

## **ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ALTERAÇÕES NO USO DA TERRA E QUEIMADAS NO PANTANAL**

Bruna Dienifer Souza Sampaio <sup>1</sup>  
Bruno Henrique Machado da Silva <sup>2</sup>  
Amanda Ayumi de Souza Amede Sato <sup>3</sup>  
Vitor Matheus Bacani <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O Pantanal, uma das maiores áreas úmidas contínuas do mundo, é reconhecido por sua biodiversidade globalmente significativa, tendo sido designado como Patrimônio Mundial e Reserva da Biosfera pela UNESCO em 2000 (Galvanin et al., 2023). Este bioma desempenha um papel fundamental na regulação hidrológica regional, com suas planícies de inundação atuando como uma “esponja natural”, absorvendo e liberando água ao longo do ano (Stevaux et al., 2020; Wantzen et al., 2024). No entanto, transformações recentes no uso e cobertura da terra (UCT) têm gerado preocupações crescentes sobre o impacto dessas mudanças na ecologia do Pantanal e na frequência de queimadas (Pelissari et al., 2023).

A conversão de vegetação nativa em pastagens e silvicultura, especialmente em áreas alagáveis, tem sido uma das principais causas do aumento das queimadas. Estudos mostram que essa mudança no UCT está associada a um aumento de 376% nas áreas afetadas por incêndios em comparação à média de 2013-2019 (Garcia et al., 2021). A prática de queima para limpeza de pastagens, frequentemente realizada em condições climáticas desfavoráveis, tem intensificado a frequência e gravidade dos incêndios, resultando em significativa perda de biodiversidade e degradação ambiental (Libonati et al., 2020; Pelissari et al., 2023).

Essas queimadas, além de causarem danos ecológicos, também têm implicações climáticas mais amplas, agravando as emissões de gases de efeito estufa e dificultando o cumprimento dos compromissos do Brasil com a Agenda 2030 das Nações Unidas

---

<sup>1</sup> Doutora em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [bruna.sampaio@ufms.br](mailto:bruna.sampaio@ufms.br);

<sup>2</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGGEO da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [bruno.machado@ufms.br](mailto:bruno.machado@ufms.br);

<sup>3</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGGEO da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [ayumi.sato@ufms.br](mailto:ayumi.sato@ufms.br);

<sup>4</sup> Professor Associado da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, [vitor.bacani@ufms.br](mailto:vitor.bacani@ufms.br).

(Galvanin et al., 2023). O aumento das queimadas em 2020 e 2023, em particular, trouxe atenção global para o Pantanal, destacando a necessidade de ações mais eficazes para mitigar esses impactos (Santos et al., 2024).

Os municípios de Corumbá, Cáceres e Poconé, que abrigam grandes áreas de pastagens e silvicultura, são especialmente vulneráveis a esses incêndios. A expansão contínua da pecuária nesses locais, projetada para se intensificar até 2050, representa um desafio significativo para o planejamento territorial sustentável (IBGE, 2021; Silva, 2024).

Diante desse cenário, as técnicas de sensoriamento remoto emergem como ferramentas essenciais para monitorar as mudanças no UCT e os focos de queimadas, proporcionando dados críticos para a formulação de políticas públicas eficazes. Este estudo busca analisar as transformações no UCT no Pantanal Brasileiro e sua correlação com as queimadas ao longo dos anos, com foco nos dados de 1993, 2003, 2013 e 2023.

## **METODOLOGIA**

A metodologia do estudo foi estruturada em três etapas principais: análise bibliográfica, aquisição de dados e análise dos dados.

A primeira etapa envolveu uma revisão bibliográfica, incluindo a análise dos principais artigos nacionais e internacionais sobre o tema, com ênfase na pesquisa de Silva (2024).

A segunda etapa concentrou-se na aquisição de dados, utilizando a plataforma *Google Earth Engine*. Os dados foram extraídos da Coleção 3.0 do MapBiomas Fogo<sup>5</sup> (atualizada em 06/2024), conforme descrito por Souza *et al.* (2020), e foram delimitados para a área do bioma Pantanal brasileiro. Em seguida, os dados anuais de queimadas (*annual burned*) e das áreas queimadas por uso e cobertura da terra (*annual burned coverage*) foram adaptados. O processamento dos dados foi realizado no software ArcGIS 10.8.

