. A diversidade florística e a estrutura fitossociológica da vegetação arbustivo-arbórea em fragmentos de Caatinga no estado também foram analisadas por Oliveira et al. (2016), destacando a importância da conservação desses remanescentes. A Caatinga possui 84.445,3 km² totalizando 11% do território Brasileiro, situado predominantemente na região semiárida do nordeste do país (IBGE- territórios, 2025). Esse ecossistema abriga uma vasta diversidade de ambientes, o que favorece a existência de uma biodiversidade rica e, em muitos casos, ainda pouco conhecida ou não catalogada. Além disso, a Caatinga é lar de inúmeras espécies endêmicas de elevado valor biológico (FRANCISCO et al., 2020).

No estado de Sergipe esse bioma ocupa aproximadamente 11.179,68 km² (IFNSE, 2018), o que significa que em percentual aproximado de área ocupada cerca de 49% de extensão de todo o estado (IBGE-territórios, 2025). Segundo o MapBiomas, no mapeamento

anual de cobertura e uso da terra no Brasil de 1985 a 2021, a Caatinga perdeu 10,5% de sua cobertura florestal, enquanto as áreas não vegetadas aumentaram expressivamente em 63,7%. Esse avanço da manipulação indica que, ao longo dos anos, esse bioma rico e singular tem perdido cada vez mais áreas naturais, aproximando-se progressivamente da desertificação.

Da perda total de floresta, 10,1% correspondem à vegetação nativa. Sergipe enfrenta intensas pressões antrópicas, como desmatamento para atividades agropecuárias e uso de recursos florestais. Fernandes et al. (2017) identificaram um aumento de 13,7% na fragmentação da vegetação de Caatinga entre 1992 e 2003, seguido por uma redução de 38,1% na área central dos fragmentos entre 2003 e 2013. Além disso, a área total de vegetação de Caatinga diminuiu 11,2% no primeiro período (1992 a 2003) e 42,9% no segundo (2003 a 2013), evidenciando a necessidade de políticas eficazes de conservação.

O estado de Sergipe, o menor estado da federação e com metade de seu território ocupado pelo bioma Caatinga, liderou o ranking de perda de cobertura vegetal, com uma redução alarmante de 53,97% entre 1985 e 2021 (MapBiomas, 2021). Esse dado evidencia a vulnerabilidade do bioma no estado e a urgência de políticas mais eficazes para conter o avanço do desmatamento e da gestão ambiental. A destruição contínua da Caatinga compromete não apenas a biodiversidade local, mas também os serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação climática e a conservação dos solos, agravando o risco de desertificação (SOUSA, et al, 2015).

3.2 Geoprocessamento e sensoriamento remoto

O geoprocessamento tem se consolidado como uma ferramenta essencial na análise da fragmentação florestal, sendo amplamente utilizado no monitoramento e controle ambiental. Sua aplicação abrange diversas categorias de processamento de dados, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais (SOUZA et al, 2020). Ao analisar áreas potenciais para conservação, é fundamental identificar o padrão espacial mais adequado para os futuros usos do solo em uma determinada região. Esse processo deve considerar fatores específicos da atividade ou do objetivo almejado, garantindo uma gestão territorial eficiente e sustentável (COLLINS et al., 2001; SOARES, 2019).

Estudos em outras áreas do nordeste também oferecem suporte metodológico relevante. Por exemplo, Leão (2018) analisou a fragmentação da Caatinga no norte da Bahia usando o software Fragstats e séries temporais do MapBiomas, identificando um aumento da

fragmentação estrutural, com mais de 91% dos fragmentos possuindo menos de 500 hectares. Morais et al. (2023), por sua vez, utilizaram dados de séries temporais Landsat e análise multitemporal do uso e cobertura da terra para investigar a dinâmica da vegetação e a regeneração de áreas de Caatinga no Piauí, reforçando a importância do monitoramento contínuo com dados abertos e métricas padronizadas.

Dessa forma, a evolução dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) impulsionou o aprimoramento das metodologias utilizadas na definição de áreas prioritárias para conservação, e análises mais detalhadas. A integração de diferentes camadas de informação nos SIGs tornou-se uma prática essencial no desenvolvimento da maioria dos estudos na área (SOARES, 2019). Para isso, diversas técnicas serão implementadas, incluindo a abordagem de análise temporal, métodos de métricas de paisagem, técnicas de visualização e o uso de SIG, tornando-se essencial para a análise de áreas.

3.3 Fragmentação Florestal e Conectividade Ecológica

A fragmentação florestal é um dos processos mais significativos de alteração da paisagem natural, provocando a divisão de grandes áreas contínuas de vegetação nativa em fragmentos menores, isolados e mais vulneráveis à degradação (FAHRIG, 2003; HADDAD et al., 2015). Este fenômeno está geralmente associado a atividades antrópicas, como a expansão agropecuária, o crescimento urbano e a abertura de estradas, afetando diretamente a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas.

De acordo com Forman (1995), a paisagem é composta por mosaicos ecológicos, e a fragmentação altera a estrutura desses mosaicos, modificando a proporção entre habitat e matriz antrópica, além de reduzir a conectividade entre os remanescentes florestais. A conectividade ecológica refere-se à capacidade da paisagem de permitir o deslocamento de espécies, o fluxo gênico e o funcionamento ecológico entre os fragmentos remanescentes (TAYLOR et al., 1993; SAURA & PASCUAL-HORTAL, 2007). Quando essa conectividade é comprometida, os fragmentos tornam-se mais suscetíveis à perda de biodiversidade, ao efeito de borda e à extinção local de espécies sensíveis.

