

Dinâmica espacial e temporal do uso da terra e dos focos de calor no município de Miranda-MS

Spatial and temporal dynamics of land use and fire hotspots in the Municipality of Miranda-MS

Emerson Figueiredo Leite^{*}, Elisângela Martins de Carvalho^{**}, Fernando Rodrigo Farias^{***}, Edwina Santos da Costa^{****},
Aline Vargas de Moraes^{*****}, Cleudineia Santos Domingos Ruiz^{*****}, Iverson Moraes Gomes^{*****}

^{*} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, emerson.leite@ufms.br

^{**} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, elisangela.carvalho@ufms.br

^{***} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, fernando.rodrigo@ufms.br

^{****} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, dwina.santos@ufms.br

^{*****} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, aline.vargas@ufms.br

^{*****} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, cleudineia.santos@ufms.br

^{*****} Departamento de Pós-graduação em Geografia - Campus de Aquidauana – PPGGEO/CPAQ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, iverson.morais@ufms.br

<https://doi.org/10.5380/raega.v63i2.99526>

Resumo

A análise anual do uso da terra e dos focos de calor é crucial para estratégias de prevenção e controle de incêndios florestais, fornecendo indicadores sobre impactos ambientais. Estudos destacam o fogo como elemento essencial na estruturação de paisagens do cerrado, mas os incêndios frequentes, associado a intensificação do uso da terra, resultam em perdas de biodiversidade. Foram compilados dados Mapbiomas de uso e cobertura da terra e analisados focos de calor BDQueimadas utilizando QGIS e linguagem de programação em R. As transformações na utilização e cobertura do solo, apesar de ocorrerem em menor proporção, ocorrem em toda a área do município de Miranda, com mais evidência na porção noroeste, áreas que estão em mudança nos padrões de uso, de pastagem para implantação de soja e outras culturas, bem como a diminuição de áreas pantanosas. Em relação aos focos de calor, áreas do bioma Pantanal registraram maior número, com flutuações anuais influenciadas por fatores climáticos e humanos. As terras indígenas e áreas da Serra da Bodoquena também apresentaram ocorrências de focos de calor durante o período analisado, assim como as proximidades da Unidade de Conservação do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro e a porção sudoeste do município de Miranda. A análise de focos de calor revela padrões de incêndios e permite planejamento para redução de riscos. Os softwares de SIG utilizados ofereceram análises

visuais eficazes, fundamentais para compreender o comportamento dos focos de calor e do uso da terra em Miranda, MS.

Palavras-chave:

Análise Ambiental, Incêndios florestais, Mudança de uso do solo, Miranda-MS.

Abstract

The annual analysis of land use and fire hotspots is crucial for wildfire prevention and control strategies, providing key indicators of environmental impact. Studies highlight fire as a fundamental element in shaping the landscapes of the Cerrado, but frequent fires, combined with intensified land use, lead to biodiversity loss. Land use and cover data from MapBiomas were compiled, and fire hotspots from BDQueimadas were analyzed using QGIS and the R programming language. Although land use and cover changes occur to a lesser extent, they are present throughout the municipality of Miranda, with more pronounced shifts in the northwest. This region exhibits transitions from pasture to soybean and other crops, along with a reduction in wetland areas. Regarding fire hotspots, the Pantanal biome recorded the highest numbers, with annual fluctuations influenced by both climatic and human factors. Fire hotspots were also observed in Indigenous lands, areas of the Serra da Bodoquena, the vicinity of the Pantanal do Rio Negro State Park Conservation Unit, and the southwestern portion of Miranda. The analysis of fire hotspots reveals fire patterns and supports strategic planning to mitigate risks. The GIS software used provided effective visual analyses, essential for understanding fire hotspot behavior and land use dynamics in Miranda, MS.

Keywords:

Environmental analysis, Wildfires, Land use change, Mato Grosso do Sul State.

