

DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA TRANSIÇÃO CERRADO–AMAZÔNIA (2000–2022): TIPOS MUNICIPAIS BASEADOS EM MÉTRICAS DE PAISAGEM E APRENDIZADO DE MÁQUINA

Eder José Almeida da Silva¹
Giovanni de Araujo Boggione²
Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA¹²

RESUMO

A zona de transição entre Cerrado e Amazônia, localizada no Arco do Desmatamento, destaca-se como uma das regiões mais vulneráveis do Brasil, em função da expansão agropecuária, queimadas e pressões logísticas. Este estudo analisou a fragmentação da vegetação nativa nos anos de 2000, 2010 e 2022, utilizando dados do MapBiomas (2024) e métricas de paisagem. As métricas foram integradas a algoritmos de aprendizado de máquina, especificamente k-means e DBSCAN, para classificar os municípios da região em tipologias de fragmentação. Os resultados apontaram crescimento expressivo no número de fragmentos e redução da conectividade em mais de 80% dos municípios, confirmando tendências recentes de intensificação da fragmentação na transição Cerrado–Amazônia, (Noble; Gilroy; Peres, 2025; Rosan et al., 2022). Foram identificadas quatro tipologias: (1) alta fragmentação e baixa conectividade; (2) degradação em expansão; (3) remanescentes contínuos; e (4) regeneração parcial. Enquanto no bioma Amazônia a fragmentação se relacionou ao aumento da área queimada, no Cerrado observou-se padrão divergente, sugerindo maior resiliência relativa a incêndios (Rosan et al., 2022). A integração entre Ecologia da Paisagem e Inteligência Computacional mostrou-se eficaz para o diagnóstico multiescalar da fragmentação e apresenta potencial para orientar políticas públicas ambientais em outras regiões de fronteira agrícola.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem; Transição Cerrado–Amazônia; Sensoriamento Remoto Multitemporal; Clusterização Espacial; Gestão Ambiental Territorial.

INTRODUÇÃO

A transição entre os biomas Cerrado e Amazônia é uma das áreas mais ecologicamente sensíveis do Brasil. Inserida no Arco do Desmatamento e abrangendo 264 municípios (figura 1), sofre intensas pressões antrópicas ligadas à expansão agrícola, queimadas e infraestrutura, o que acelera a fragmentação da paisagem e compromete serviços ecossistêmicos como regulação hídrica e biodiversidade (Rosan et al., 2022).

Apesar de avanços em levantamentos recentes, ainda é necessário integrar métricas clássicas de fragmentação com algoritmos de agrupamento territorial. Ferramentas como o FRAGSTATS permitem mensurar número e área média de fragmentos, índice do maior fragmento, conectividade e contiguidade, oferecendo suporte para análises comparativas (McGarigal, 2012).

Estudos recentes ampliaram a compreensão dos impactos da fragmentação. Rosan et al. (2022) identificaram efeitos contrastantes das variáveis de fragmentação e agricultura sobre queimadas: amplificação na Amazônia e redução no Cerrado. Ribeiro et al. (2024) mostraram que idade da fronteira agrícola e intensificação do uso

da terra modificam os regimes de fogo. No leste da Amazônia, o desmatamento compromete a reciclagem hídrica e pode desencadear retroalimentações climáticas (Franco, 2025). No Cerrado, Rocha, Sá e Vale (2025) destacaram que a quantidade total de habitat no entorno de fragmentos, mais que seu tamanho isolado, é o principal fator para a riqueza de mamíferos médios e grandes, reforçando a hipótese do habitat amount. Diante desse contexto, este estudo analisa a transição Cerrado–Amazônia (2000–2022), Figuras 3, 4 e 5, combinando métricas de fragmentação e algoritmos de agrupamento. O objetivo é classificar municípios em tipologias de fragmentação, áreas altamente fragmentadas, em degradação acelerada, blocos preservados ou com sinais de regeneração, de modo a subsidiar políticas de conservação, restauração e ordenamento territorial sustentável.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo delimitada para esta pesquisa abrange uma extensa e diversificada porção do território brasileiro, totalizando 812.604,763 km² e compreendendo 264 municípios distribuídos entre cinco estados das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste: Maranhão, Pará, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso. Trata-se de uma região interbioma, caracterizada pela sobreposição de dois importantes biomas brasileiros a Amazônia e o Cerrado, marcada por sua relevância socioambiental, econômica e ecológica, como visto na Figura 1.



Figura 1 - Localização da Zona de Convergência Socioambiental (ZCS) entre os biomas Amazônia e Cerrado – fonte: Autores (2025)

A pesquisa utilizou dados anuais de uso e cobertura da terra provenientes do projeto MAPBIOMAS Coleção 10 (2025), que tem mapeamentos detalhados, assim para delimitar a área de estudo, foram selecionados municípios na zona de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia (Figura 2).