Para assegurar a precisão da área do bioma Pantanal, foi utilizado um recorte baseado nos limites obtidos no site do IBGE/Geociências. Em seguida, os dados foram classificados em 0 (áreas não queimadas) e 1 (áreas queimadas), sendo quantificados em

---

<sup>5</sup> Apresenta o mapeamento de cicatrizes de fogo no Brasil de 1985 a 2023, com dados anuais e mensais para todo o período incluindo: (a) Ocorrência de fogo anual, (b) Ocorrência de fogo mensal, (c) Frequência, (d) Área queimada acumulada (e) Tamanho das cicatrizes e (f) Ano da última ocorrência de fogo

uma escala multitemporal definida para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2023. Os dados também foram reprojatados para a projeção de Albers, permitindo a conversão das áreas em polígonos e a dissolução dos dados para calcular a área em Km<sup>2</sup>.

Na terceira etapa, os dados foram analisados estatisticamente e visualmente. Para identificar diferenças significativas entre as médias das áreas queimadas nas diferentes classes de uso e cobertura da terra, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA). A ANOVA foi aplicada utilizando o software R, onde a variável dependente foi a área queimada (em km<sup>2</sup>) e a variável independente foi a classe de uso e cobertura da terra. Adicionalmente, as tendências temporais das áreas queimadas por classe de uso e cobertura da terra foram geradas por meio de um gráfico de linha gerado no software R.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da Análise de Variância (ANOVA) revelaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias das áreas queimadas nas diferentes classes de uso e cobertura da terra no Pantanal ao longo do período estudado. A ANOVA indicou que a variável uso e cobertura da terra teve um efeito significativo sobre a área queimada ( $F = 3,796$ ,  $p = 0,0252$ ), sugerindo que as variações nas áreas queimadas não são aleatórias, mas sim influenciadas pelas diferentes características e manejos associados a cada classe de uso da terra. Estes achados destacam a importância de considerar as especificidades de cada classe ao desenvolver estratégias de manejo e prevenção de queimadas na região.

Com base nos dados obtidos (Tabela 1 e Gráfico 1), podemos analisar as mudanças na porcentagem de áreas queimadas conforme as classes de uso e cobertura da terra ao longo dos anos 1993, 2003, 2013 e 2023.