I. INTRODUÇÃO

A análise do uso e cobertura da terra é uma importante ferramenta de apoio ao planejamento, especialmente quando se busca reduzir os desmatamentos e incêndios florestais que possam ocorrer a partir da mudança de matrizes econômicas locais. As geotecnologias têm contribuído significativamente para o entendimento das diferentes classes de uso e cobertura da terra no Brasil. Um exemplo disso são os dados disponibilizados pelo projeto MapBiomas, que permitem identificar as classes de uso, a área ocupada por cada uma e analisar as transições entre essas classes ao longo dos anos em que os dados estão disponíveis.

Fitz (2008) define as geotecnologias como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, [...] e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. Rosa (2011) explica que as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que

juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. A maioria das aplicações das geotecnologias está ligada à gestão municipal, meio ambiente, planejamento estratégico de negócios, agronegócios e *utilities*.

Dentre todas as possibilidades de aplicação das geotecnologias, há uma atenção especial aos estudos das análises espaço-temporais de uso e cobertura da terra, pois seus resultados, contribuindo dessa forma para o planejamento e formulação de políticas públicas, podem evidenciar prováveis impactos ambientais (Souza et al., 2025).

A fragmentação florestal, p.ex., é uma das consequências da dinâmica de uso e cobertura da terra e dos incêndios florestais, que compromete a continuidade dos habitats naturais, transformando formações florestais em manchas isoladas devido ao desmatamento. Essas áreas podem se tornar ambientalmente instáveis, exigindo uma análise detalhada da dinâmica de ocupação da terra e das características regionais para compreender plenamente o processo de fragmentação da paisagem bem como outros impactos diretos (Pinheiro et al., 2016).

A inclusão das mudanças no uso e ocupação do solo (LULC) nas estratégias de desenvolvimento e planejamento de recursos naturais é vital para garantir assentamentos humanos sustentáveis. Uma vez que o uso e cobertura da terra influenciam a conservação da água, o controle da erosão e a biodiversidade, as mudanças que ocorrem afetam na perda de biodiversidade, no aumento da erosão do solo e na perturbação dos ciclos hidrológicos, exigindo atenção imediata. Globalmente, 62% das terras passaram de vegetação natural para áreas agrícolas e urbanas. A frequência e intensidade das perturbações impactam a segurança alimentar e os serviços ecossistêmicos na área onde ocorrem (Afuye et al., 2024).

Um elemento crucial a ser analisado nas mudanças de uso e cobertura da terra é o uso do fogo. O fogo é o agente que provoca os maiores danos às florestas de todo o mundo (Soares et al., 2009). A análise do comportamento anual dos focos de calor é importante, pois contribui para algumas estratégias de prevenção e controle de incêndios florestais, apresentando ainda indicativos sobre potenciais impactos ambientais na área analisada. Nascimento (2001) nos relata que vários estudos apontam para o fogo como elemento fundamental à estruturação de algumas paisagens do cerrado. Seus efeitos podem ser observados, seja pela rápida rebrota após o fogo - atraindo um variado contingente de herbívoros em busca de forragem nova - ou pela germinação de sementes que necessitam deste choque térmico para quebra de sua dormência vegetativa.

Já Nunes et al. (2023) alertam que os biomas brasileiros têm enfrentado forte pressão antrópica, sendo os incêndios uma forma mais comum, resultando em graves perdas de biodiversidade. Correa et al. (2022)

alertam que incêndios florestais estão se comportando de maneira diferente agora em comparação com outras épocas da história em relação à frequência, intensidade e áreas afetadas.

A maior parte dos incêndios são frequentemente causadas por ação humana, no preparo e manutenção de áreas cultivadas, renovação de pasto, queimas de resíduos e eliminação de pragas e doenças. O uso do fogo em atividades agrossilvipastoris e o desmatamento são as principais causas identificadas a partir dos dados de ocorrência de incêndios (Setzer et al., 2021; Brasil, 2023; Nunes et al., 2023). Em termos de ocorrência, queimadas e incêndios florestais fora de áreas protegidas são mais frequentes devido ao amplo uso do fogo nas atividades rurais (Patrana Mojica et al., 2024). No Pantanal perto de 98% dos atuais incêndios florestais foram causados por atividades humanas, seja acidental ou criminoso (Berlinck et al., 2022). Em relação às influências naturais nos incêndios florestais, Menezes et al. (2022) reforçam que, por exemplo, os raios não contribuem para uma elevada proporção de queimadas na região do Pantanal, representando apenas 5% das cicatrizes de incêndio. Coppola et al. (2023) não descarta a influência das mudanças climáticas no Pantanal, onde a seca extrema e a propensão aos incêndios possivelmente serão o 'novo normal' da região nos próximos anos.