Dessa forma, a fragmentação implica não apenas na redução da área total de vegetação nativa, mas também na perda de conectividade entre os remanescentes, dificultando o deslocamento de espécies, a dispersão de sementes e o fluxo gênico (Lira et al., 2021). Além disso, a criação de bordas expostas a distúrbios externos (como luz intensa,

vento e espécies invasoras) modifica as condições ecológicas do entorno, gerando o chamado efeito de borda (Arroyo-Rodríguez et al., 2020). Em contextos tropicais, como no Brasil, os impactos da fragmentação são agravados pela alta diversidade de espécies endêmicas e pela intensidade da pressão antrópica (da Silva et al., 2020).

No caso do bioma caatinga, já amplamente desmatado, o processo de fragmentação pode comprometer de forma irreversível a integridade ecológica dos sistemas remanescentes (Rezende et al., 2018). A compreensão dos padrões espaciais e temporais da fragmentação florestal é, portanto, fundamental para o planejamento territorial e a conservação da biodiversidade. O uso de ferramentas como geoprocessamento e análise de métricas de paisagem permite quantificar a extensão da fragmentação e subsidiar ações mais eficazes de gestão ambiental (Silva Júnior et al., 2021).

A métrica da paisagem e os indicadores de fragmentação vêm sendo amplamente utilizados para quantificar e qualificar esse processo. Ferramentas como Fragstats, QGIS e softwares de análise espacial em R têm sido essenciais na mensuração de variáveis como área dos fragmentos, índice de forma, isolamento, conectividade e complexidade da paisagem (MCGARIGAL et al., 2012; RIBEIRO et al., 2009). Nas últimas décadas, estudos vêm demonstrando que os efeitos da fragmentação variam de acordo com o contexto ecológico e com as características específicas do bioma analisado. Por isso, análises espacialmente explícitas e temporalmente comparativas são essenciais para compreender os padrões e os impactos da fragmentação em biomas como a Caatinga, que apresentam forte sazonalidade, endemismo elevado e alta pressão de uso do solo (LEAL et al., 2005; SILVA et al., 2017).

Estudos realizados por GALINA et al., 2022, análises temporais de uso e cobertura do solo ao longo dos anos apontaram que houve um enorme avanço da agropecuária em Sergipe e a consequente perda de ambientes florestais. Em 2020, essa atividade já ocupava 77% do território estadual, dando evidência que a maior parcela de perda se encontra no bioma caatinga, a área de florestas foi reduzida em 40% ao longo de 35 anos na região semiárida do estado.

Isso complementa que expansão das áreas de pastagem na região semiárida de Sergipe está diretamente ligada ao crescimento da pecuária, uma vez que 68% das propriedades rurais são destinadas à formação de pastagens e à produção pecuária (FERNANDES et al., 2015). Outros estudos têm evidenciado os efeitos da fragmentação nos biomas brasileiros. Por

exemplo, pesquisa realizada na região semiárida de Sergipe entre 1992 e 2013 indicou um aumento de 13,7% na fragmentação da vegetação de Caatinga, além de uma redução de 38,1% na área central dos fragmentos entre 2003 e 2013 (Fernandes et al., 2017).

3.4 Ecologia da Paisagem

A ecologia da paisagem busca compreender os padrões espaciais e os processos ecológicos em escalas maiores, considerando a heterogeneidade do espaço e a interação entre os elementos da paisagem (Turner, 2005; Almeida et al., 2018). Seu enfoque central está nas relações entre fragmentos de habitat, a matriz que os envolve e os fluxos ecológicos (como dispersão, migração e fluxo gênico) que ocorrem entre esses componentes. No contexto da fragmentação florestal, a ecologia da paisagem fornece ferramentas conceituais e analíticas para quantificar mudanças estruturais nas paisagens naturais. Termos como “mosaico da paisagem”, “conectividade funcional” e “índice de complexidade da borda” são amplamente utilizados para descrever os efeitos do desmatamento e da conversão do uso da terra sobre os ecossistemas (Botequilha-Leitão & Ahern, 2002).

Em estudos realizados em regiões semiáridas do Brasil, como o estado de Sergipe, a aplicação de métricas de ecologia da paisagem tem revelado padrões preocupantes de isolamento de fragmentos, perda de conectividade e homogeneização da matriz paisagística (Fernandes et al., 2017; Santos et al., 2021). A redução da diversidade estrutural da paisagem compromete a resiliência ecológica e reduz a capacidade de suporte à biodiversidade, especialmente em biomas frágeis como a Caatinga.

As análises baseadas na ecologia da paisagem são frequentemente realizadas com o apoio de softwares especializados, que permite calcular métricas como: tamanho médio dos fragmentos, nível de conectividade, índice de forma e proporção de área de borda (McGarigal et al., 2012). Essas ferramentas são essenciais para subsidiar ações de gestão e planejamento ambiental, especialmente quando associadas a séries temporais de dados geoespaciais.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no bioma Caatinga do estado de Sergipe, região Nordeste do Brasil (Figura 1). Com uma área de aproximadamente 11.200,00 km² (Sergipe, 2018), a

vegetação de Caatinga ocupa aproximadamente 49% da área total do estado e está inserida no domínio do clima semiárido, com precipitação anual inferior a 800 mm e elevada variabilidade interanual (IBGE, 2023). A vegetação predominante é caracterizada por espécies xerofíticas e caducifólias, adaptadas à escassez hídrica.