Gráfico 1. Total anual de áreas queimadas por classe de UCT, em Km<sup>2</sup>

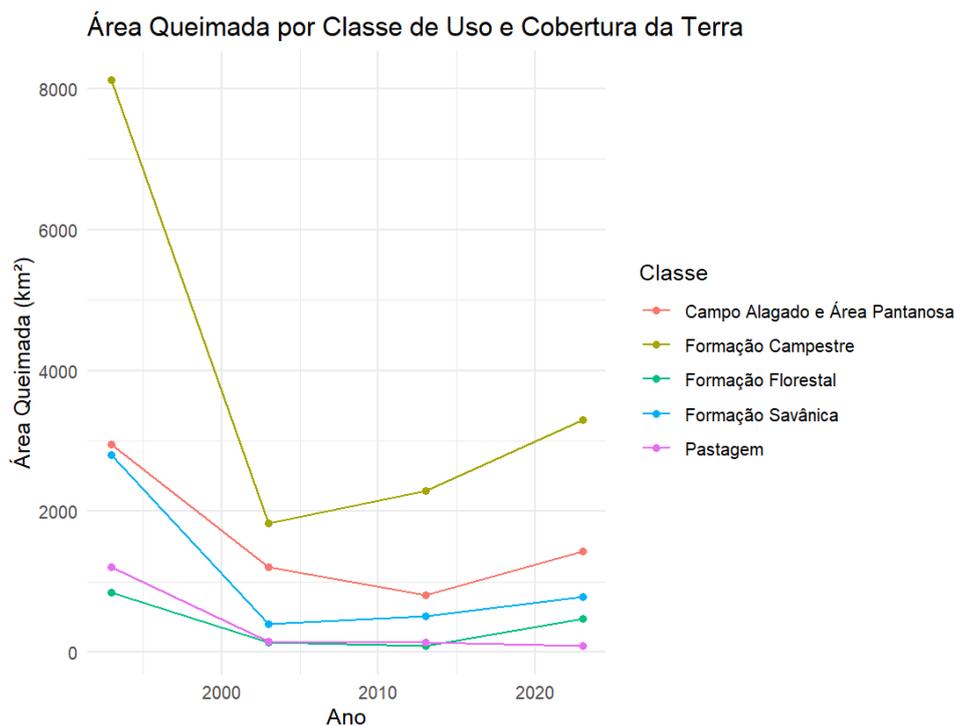
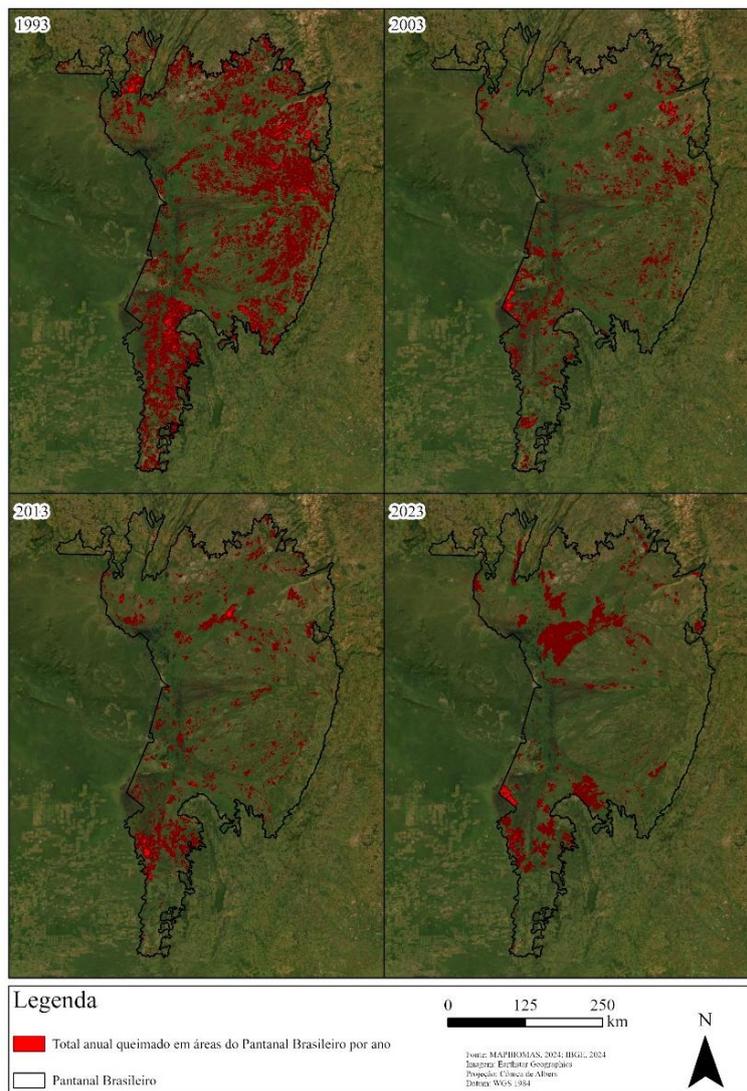


Tabela 1. Total de áreas queimadas por classe de UCT entre os anos de 1993, 2003, 2013 e 2023 em Km<sup>2</sup> e porcentagem

Ano/ Classe	1993		2003		2013		2023	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Formação Florestal	846,52	5,21	142,59	3,59	89,56	2,26	481,34	7,75
Formação Savânica	2.799,35	17,22	406,62	10,25	520,78	13,15	793,38	12,77
Campo Alagado e Área Pantanosa	2.953,95	18,17	1.215,51	30,63	809,46	20,44	1.433,51	23,07
Formação Campestre	8.123,21	49,97	1.835,26	46,24	2.293,60	57,93	3.295,45	53,03
Pastagem	1214,27	7,47	156,14	3,93	143,48	3,62	96,10	1,55
Área Urbanizada	0,26	0,00	0,47	0,01	0,60	0,02	0,50	0,01
Outras Áreas não Vegetadas	0,03	0,00	0,10	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00
Rio, Lago e Oceano	318,21	1,96	211,94	5,34	101,93	2,57	113,57	1,83
Mosaico de Usos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silvicultura	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,04	0,00
<b>Total</b>	<b>16.255,81</b>	<b>10,77</b>	<b>3.968,63</b>	<b>2,63</b>	<b>3.959,49</b>	<b>2,62</b>	<b>6.213,93</b>	<b>4,12</b>

Observa-se que a classe Formação Campestre teve o maior percentual de área queimada ao longo dos anos analisados, pois em 1993 chegou a aproximadamente 50% da área queimada, mantendo-se alta em 2003 (46,24%) e 2013 (57,93%), e atingiu 53,03% em 2023, totalizando 3.295,45 km<sup>2</sup>. Esta é a classe com maior incidência de queimadas ao longo de todo o período, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Áreas queimadas no Pantanal brasileiro, por ano.