O uso do fogo para manejo de pastagens é uma prática comum e tradicional no Pantanal brasileiro, explicam Soriano et al. (2020), cuja finalidade é a de aumentar a oferta de forragens para os animais, principalmente no período seco (agosto a setembro), e conforme Nascimento (2001) muitas vezes ocorrem incendiando áreas de grande extensão.

A Queima Controlada é permitida por lei como ferramenta de manejo no meio rural (Decreto no 2.661/1998). Embora legalmente permitida, muitas vezes é negligenciada, realizada sem autorização e sem os cuidados básicos e a perda de controle pode gerar incêndios florestais de consequências incalculáveis, dando origem a uma série de impactos negativos (Brasil, 2023).

Segundo Soriano et al. (2020) o fogo controlado depende muito mais das condições meteorológicas da época e da vegetação (grande volume de biomassa) no momento da aplicação da estratégia de manejo do que do controle físico por meio de aceiros e outras ferramentas. O fogo pode ultrapassar os limites de rios, estradas e aceiros com facilidade em condições de forte vento, alta temperatura e baixa umidade relativa do ar e grande biomassa vegetal.

Os focos de calor são uma das maneiras de monitorar o comportamento dos incêndios florestais. Estes dados são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Brasil/Inpe, 2024) em arquivos vetoriais de pontos do tipo shapefile e tabelas no formato CSV (Comma-Separated Values). Estes dados representam temperaturas acima de 46,85°C, como focos de calor em imagens de satélite.

Souza et al. (2023) advertem para o entendimento acerca dos focos de calor, apesar de serem uma das principais ferramentas para monitorar os incêndios no Brasil, apresentam limitações que podem distorcer a incidência real de incêndios em certos locais. Os autores explicam que nem tudo o que é foco de calor é fogo, e nem todos os incêndios são detectados por sensores. Porém, conforme Coelho e Deina (2023), os produtos derivados de uma análise de focos de calor podem contribuir para a revisão/elaboração de planos de manejo para redução de riscos, além de proporcionar subsídios para análises espaciais, estatísticas e temporais dessas ocorrências e para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas.

Neste contexto, este artigo pretende analisar a mudanças no uso e cobertura da terra e dinâmica dos focos de calor no município de Miranda-MS (Figura 1) entre os anos de 2014 e 2022. Este município apresenta-se importante aos estudos por conter áreas de transição Pantanal-Cerrado e algumas aldeias indígenas, representando importantes áreas de fragmentos florestais. Ainda, apresenta tradição agropecuária, tendo como sua economia de base, sendo grande produtor de arroz irrigado. Outras atividades econômicas de destaque é o turismo de pesca e de natureza (Leite; Carvalho, 2014).

Localizado no estado de Mato Grosso do Sul o município de Miranda integra a microrregião administrativa de Aquidauana, e pertence à mesorregião dos Pantanaís Sul-mato-grossenses. Miranda está situada entre as Latitudes Sul de 19°35' e 20°40' e Longitudes Oeste de 56°05' e 57°05', e possui uma área de 5.478,83 km².