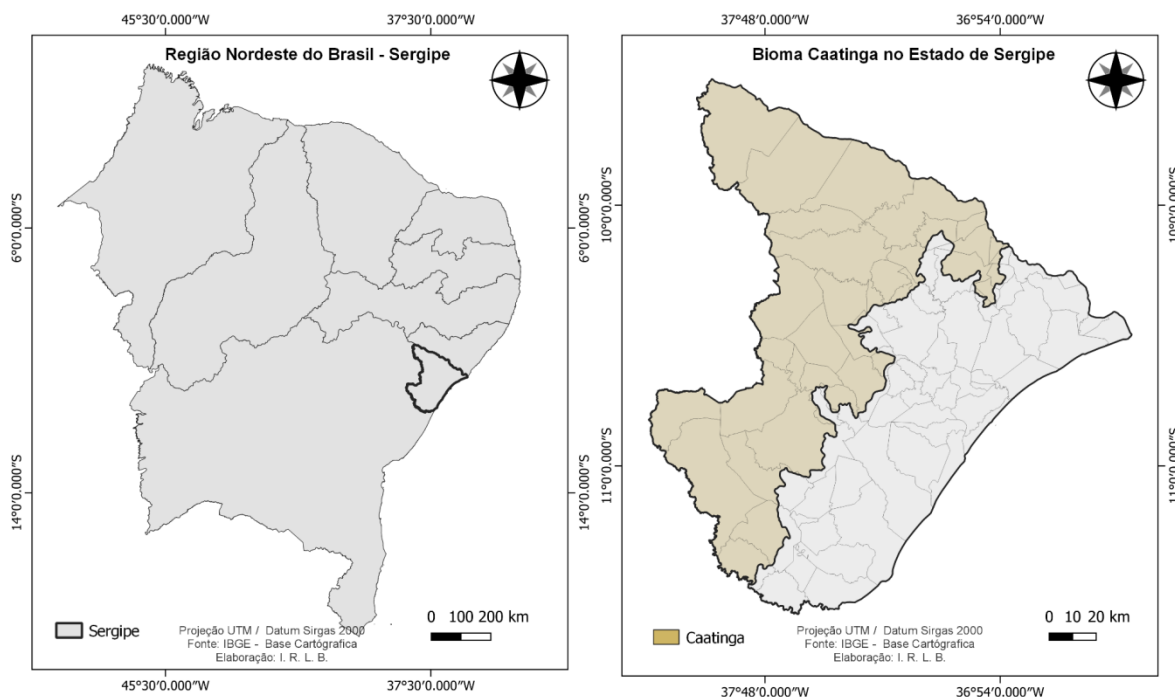


Figura 1– Localização da área de estudo

O relevo é ondulado, com altitudes variando entre 25 e 750 metros (IBGE, 2008), fazendo fronteira com os Estados da Bahia (Sul e Oeste) e de Alagoas (Norte). O clima na região é classificado como semiárido do tipo BSh segundo Köppen, com baixa precipitação anual, variando entre 250 e 800 mm (ALVES, 2007). O regime pluviométrico apresenta alta variabilidade interanual e define duas estações bem marcadas: uma estação chuvosa de curta duração (3 a 5 meses, de março a julho), e uma estação seca prolongada (7 a 9 meses, de agosto a fevereiro)(MAIA, 2004). As temperaturas médias anuais variam entre 26 °C e 29 °C (ALVES, 2007).

4.2 Dados do projeto MapBiomas

Foram utilizados os mapas anuais de uso e cobertura da terra do MapBiomas Brasil – Coleção 9, que cobre o período de 1985 a 2023. Essa base é gerada a partir de séries temporais Landsat, com resolução espacial de 30 metros, e classificada com algoritmos de Random Forest processados no Google Earth Engine (GEE). As classes seguem a legenda

oficial da Coleção 9, incluindo, entre outras, Formação Florestal (1.1), Formação Savânica (1.2), Pastagem (15), Agricultura/Lavouras Temporárias, Área Urbana (24) e Corpos d'Água (33) (MAPBIOMAS, 2023).

Optou-se por analisar os anos de 2011 e 2023. O ano de 2011 foi escolhido como marco anterior à seca severa de 2012–2015, que impactou fortemente os ecossistemas do Nordeste brasileiro (MARENGO et al., 2016), além de anteceder a plena implementação do novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que trouxe mudanças significativas na gestão ambiental no país (BRASIL, 2012). Já o ano de 2023 corresponde ao recorte mais recente disponível na Coleção 9, representando o período atual e possibilitando a comparação de doze anos de transformações na paisagem da Caatinga sergipana. Essa escolha permite avaliar tanto os efeitos de pressões climáticas e antrópicas quanto eventuais sinais de regeneração da vegetação.

O processamento inicial foi realizado no Google Earth Engine (GEE), ambiente em nuvem que possibilita o manuseio de grandes volumes de dados geoespaciais (GORELICK et al., 2017). Por meio de scripts em JavaScript, os mapas de 2011 e 2023 foram filtrados e recortados para a área de estudo correspondente ao bioma Caatinga no estado de Sergipe, conforme os limites disponibilizados pelo próprio MapBiomas (MAPBIOMAS, 2023).

Na sequência, os arquivos foram exportados em formato GeoTIFF, mantendo a resolução nativa de 30 m, e processados no QGIS 3.x (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), software livre e de código aberto amplamente utilizado em estudos ambientais. No ambiente do QGIS, os dados foram reprojetados para o sistema de referência UTM/SIRGAS 2000 – Zona 24S e reclassificados para os grupos analíticos definidos neste estudo: vegetação nativa (formações florestal e savânica), usos antrópicos (pastagem, agricultura/lavouras temporárias, área urbana), mosaico de usos e corpos d'água.