De acordo com Souza et al. (2020), a definição da classe Formação Campestre Pantanal (MapBiomas), compreende a “vegetação com predomínio de estrato herbáceo graminóide, com presença de arbustivas isoladas e lenhosas raquíticas. A composição botânica é influenciada pelos gradientes edáficos e topográficos e pelo manejo pastoril (pecuária). Manchas de vegetação exótica invasora ou de uso forrageiro (pastagem plantada) podem estar presentes formando mosaicos com a vegetação nativa”.

A classe Campo Alagado e Área Pantanosa foi a segunda maior classe afetada pelas queimadas. Essa classe aumentou significativamente de 18,17% em 1993 para 30,63% em 2003. Entretanto, houve uma redução nas áreas queimadas em 2013 (20,44%) e 2023 (23,07%), totalizando uma área de 1.433,51 Km<sup>2</sup>.

A classe Formação Florestal teve uma flutuação percentual de áreas queimadas, pois em 1993, representava 5,21% da área queimada, teve uma redução gradual até 2013 (2,26%). Entretanto, houve um aumento significativo em 2023, atingindo 7,75%.

Ja a classe Formação Savânica teve uma variação de área queimada ao longo da análise multitemporal. Apresentou uma queda acentuada de 17,22% em 1993 para 10,25% em 2003, seguida de um leve aumento para 13,15% em 2013, mas reduziu moderadamente para 12,77% em 2023. De acordo com os dados, a classe Pastagem apresentou uma constante redução na área queimada, de 7,47% em 1993 para apenas 1,55% em 2023. Seguida da classe Rio, Lago e Oceano que teve variação com um pico em 2003 (5,34%) e uma queda subsequente para 1,83% em 2023.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A compreensão da dinâmica das queimadas no Pantanal e as subsequentes mudanças no uso e cobertura da terra (UCT) é fundamental no planejamento físico-territorial. Observou-se que a classe mais afetada com alta porcentagem de áreas queimadas ao longo do período multitemporal foi a Formação Campestre, seguida da Campo Alagado e Área Pantanosa, Classe Formação Savânica e a Formação Florestal com flutuações, esta apresentou um aumento considerável em 2023, entretanto as Pastagens tiveram reduções consideráveis nas áreas queimadas ao longo do período analisado. Portanto, essa análise sugere que as áreas naturais, especialmente as formações campestres, continuam sendo as mais vulneráveis às queimadas, enquanto áreas urbanizadas e de pastagens mantêm-se praticamente inalteradas. Vale ressaltar que apesar de no ano de 1993 ter um maior total de área queimada, houve uma queda significativa em 2003 e 2013. Entretanto, no ano de 2023 apresentou um aumento em comparação com aos anos anteriores, tendo o dobro de áreas queimadas em relação ao passado. Sendo assim, faz-se necessário identificar as áreas que estão queimando mais e o que acarreta essas queimadas, e conseqüentemente agrava as questões das mudanças climáticas.

A ANOVA revelou que o uso e cobertura da terra influenciam significativamente a área queimada ( $F = 3,796$ ,  $p = 0,0252$ ). Sugere-se que as variações nas áreas queimadas estão relacionadas às características e manejos de cada classe de uso da terra, ressaltando a necessidade de considerar essas especificidades ao criar estratégias de manejo e prevenção de queimadas na região.

Portanto, as técnicas de sensoriamento remoto desempenham um papel crucial no estudo e monitoramento dessas mudanças ao longo do tempo. Questões importantes incluem onde e como surgem os focos de queimadas, quais são as implicações para o uso e cobertura das terras em uma área de grande relevância global e como esses incêndios afetam os serviços ecossistêmicos da região.