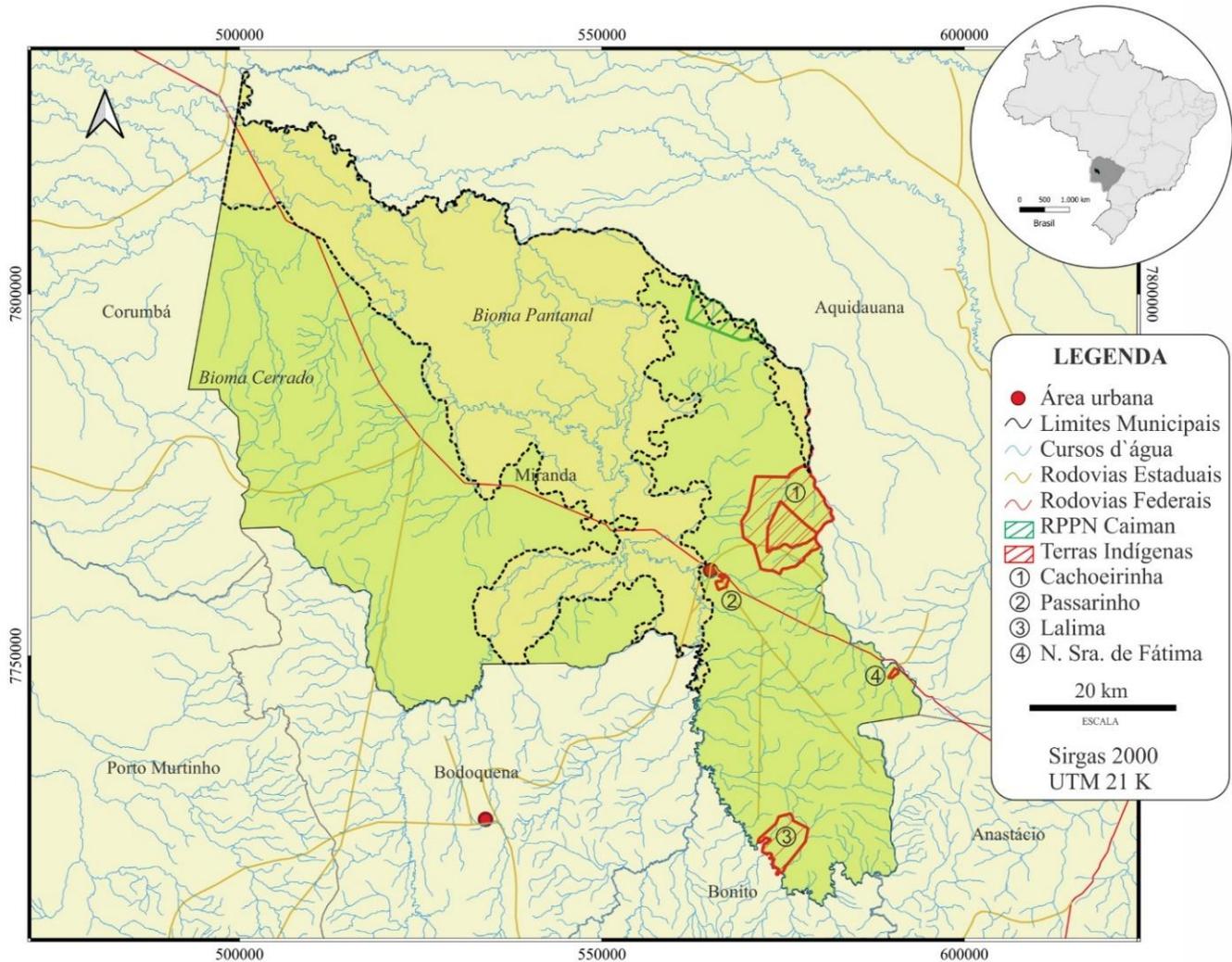


Figura 1 – Localização, TIs, Reservas florestais e biomas do Município de Miranda, Mato Grosso do Sul.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Análise das mudanças de uso e cobertura da terra

Para análise do uso e cobertura da terra seguiu-se o Fluxograma (Figura 2) em que foram utilizados os dados disponibilizados pelo projeto Mapbiomas Coleção 8 com mapas em formato GeoTiff. Foram analisados os anos de 2014 e 2022. Estes dados foram importados para o software QGIS junto com o limite municipal (IBGE, 2019) para recorte da área de interesse. Os dados de cada classe analisada foram calculados e tabulados (função r.report) para determinação da área ocupada em km².