O cálculo das métricas de fragmentação foi realizado com o plugin LecoS (Landscape Ecology Statistics), integrado ao QGIS, que permite a obtenção automatizada de métricas de ecologia da paisagem a partir de imagens raster e vetores de referência (JUNG, 2016). Entre as métricas analisadas destacam-se: Número de Fragmentos (Nf), Área (A) e Mediana da Área dos Fragmentos, aplicadas às classes de uso e cobertura da terra.

4.3 Análise das Imagens

A análise foi feita individualmente para cada ano (2011 e 2023) para cada classe de uso e cobertura da terra (Quadro 1), e os resultados foram comparados em termos numéricos e espaciais, permitindo observar a tendência de fragmentação, redução de área, aumento de isolamento ou recuperação de fragmentos ao longo do período estudado e respectivos motivos. Essas análises foram complementadas com a geração de mapas de mudança e a exportação dos dados em tabelas CSV, que subsidiaram a interpretação da dinâmica de uso e cobertura da terra e da fragmentação florestal.

Quadro 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra da área de estudo.

Classes de uso e cobertura da terra	Descrição
Formação Florestal	Vegetação com predominância de dossel contínuo - Savana-Estépica.
Formação Savânica	Vegetação com predominância de espécies de dossel semicontínuo - savana - savana arbustiva - savana florestal.
Pastagem	Vegetação com predominância de espécies herbáceas (Savana Estepe Gramíneo - Lenhosa, Parque de Savana, Savana Gramínea-Lenhosa).
Mosaico de Usos	Áreas agrícolas onde não era possível distinguir entre pasto e agricultura.
Área Urbanizada	Infraestrutura e conglomerado de pessoas.
Água	Rios, lagos e oceanos.
Lavouras Temporárias	Cultivos agrícolas de curta ou média duração, que após a colheita deixam o terreno disponível para o manejo do solo e novo plantio.

Fonte: MapBiomias/ coleção 9

4.4 Análise temporal da ecologia da paisagem

A análise temporal teve como objetivo compreender as mudanças na configuração da paisagem da Caatinga no estado de Sergipe ao longo de um período de 12 anos, através da análise de métricas de uso e cobertura. Para isso, foram selecionados os anos de 2011 e 2023, permitindo avaliar a dinâmica da cobertura vegetal nesse intervalo. A partir desses mapas, foi possível visualizar, de forma espacializada, as áreas onde a vegetação nativa da Caatinga foi preservada e onde ocorreram processos de desmatamento.

Os dois mapas correspondentes aos anos selecionados foram comparados entre si por meio dos resultados fornecidos pelo plugin LecoS, com o objetivo de observar se os fragmentos de vegetação nativa se tornaram mais numerosos, menores ou mais isolados ao longo do tempo. Essa comparação foi feita a partir de cálculos automáticos realizados pela ferramenta, que gera métricas como Número de Fragmentos (Nf), Área (A) e Mediana da Área dos Fragmentos, de forma padronizada e sem necessidade de cálculos manuais. Por esse motivo, as fórmulas matemáticas não foram apresentadas no trabalho, uma vez que a ênfase recai sobre a interpretação dos resultados obtidos e não sobre o detalhamento algorítmico do processo, já validado na literatura científica (JUNG, 2016).

Os dados do projeto foram obtidos no formato raster (GeoTIFF) e recortados pelo shapefile correspondente à área da Caatinga de Sergipe, com uso do software QGIS. Esse recorte garantiu que apenas os dados relevantes à área de estudo fossem analisados. Em seguida, todas as imagens foram convertidas para um mesmo sistema de referência espacial (UTM/SIRGAS 2000 – Zona 24S), assegurando que as análises espaciais, como cálculos de áreas, fossem realizadas com precisão, evitando erros devido a distorções ou desalinhamento das imagens.

5. RESULTADOS

Os resultados das métricas da ecologia da paisagem para o ano de 2011 da Caatinga no estado de Sergipe, está apresentada na Tabela 1. Nesse período, observa-se a predominância da classe Pastagem, que ocupava 8.751,7 km², o equivalente a 76,35% da área da Caatinga no estado. A elevada concentração desta classe reflete o uso intensivo da terra para fins agropecuários, principal vetor de pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa (SANTOS; TABARELLI, 2002; FONSECA et al., 2018). As formações vegetais naturais, como Formação Savânica (14,96%) e Formação Florestal (1,93%), representavam

conjuntamente cerca de 16,89% da paisagem. O número de fragmentos de formação savânica era de 12.662, com mediana de área igual a 11.700 m². Já os fragmentos florestais totalizavam 2.640, com mediana de 18.900 m², indicando uma fragmentação mais pronunciada nas áreas savânicas.