A aplicação de tecnologias e metodologias avançadas de sensoriamento remoto permitem a captura e análise dos padrões espaciais e temporais das mudanças de UCT. E, combinadas com dados sobre focos de queimadas, essas tecnologias fornecem informações valiosas sobre os processos que impulsionam essas transformações. Além disso, aliadas a plataformas, como o Cadastro Ambiental Rural, facilitam o trabalho de fiscalização e controle por parte dos órgãos competentes. Portanto, a integração do sensoriamento remoto com sistemas de informação geográfica (SIG) foi buscada para permitir uma análise mais precisa e detalhada das transformações no bioma do Pantanal brasileiro, tão complexo e diverso, contribuindo assim para a tomada de decisão pública.

**Palavras-chave:** Transformações no uso e cobertura da terra; Queimadas; Pantanal Brasileiro; Sensoriamento remoto.

## **AGRADECIMENTOS**

Este estudo foi financiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processo nº 403993/2021-0 e processo nº 313303/2023-1), pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul - FUNDECT (processo nº 71/002.368/2022), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC-Brasil.

## **REFERÊNCIAS**

ACHUCARRO, I.C.V.; ANDRIEU, J.; BOUISSOU, S. Land cover dynamics in the Paraguayan Pantanal in the timeframe 1987–2020. **Regional Environment Change**, v. 23, n. 11, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01990-4>. Acesso em: 05 jul. 2024.

GALVANIN, E.A.S. *et al.* Monitoring and Mapping of the Brazilian Pantanal Wetland. In: CARMONA, Eusebio Cano; ORTIZ, Ana Cano. **Vegetation Index and Dynamics**. Ch. 1, 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1002484>. Acesso em: 12 ago. 2024.

GARCIA, L.C. *et al.* Record-breaking wildfires in the world's largest continuous tropical wetland: Integrative fire management is urgently needed for both biodiversity and humans. **Journal of Environmental Management**, v. 293, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112870>. Acesso em: 12 ago. 2024.

LIBONATI, R. *et al.* Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. **Nature**, v. 588, n. 7837, p. 217-219, 2020. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03464-1>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MOREIRA, A.P.; PARANHOS FILHO, A.C.; GUARALDO, E. Mapeamento dos incêndios florestais no bioma Pantanal e bacia do alto Paraguai entre 2018 e 2019 os florestais no bioma Pantanal e bacia do alto Paraguai entre 2018 e 2019. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 15, n. 2, p. 01-13, 2021. <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v15i2.6898>. Acesso em: 17 jul. 2024.

PELLISSARI, T.D. *et al.* Dynamics of major environmental disasters involving fire in the Brazilian Pantanal. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 21669, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49154-6>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 6 do MapBiomas Fogo**. Disponível em: <https://doi.org/10.58053/MapBiomas/VJIJCL>. Acesso em: 10 de julho de 2024.

SANTOS, F.C. *et al.* Fires in Pantanal: The link to Agriculture, Conversions in Cerrado, and Hydrological Changes. **Wetlands**, v. 44, n. 6, p. 1-11, 2024. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01832-5>. Acesso em: 27 jul. 2024.

SOUZA, C.M. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

SHIMABUKURO Y.E. *et al.* Assessment of Burned Areas during the Pantanal Fire Crisis in 2020 Using Sentinel-2 Images. **Fire**, v.6, n. 7, p. 277, 2023. <https://doi.org/10.3390/fire6070277>. Acesso em: 27 jul. 2024.

SILVA, P.S. *et al.* Joining forces to fight wildfires: Science and management in a protected area of Pantanal, Brazil, **Environmental Science & Policy**, v. 159, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103818>. Acesso em: 12 ago. 2024.

SILVA, B.H.M. **Modelagem preditiva do uso e cobertura da terra do Estado de Mato Grosso Sul, Brasil**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia do Campus de Três Lagoas. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2024. Acesso em: 05 jul. 2024.

STEVANUX, J.C. *et al.* Changing fluvial styles and backwater flooding along the Upper Paraguay River plains in the Brazilian Pantanal wetland. **Geomorphology**, v. 350, p. 106906, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106906>.

WANTZEN, K.M. *et al.* The end of an entire biome? World's largest wetland, the Pantanal, is menaced by the Hidrovia project which is uncertain to sustainably support large-scale navigation. **Science of The Total Environment**, v. 908, p. 167751, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167751>. Acesso em: 12 ago. 2024.