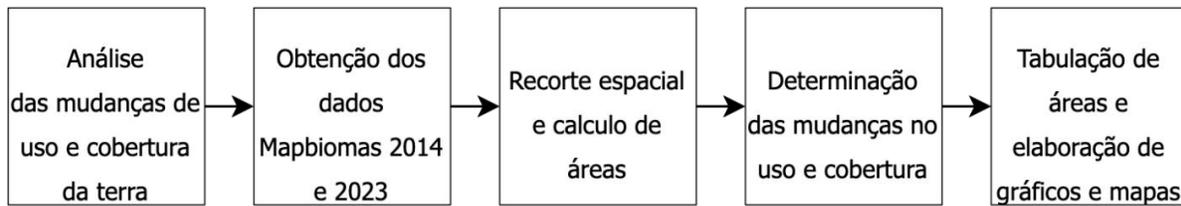


Figura 2 – Fluxograma metodológico para a análise das mudanças de uso e cobertura da terra.

Com a aplicação da função *cross classification* do complemento QGIS SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) sobre os mapas dos anos de 2014 e 2022 foi possível verificar as alterações nas categorias de uso e cobertura da terra. Uma tabela e mapa indicando se houve ou não alterações nas classes temáticas de uso e cobertura da terra foi criada com a aplicação desta função supracitada. Esta tabela foi analisada no software R (R CORE TEAM, 2023) e RStudio (Posit Team, 2024). Foram utilizadas as bibliotecas ggplot2 (Wickham, 2016), readxl (Wickham; Bryan, 2023) e dplyr (Wickham et al., 2023). Com a elaboração de um *script* foi possível filtrar os dados, agrupar e calcular as áreas e criar um diagrama de Sankey evidenciando as mudanças nos usos e coberturas da terra (pacote OpenLand de Exavier e Zeilhofer, 2021).

Análise dos focos de calor

Os dados de focos de calor (Figura 3) utilizados nesta pesquisa foram obtidos no sistema de monitoramento de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), acessando o site BDQueimadas. Os dados foram obtidos em formato vetorial (*shapefile*) e em tabela (CSV). Considerou-se os dados do satélite de referência AQUA_M-T. Estes dados foram filtrados para o município de Miranda, estado de Mato Grosso do Sul, e pelo período temporal dos anos de 2014 a 2023.

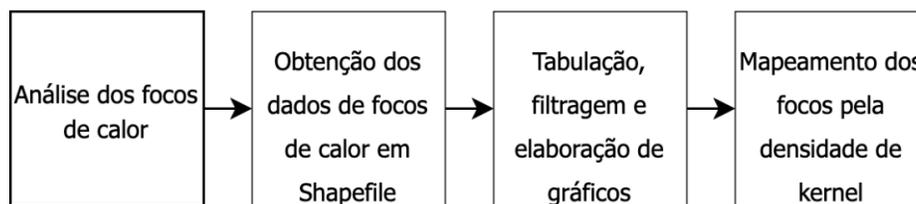


Figura 3 – Fluxograma metodológico para a análise dos focos de calor.

Os focos de calor, dispostos num arquivo vetorial de pontos, foram importados para o software QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2024), onde foram reprojatados para o sistema de coordenadas UTM, fuso 21S, Datum Sirgas 2000. Neste software aplicou-se a função Mapa de Calor (Estimativa de densidade Kernel), criando um raster de densidade (mapa térmico) usando a estimativa de densidade kernel. Os resultados permitem a visualização dos Hotspots dos focos de calor. Foi estabelecido o raio máximo de 10km para esta análise, assim a concentração de focos representa aqui o número de focos num raio de 10km.

O software R (R Core Team, 2023) e o ambiente de desenvolvimento RStudio (Posit team, 2024) foram utilizados para a análise dos dados tabulados, filtrando-os por ano e por bioma a partir do desenvolvimento de um *script* que atuou sobre a tabela dos focos de calor. Foram utilizadas também as bibliotecas ggplot2 (Wickham, 2016), readxl (Wickham; Bryan, 2023) e dplyr (Wickham et al., 2023).

Ainda, para a análise do comportamento espaciais dos focos, optou-se em observá-los nos limites no município, suas fronteiras, seus biomas, suas unidades de conservação e terras indígenas. Estes dados foram obtidos no site do IBGE (2024) em formato vetorial e sobrepostos aos mapas de calor.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e cobertura da terra

Ao analisarmos a Figura 4 e os dados da Tabela 1, que trazem dados de uso e cobertura da terra, podemos afirmar que, no município, a mineração ocupa pequenas áreas próximas ao córrego Agaxi, a leste de Miranda, coincidindo com os limites municipais de Aquidauana. Além disso, verificou-se áreas de silvicultura na porção leste do município, próximas à BR-262 no sentido Aquidauana-Miranda. A classe de silvicultura teve uma redução significativa de 39% da área ocupada entre 2014 e 2022.