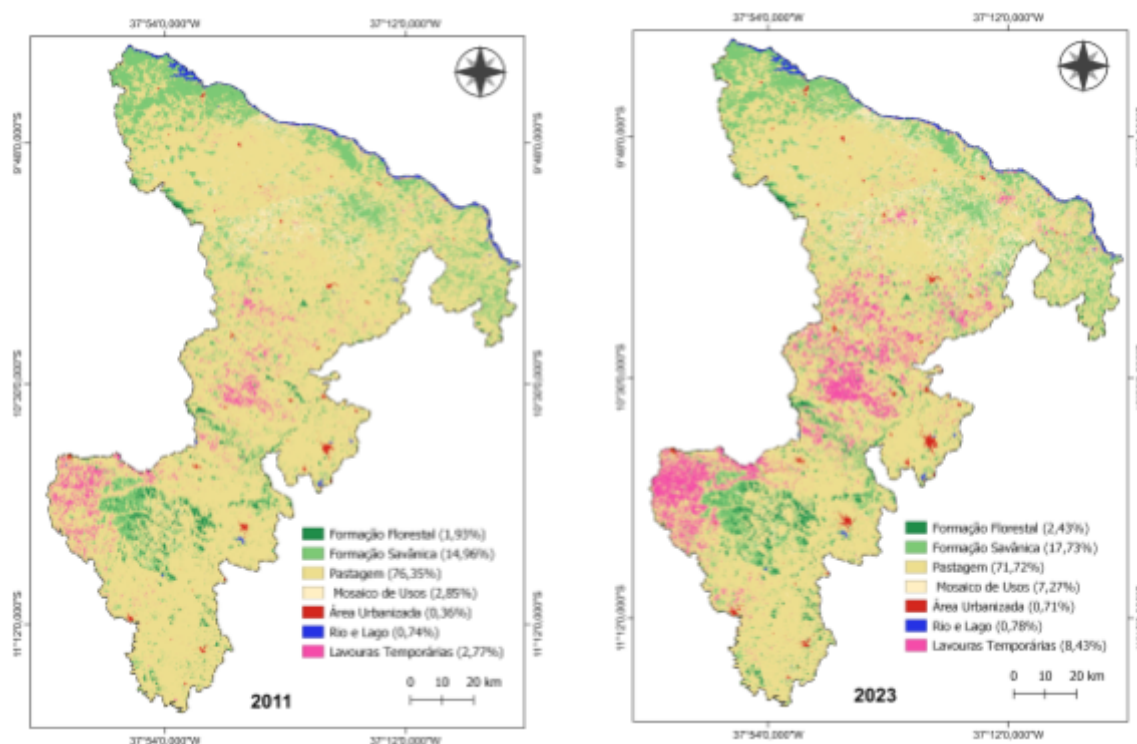


Figura 2– Mapa de uso e cobertura para a avaliação qualitativa da região semiárida do estado de Sergipe.

Além disso, observa-se um número elevado de fragmentos na classe Mosaico de Usos (16.156 fragmentos), embora essa categoria ocupasse apenas 2,85% da área. Isso reforça o padrão de alta fragmentação estrutural, típico de áreas sob uso múltiplo, como destacam Antongiovanni et al. (2018), que apontam que mais de 90% dos fragmentos na Caatinga são menores que 500 hectares. A classe Lavouras Temporárias também apresentava expressiva fragmentação, com 8.610 fragmentos e área total de 317,7 km². Essa configuração de pequenos lotes voltados à agricultura intensiva é apontada na literatura como um dos principais fatores de perda de conectividade entre os remanescentes florestais (MDPI, 2021).

Tabela 1 - Métricas da paisagem da caatinga do estado de Sergipe do ano de 2011.

Classes	Área (km ²)	Área (%)	Nº Fragmentos	Mediana da área dos fragmentos (m ²)
Formação Florestal	220,8	1,93	2640	18900
Formação Savânica	1715,07	14,96	16262	11700
Pastagem	8751,7	76,35	4457	8100
Mosaico de Usos	326,30	2,85	16156	7200
Área Urbanizada	41,63	0,36	299	22500
Áreas não vegetadas	3,31	0,03	289	6300
Rio e lago	84,38	0,74	546	6300
Lavouras Temporárias	317,7	2,77	8610	9000

As métricas da ecologia da paisagem da Caatinga no estado de Sergipe no ano de 2023, está apresentada na Tabela 2. Em comparação com 2011, observa-se uma redução da área de Pastagem, que passou a ocupar 7.527,63 km² (71,72%), acompanhada de um aumento nas classes de vegetação nativa. A Formação Savânica passou a representar 17,73% da área (1.860,45 km²), com um acréscimo de 3.467 fragmentos em relação a 2011. A Formação Florestal também aumentou em área (255,35 km²) e na mediana dos fragmentos (21.600 m²), embora com apenas 144 novos fragmentos. Esse aumento pode indicar sinais de regeneração florestal em certas regiões da Caatinga, principalmente em áreas de abandono agrícola ou em estágios de regeneração natural, conforme observado por Fonseca et al. (2018) e Moraes et al. (2023).

A classe Mosaico de Usos apresentou um aumento expressivo, alcançando 762,52 km² (7,27%), com mais de 29 mil fragmentos, quase o dobro registrado em 2011. Isso reflete uma complexificação da paisagem rural, com pequenas áreas sendo utilizadas para diferentes tipos de exploração simultânea, o que gera uma configuração altamente fragmentada e de baixa conectividade (RIBEIRO et al., 2021). As Lavouras Temporárias também aumentaram

significativamente, tanto em área (de 317,7 km² para 884,72 km²) quanto em número de fragmentos (de 8.610 para 11.391). Esses dados indicam uma intensificação agrícola sobre áreas antes ocupadas por vegetação nativa ou pastagem, o que pode agravar os efeitos de borda e o isolamento ecológico de fragmentos (SANTOS; TABARELLI, 2002).

Além disso, a área urbanizada aumentou de 41,63 km² (2011) para 74,87 km² (2023), mantendo uma mediana de fragmentos elevada (23.400 m²). Esse crescimento urbano fragmentado se alinha aos padrões descritos por Oliveira et al. (2021), que associam a urbanização difusa no semiárido à perda acelerada de habitat.

Tabela 2 - Métricas da paisagem da caatinga do estado de Sergipe do ano de 2023.