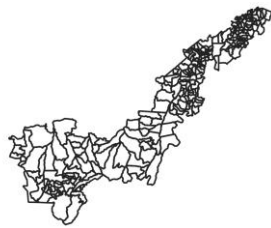


Figura 2 - Limites Municipais – 264 municípios – Arco do Desmatamento
 Fonte: Autores (2025)



Figura 3 - Cobertura e Uso da Terra - 2000 – Fonte: Autores (2025) MapBiomias Coleção 10



Figura 4 - Cobertura e Uso da Terra - 2010 – Fonte: Autores (2025) MapBiomias Coleção 10



Figura 5 - Cobertura e Uso da Terra - 2022 – Fonte: Autores (2025) MapBiomias Coleção 10

Foram calculadas métricas clássicas de fragmentação, número de fragmentos, área média, área do maior fragmento, conectividade e contiguidade, utilizando o FRAGSTATS, com apoio de análises no QGIS. Em seguida, aplicou-se clustering por meio dos algoritmos k-means (Macqueen, 1967) e DBSCAN (Ester et al., 1996), permitindo identificar tipologias territoriais como alta fragmentação, degradação acelerada, blocos preservados e regeneração, em consonância com abordagens recentes de análise espacial. Também foram examinadas as relações entre fragmentação e variáveis ambientais, especialmente ocorrência de queimadas e regimes de fogo, considerando os efeitos diferenciados entre Cerrado e Amazônia (Noble; Gilroy; Peres, 2025), além da influência da cobertura de pastagens, uma vez que fragmentos florestais pequenos e com elevado contorno mostraram maior prevalência de fogo (Noble et al., 2025). Em síntese, a metodologia envolveu a extração de dados de uso e cobertura da terra do MapBiomias Coleção 10 (2025), (Figuras 6, 7 e 8) em seus devidos anos, e a posterior comparação das tipologias resultantes com variáveis relacionadas ao fogo e ao uso do solo, possibilitando avaliar padrões emergentes na dinâmica espacial da transição Cerrado–Amazônia.

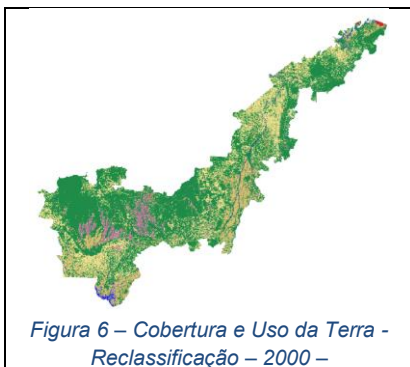


Figura 6 – Cobertura e Uso da Terra - Reclassificação – 2000 –

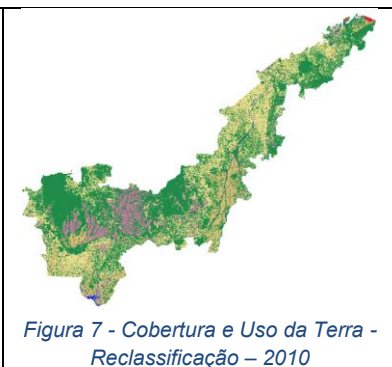


Figura 7 - Cobertura e Uso da Terra - Reclassificação – 2010

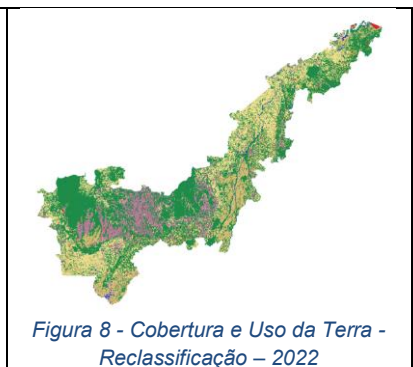


Figura 8 - Cobertura e Uso da Terra - Reclassificação – 2022

*Fonte: Autores (2025) MapBiomas
Coleção 10*

*Fonte: Autores (2025) MapBiomas
Coleção 10*

*Fonte: Autores (2025) MapBiomas
Coleção 10*

Esse conjunto de procedimentos metodológicos forneceu uma base sólida para compreender a dinâmica da fragmentação na transição Cerrado–Amazônia. Ao relacionar as tipologias identificadas com fatores ambientais e antrópicos, a pesquisa avança na construção de um diagnóstico mais refinado e aplicável, capaz de subsidiar estratégias de conservação, restauração e ordenamento territorial em uma das regiões mais críticas do país.