A área urbana da cidade de Miranda aumentou em 5,7% durante o período analisado. Por outro lado, a classe “Outras Áreas não Vegetadas” cresceu consideravelmente, passando de 1,477 km² em 2014 para 4,945 km² em 2022.

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas.

Classe temática	Ano de 2014 Área (km ²)	Ano de 2022 Área (Km ²)
Mineração	0,010	0,685
Silvicultura	4,876	2,962
Área Urbanizada	4,367	4,618
Outras Áreas não Vegetadas	1,477	4,945
Rio, Lago	42,609	33,340
Campo Alagado e Área Pantanosa	247,985	49,684
Soja	30,169	106,637
Outras Lavouras Temporárias	89,138	121,995
Mosaico de Usos	444,603	509,758
Formação Campestre	438,905	559,540
Formação Savânica	1.014,593	1.058,099
Pastagem	1.541,989	1.422,256
Formação Florestal	1.606,486	1.596,792

As áreas de corpos d'água e pantanosas (como rio, lago, campo alagado e área pantanosa) sofreram uma redução significativa de 71,43% em suas áreas, notadamente na porção noroeste do município. A redução em

cada uma dessas classes pode apresentar impactos variados, mas, em geral, uma diminuição tão expressiva afetará negativamente a biodiversidade e a qualidade dos ecossistemas locais. Essas áreas são substituídas por campo nativo ou por pastagem plantada que, se não forem manejados, servem de combustível para incêndios florestais. O Projeto MapBiomas (2024) já havia alertado que o Estado com a maior perda absoluta e proporcional de superfície de água na série histórica analisada foi o Mato Grosso do Sul, com uma redução de 57%.

O declínio pluviométrico registrado nas últimas décadas reduziu significativamente a disponibilidade hídrica para a manutenção das extensas áreas alagáveis características do Pantanal. Esse cenário tem impulsionado transformações no uso do solo, promovendo a expansão de formações campestres em substituição aos ambientes aquáticos, o que evidencia um processo de transição ecológica em curso no bioma (Marques et al., 2024).

Conforme os dados do IBGE (2022), o setor agrícola do município, no que tange ao cultivo de culturas anuais, não apresenta uma característica de diversificação produtiva. No entanto, a área destinada ao cultivo mais do que dobrou entre 2014 e 2022. Em 2014, a área plantada ou destinada à colheita era de 77,94 km², aumentando para 157,36 km² em 2022. O setor agropecuário está ranqueado como o terceiro mais importante setor econômico participando com 24,16% do total.