Classes	Área (km ²)	Área (%)	Nº Fragmentos	Mediana da área dos fragmentos (m ²)
Formação Florestal	255,35	2,43	2784	21600
Formação Savânica	1860,45	17,73	19729	11700
Pastagem	7527,63	71,72	8891	8100
Mosaico de Usos	762,52	7,27	29048	8100
Área Urbanizada	74,87	0,71	448	23400
Áreas não vegetadas	12,10	0,12	874	7200
Rio e lago	81,99	0,78	562	6300
Lavouras Temporárias	884,72	8,43	11391	9900

6. DISCUSSÃO

Os resultados da análise temporal da fragmentação florestal na Caatinga de Sergipe entre 2011 e 2023 apontam para um cenário típico de transição ecológica em regiões semiáridas: de um lado, sinais de regeneração localizada da vegetação nativa; de outro, a

intensificação do uso antrópico do solo, principalmente pela agricultura de ciclo curto e pela expansão urbana difusa (SANTOS; TABARELLI, 2002; CRUZ et al., 2024).

A redução da classe Pastagem, que passou de 76,35% para 71,72% da área total (Tabelas 1 e 2), pode estar relacionada tanto ao abandono de áreas pouco produtivas quanto à regeneração natural da vegetação em locais de uso marginal (MORAIS et al., 2023). Em contrapartida, observou-se um aumento da vegetação nativa, sobretudo na Formação Savânica (14,96% → 17,73%) e na Formação Florestal (1,93% → 2,43%). Embora esse avanço sugira uma recuperação parcial, o crescimento no número de fragmentos indica que essa regeneração ocorre de forma dispersa, em pequenas manchas isoladas. Essa configuração compromete a conectividade ecológica, favorece espécies generalistas e limita processos essenciais como dispersão de sementes e fluxo gênico (LAURANCE et al., 2011; TABARELLI; SILVA; GASCON, 2004).

A expansão das Lavouras Temporárias, que aumentaram de 317,7 km² para 884,72 km² (Figura 3), reflete a forte tradição agrícola local, com destaque para a cultura do milho, uma das mais cultivadas em Sergipe. Esse cultivo, aliado a práticas agrícolas intensivas, acelera a conversão de áreas nativas e cria novas bordas ecológicas, elevando a vulnerabilidade dos fragmentos às pressões externas (COSTA et al., 2024). Já o crescimento do Mosaico de Usos (2,85% → 7,27%)(Tabelas 1 e 2) reforça a fragmentação estrutural, típica de paisagens com múltiplos usos em pequenas propriedades, o que aumenta a complexidade espacial, mas reduz a integridade ecológica (CRUZ et al., 2024).

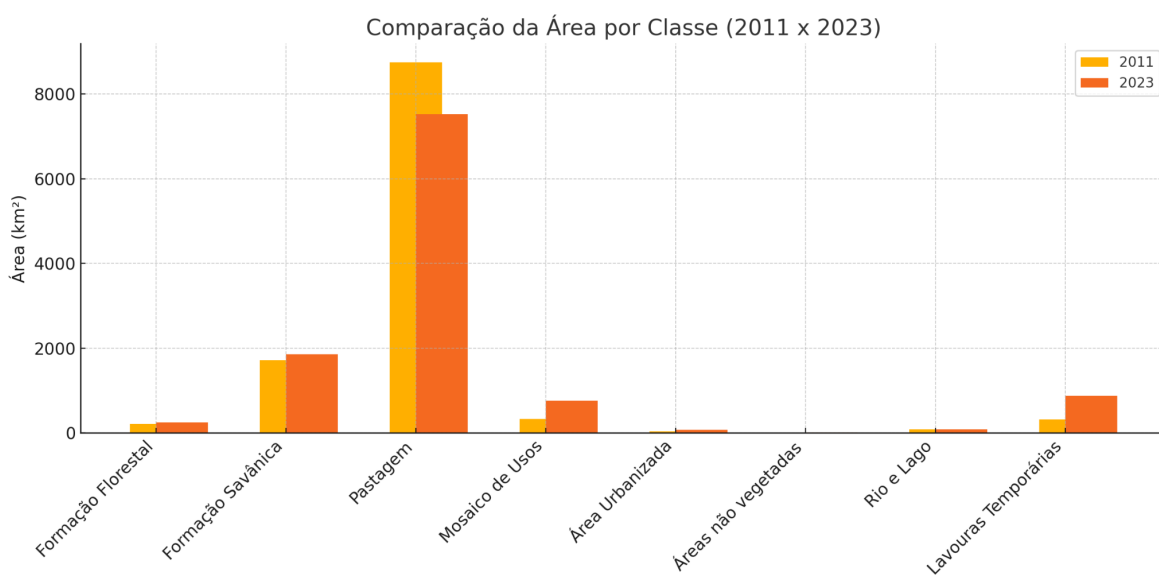


Figura 3 - Comparação da área por classe dos anos de 2011 e 2023.

A urbanização difusa, cujo aumento foi de 41,63 km² para 74,87 km², traduz-se em uma ocupação descontínua e pulverizada, criando barreiras adicionais à conectividade. Esse padrão é comum em áreas semiáridas, onde núcleos urbanos menores se expandem de forma desordenada, dificultando a manutenção de corredores naturais e pressionando ainda mais os remanescentes florestais (OLIVEIRA et al., 2021).

Apesar dos avanços obtidos com métricas básicas como número de fragmentos e área (Figura 4), é importante destacar uma limitação metodológica: não foram analisadas métricas de configuração espacial mais refinadas, como distância média entre fragmentos (ENN) ou índice de proximidade (PROX) (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Tais análises poderiam aprofundar a compreensão sobre a conectividade funcional da paisagem e indicar áreas prioritárias para restauração.