RESULTADOS

A análise da estrutura e fragmentação da paisagem evidenciou um aumento expressivo no número de fragmentos na região, sobretudo em áreas de expansão agrícola, acompanhado da redução da área média dos fragmentos, padrão semelhante ao observado no leste da Amazônia (MAPBIOMAS, 2025). No Cerrado, verificou-se diminuição no tamanho dos fragmentos e aumento da borda total, em consonância com registros anteriores (Assis; Escada; Amaral, 2021). A aplicação de algoritmos de clusterização permitiu identificar quatro tipologias dominantes: áreas de alta fragmentação, caracterizadas por fragmentos pequenos e baixa conectividade; áreas em degradação acelerada, com forte presença de pastagens e conversão contínua da vegetação nativa; blocos preservados, compostos por grandes fragmentos conectados; e áreas em regeneração, marcadas pelo crescimento de vegetação secundária em locais antes degradados (MAPBIOMAS, 2025; Rosan et al., 2022). Em relação às queimadas, observou-se que fragmentos menores e mais complexos apresentam maior densidade de fogo (Noble; Gilroy; Peres, 2025), enquanto os efeitos da fragmentação diferem entre os biomas: na Amazônia, ela intensifica a área queimada, ao passo que, no Cerrado, cenários fragmentados tendem a reduzir a ocorrência de queimadas (Rosan et al., 2022).

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a transição Cerrado–Amazônia passa por intenso processo de fragmentação, com fragmentos cada vez menores e menor conectividade, sobretudo em áreas sob forte influência agropecuária. Áreas de alta fragmentação e pastagens predominantes mostraram maior prevalência do fogo (Noble; Gilroy; Peres, 2025), embora com respostas distintas entre biomas: na Amazônia, a fragmentação intensifica a área queimada, enquanto no Cerrado os padrões se mostraram mais complexos (Rosan et al., 2022).

Os dados do MapBiomas reforçam a gravidade desse cenário, indicando que 33% do território brasileiro já foi antropizado até 2023, com destaque para o Cerrado, responsável por 27% da vegetação perdida entre 1985 e 2023 (MAPBIOMAS, 2025). Esses achados oferecem subsídios para políticas públicas, sugerindo a restauração em áreas degradadas, a proteção de blocos preservados e a criação de corredores ecológicos em zonas de regeneração. A metodologia utilizada se mostra replicável e aplicável a outras regiões de transição de uso da terra, contribuindo para o planejamento em escala municipal e regional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu o fôlego de vida. À minha família, pela contribuição constante e pelo ambiente favorável ao meu desenvolvimento. Aos colegas de trabalho, pelas palavras de incentivo e motivação. Aos amigos e colegas de estudo, pelo companheirismo e apoio mútuo. E, de modo especial, ao Professor Orientador Giovanni, pela paciência, dedicação e orientação fundamentais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, Tainá Oliveira; ESCADA, Maria Isabel Sobral; AMARAL, Silvana. Effects of deforestation over the cerrado landscape: A study in the bahia frontier. **Land**, v. 10, n. 4, 2021.

ESTER, Martin *et al.* **A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise.** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <www.aaai.org>.

FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES, João *et al.* **ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO POR MEIO DA PLATAFORMA DIGITAL TERRACLASS.** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://proceedings.science/p/197013?lang=pt-br>>.

FRANCO, Marco Aurélio de Menezes. **Mudanças Climáticas e os Desafios Enfrentados pela Amazônia.**

MACQUEEN, J. **SOME METHODS FOR CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF MULTIVARIATE OBSERVATIONS.** Los Angeles: [S.n.].

MAPBIOMAS. **Em 2023, a perda de áreas naturais no Brasil atinge a marca de 33% do território.** MAPBIOMAS COLEÇÃO 10. **Plataforma Brasil.**

MCGARIGAL, K. e BJ Marks.

FRAGSTATS: programa de análise de padrões espaciais para quantificação da estrutura da paisagem. Portland: [S.n.].

NOBLE, Ciar D.; GILROY, James J.; PERES, Carlos A. Small forest patches and landscape-scale fragmentation exacerbate forest fire prevalence in Amazonia. **Journal of Environmental Management**, v. 375, 1 fev. 2025.

RIBEIRO, Andreia F. S. *et al.* The time since land-use transition drives changes in fire activity in the Amazon-Cerrado region. **Communications Earth and Environment**, v. 5, n. 1, 1 dez. 2024.

ROCHA, Ednaldo Cândido; SÁ, Amanda Aciely Serafim De; VALE, Vagner Santiago do. The Effect of Habitat Amount on Species Richness and Composition of Medium- and Large-Sized Mammals in the Cerrado Biome, Brazil. **Diversity**, v. 17, n. 2, 1 fev. 2025.

ROSAN, Thais M. *et al.* Fragmentation-Driven Divergent Trends in Burned Area in Amazonia and Cerrado. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, 24 fev. 2022.