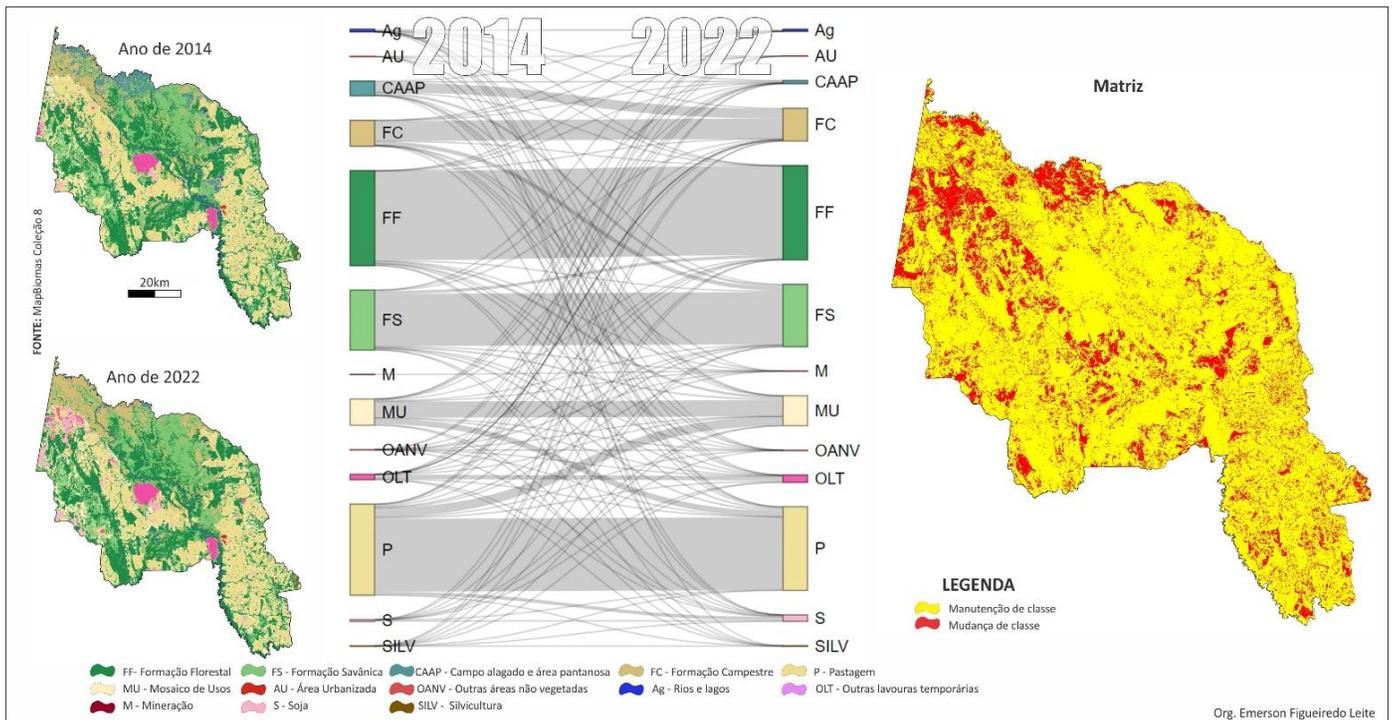


Figura 4 – Matriz de mudança no uso e cobertura da terra do Município de Miranda, Mato Grosso do Sul.

De acordo com dados do IBGE (2022), algumas mudanças significativas foram observadas nas culturas agrícolas do município de Miranda. A tradicional cultura do arroz, cultivada através da técnica de irrigação, perdeu espaço ao longo do período analisado, com a área destinada ao cultivo reduzindo de 45,2 hectares em 2014 para 28 hectares em 2022. A cultura do milho não apresentou uma dinâmica sólida, apresentando oscilações importantes, com a área de cultivo alcançando 71 hectares em 2018 e diminuindo para 20,40 hectares em 2022. O principal destaque do setor agrícola do município foi a soja, que começou a se destacar em 2012 com 19,75 hectares de área cultivada, atingindo seu ápice em 2018 com 133,03 hectares, mas posteriormente diminuindo para 101,41 hectares.

O cultivo de soja e outras lavouras temporárias também apresentaram mudanças consideráveis, apresentadas na Figura 4. As áreas designadas ao cultivo de soja tiveram um aumento expressivo de 253,46%. Além disso, outras lavouras temporárias e o mosaico de usos aumentaram em 18,32%, totalizando juntas, 631,753 km².