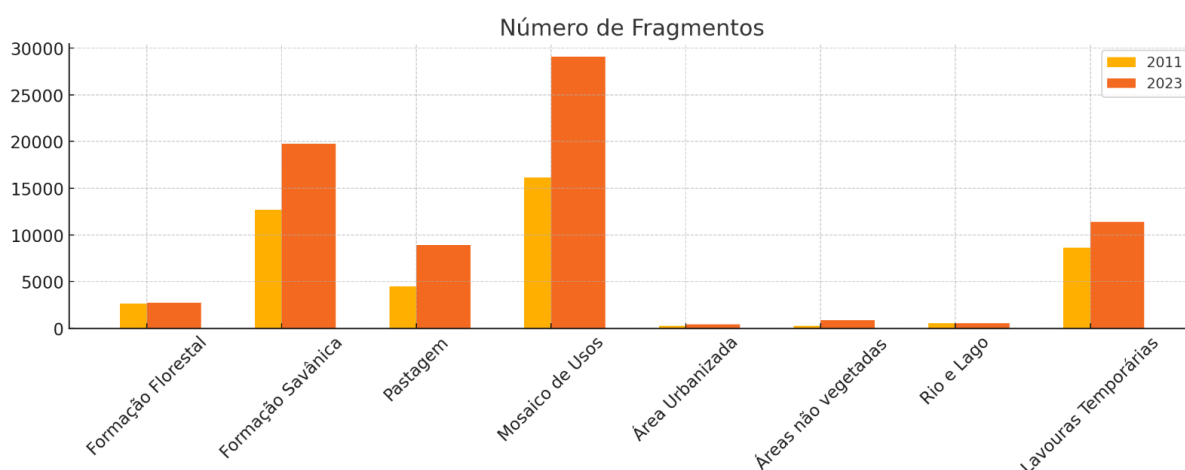


Figura 4 - Comparação de números de fragmentos por classe dos anos de 2011 e 2023.

Diante desse quadro, os resultados reforçam a urgência de estratégias de planejamento ambiental que aliem conservação e produção, tais como:

- Incentivo a sistemas agroflorestais como alternativa ao cultivo convencional de milho e outras lavouras temporárias;
- Criação de corredores ecológicos para restaurar a conectividade entre fragmentos;

- Ampliação de unidades de conservação em áreas de maior relevância ecológica;
- Recuperação de áreas degradadas com espécies nativas da Caatinga, visando reduzir os efeitos de borda e recompor funções ecológicas.

Assim, a Caatinga sergipana encontra-se em um cenário de transição: embora haja sinais de regeneração florestal, a intensificação agrícola em especial pelo cultivo de milho e a urbanização difusa aumentam a fragmentação da paisagem, exigindo ações integradas de manejo e conservação.

7. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados do MapBiomas para os anos de 2011 e 2023, este estudo evidenciou transformações significativas na configuração da paisagem da Caatinga no estado de Sergipe. O principal padrão observado foi a redução da área ocupada por pastagens, concomitante ao avanço de formações vegetais nativas, especialmente a formação savânica, que apresentou crescimento expressivo em área e número de fragmentos. A formação florestal, embora ainda represente uma fração reduzida da paisagem, também demonstrou acréscimos em área e no tamanho mediano dos fragmentos, sugerindo processos localizados de regeneração natural ou redução da pressão antrópica em determinados setores.

A expansão da formação savânica, por sua vez, pode refletir tanto a substituição de áreas anteriormente utilizadas como pastagem quanto estágios intermediários de sucessão ecológica secundária, frequentemente observados em paisagens semiáridas em transição. Apesar dos sinais positivos, os avanços na cobertura vegetal ocorreram de forma altamente fragmentada, comprometendo a conectividade ecológica e os processos ecológicos essenciais à manutenção da biodiversidade.

Paralelamente, a expansão das lavouras temporárias e do mosaico de usos indica um aumento da pressão sobre o território, com implicações diretas na fragmentação estrutural da paisagem. A proliferação de pequenos lotes agrícolas e usos mistos intensifica os efeitos de borda, contribui para o isolamento de fragmentos nativos e fragiliza a resiliência ecológica dos remanescentes.

Dessa forma, conclui-se que a paisagem da Caatinga sergipana apresenta uma dinâmica ambígua: ao mesmo tempo em que há sinais incipientes de recuperação ecológica, especialmente em áreas de menor pressão, observa-se uma fragmentação crescente, impulsionada por práticas agrícolas de curta duração e pela urbanização difusa. Este cenário reforça a necessidade de políticas públicas integradas de ordenamento territorial, capazes de promover a recomposição da conectividade ecológica, o uso sustentável da terra e a valorização da vegetação nativa como parte essencial da resiliência socioambiental do semiárido brasileiro.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONGIOVANNI, M. et al. Fragment size and isolation affect plant species density in forest fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, v. 27, n. 2, p. 373–393, 2018.
- Botequilha-Leitão, A., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65–93.
- COLLINS, M.G.; STEINER, F.R.; RUSHMAN, M.J. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environmental Management*, v.28, n.5, p.611-621, 2001.
- da Silva, J. M. C. et al. (2020). The role of habitat fragmentation in biodiversity loss in the Brazilian Caatinga and Atlantic Forest. *Biotropica*, 52(5), 817–829.
- FAHRIG, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.
- FERNANDES, M. R. de M. et al. Análise temporal da fragmentação florestal na região semiárida de Sergipe. *Nativa, Sinop*, v. 5, n. 6, p. 421–427, 2017. Disponível em:
- FERREIRA, A. L. et al. Análise da dinâmica de fragmentação florestal por meio de séries temporais de imagens. *Revista Geociências*, v. 38, n. 3, p. 585–597, 2019.
- FONSECA, M. A. da. Fragmentação, conservação e restauração da Caatinga. 2017. 103 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/24678>.
- FORMAN, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.
- FRANCISCO, P.R.M. ; CHAVES, I.B. ; CHAVES, L. H.G. Bioma Caatinga e Degradação: Modelo de Mapeamento. Campina Grande Grande – PB, 2020.
- FREIRE, N.C.F; MOURA, D.C; SILVA, J.B; PACHECO, A.P. Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 5, p.24773-24781, maio. 2020.

GARCIA, M.L.T. ; FRANCISCO, C.N. Métricas da Paisagem na Avaliação da Fragmentação Florestal: O Índice De Dimensão Fractal. Anais XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2023.

HADDAD, N. M. et al. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), e1500052.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2024. https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2024/estimativa_dou_2024.pdf

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE | Brasil em síntese | território. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. 2025.

Inventário Florestal Nacional - Sergipe (IFNSE) . Relatório florestal de Sergipe. Aracaju(SE): Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos;2018.

INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL SERGIPE PRINCIPAIS RESULTADOS Série RELATÓRIOS TÉCNICOS -IFN. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/florestal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/relatorios-ifn/IFNSEprincipaisresultados.pdf>>.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. (2005). Ecologia e conservação da Caatinga. In: *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE.

LEÃO, M. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landscape Ecology*, v. 33, p. 1123–1134, 2018.

Lira, P. K. et al. (2021). Defining and measuring habitat connectivity: A conceptual and methodological review. *Biological Reviews*, 96(5), 1684–1709.

MAPBIOMAS. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org>.

McGarigal, K. et al. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. University of Massachusetts.

MDPI. Land Use/Cover Change Detection and Land Degradation Assessment in Brazil's Caatinga. *Remote Sensing*, v. 13, n. 4, p. 726, 2021.

MORAIS, R. M. et al. Landsat data respond to variations in natural regeneration and degradation of dry forest landscapes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 95, n. 1, e20220208, 2023.

OLIVEIRA, A. R. et al. Urban expansion and habitat fragmentation in Brazil's semi-arid region: Patterns and challenges. *Journal of Environmental Management*, v. 277, p. 111412, 2021.

OLIVEIRA, A. C. da C.; PRATA, A. P. do N.; MELLO, A. A. de. Florística, fitossociologia e caracterização sucessional em um remanescente de Caatinga em Sergipe. *Gaia Scientia*, João Pessoa, v. 10, n. 4, p. 1–10, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/23637>. Acesso em: 6 jun. 2025.

OLIVEIRA, C.D.L; SILVA, A.P.A; MOURA, P.A.G. Distribuição e Importância das Unidades de Conservação no Domínio Caatinga. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. 2019.

PAGOTTO, M. A. A vegetação lenhosa da Caatinga em assentamento do Estado de Sergipe: aspectos fitossociológicos, anatômicos e dendrocronológicos. 2015. 203 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/4061>.

Projeto MapBiomias – Destaques do Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra no Brasil de 1985 a 2021- Caatinga. Outubro de 2022.

Rezende, C. L. et al. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(4), 208–214.

RIBEIRO, M. C. et al. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153.

RIBEIRO, R. M. et al. Avaliação da conectividade da paisagem em fragmentos florestais do semiárido. *Revista Árvore*, v. 45, e4504, 2021.

RODRIGUES, T. R.; ARASATO, T. F. Mudanças no uso e cobertura da terra no semiárido nordestino: uma abordagem multitemporal. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 5, p. 1880–1894, 2021.

S. Lang,; T. Blaschke. *Análise da paisagem com SIG*. Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

Santos, J. D. et al. (2021). Mudanças na paisagem e conectividade funcional na Caatinga sergipana: implicações para a conservação. *Revista Árvore*, 45, e4501.

SANTOS, W. A. Mapeamento e diagnóstico dos remanescentes florestais de Caatinga do estado de Sergipe através de imagens Rapideye. 2018. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/9165>.

SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M. Distance from roads and cities as a predictor of habitat loss and fragmentation in the Caatinga vegetation of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 62, n. 3, p. 479–486, 2002.

SAURA, S.; PASCUAL-HORTAL, L. (2007). A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), 91–103.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (2017). The Caatinga: understanding the challenges. In: *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer.

SOUSA, B. I.; ARTIGAS, R. C; LIMA, E.R.V.. *Caatinga e Desertificação*. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, Universidade Federal do Ceará. 2015.

SOUSA, J. A. P. *Elaboração de um Índice de Vulnerabilidade Ambiental dos Fragmentos Florestais da Mata Atlântica*. UNESP – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Sorocaba/SP. 2021.

SOUZA, E. S. C. et al. *Geotécnicas aplicadas à auditoria e perícia ambiental*. UFMT, Editora científica, pág 237 - 243. 2020.

TAYLOR, P. D. et al. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68–73.

TONG, X.; WANG, K.; BRANDT, M.; YUE, Y.; LIAO, C., FENSHOLT, R. Assessing Future Vegetation Trends and Restoration Prospects in the Karst Regions of Southwest China. *Remote Sens.* 2016, 8, 357; doi:10.3390/rs8050357.

Turner, M. G. (2005). Landscape ecology: What is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36(1), 319-344.