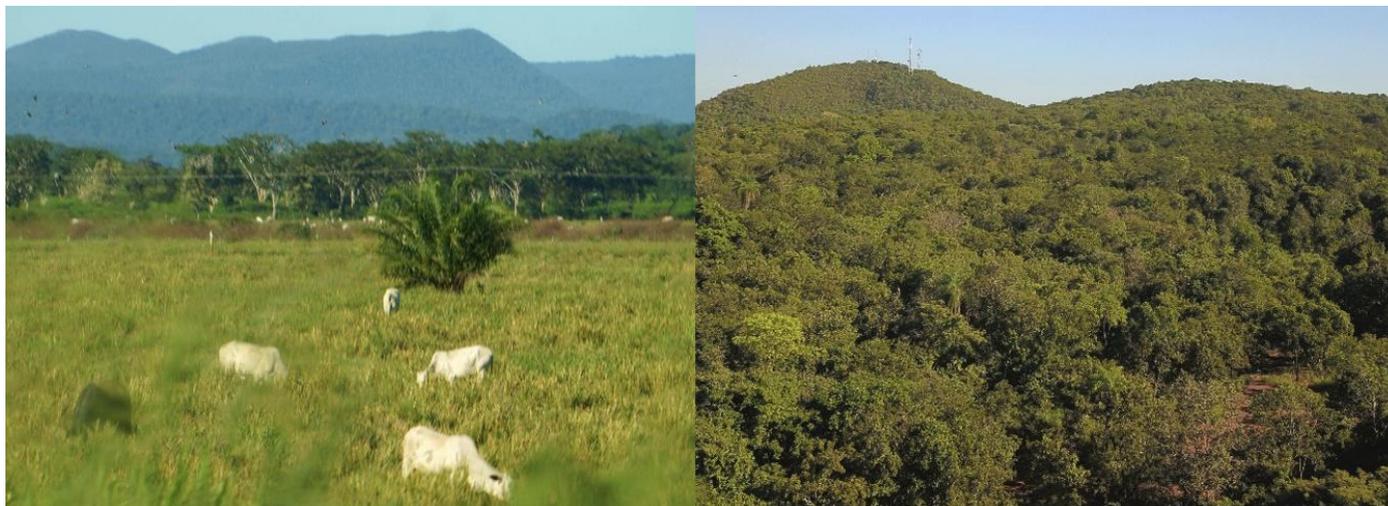


Figura 5 – Uso e cobertura da terra e fragmentos florestais no Município de Miranda-MS.

Conforme os dados do MapBiomias (2024), as áreas de pastagens (Figura 5, esquerda) foram reduzidas em 119,733 km², representando 7,76% da área ocupada anteriormente. Já os remanescentes florestais diminuíram em 9,694 km², enquanto as áreas de formação savânica aumentaram em 43,506 km².

Ribeiro e Bourscheidt (2024) alertam para que, alterações na diminuição de área de floresta impactam diretamente na perda de serviços ambientais, como o déficit da manutenção da biodiversidade, diminuição de estoques de carbono e ameaças ao solo.

A manutenção de áreas florestais (Figura 5) pode ser observada ao longo dos cursos d'água e em relevos residuais da Serra da Bodoquena. Essa análise reflete a consolidação das formas de uso e cobertura da terra no município e pode ser útil para entender como a paisagem evolui ao longo desse período.

O setor pecuário representa um setor importante na economia de Miranda, sendo o que mais emprega no setor agropecuário. De acordo com o Caged (2023), dos 642 empregos formais na agropecuária existentes em 2023, 513 (79,9%) pertenciam ao setor pecuário. O município concentra 1,69% do rebanho bovino do Estado, com um total de 315.361 cabeças em 2021.

A matriz de mudança aplicada se apresenta como uma ferramenta importante para avaliar as transformações na cobertura da terra ao longo do tempo. De acordo com os dados encontrados, 81% da área de classes de uso e cobertura da terra não sofreram alteração, enquanto 19% apresentaram mudanças no tipo de classe temática entre os anos 2014 e 2022. Observa-se que essas mudanças ocorrem na porção oeste e noroeste do município, e ocorrem devido a expansão de terras agrícolas e diminuição de áreas pantanosas, respectivamente.

Focos de calor

As mudanças climáticas, marcadas pela intensificação de eventos extremos, têm provocado alterações no regime de chuvas no bioma Pantanal nos últimos cinco anos, resultando em períodos de estiagem mais prolongados. Neste contexto, os incêndios registrados na região decorrem da combinação entre ação humana e as condições de seca exacerbada pela redução das precipitações (Freitas et al., 2023).

No período analisado, que compreenderam os anos de 2014 a 2023, totalizando 10 anos, o município de Miranda teve 1.669 focos de calor registrados pelo sistema de monitoramento do Inpe, BDQueimadas, e estão registrados na Tabela 2 e Figura 7 e apresentados nos mapas de intensidade dos focos da Figura 6.

Tabela 2 – Número de focos de calor totais nos anos analisados.

Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total	66	103	50	43	2	554	131	394	55	271

Fonte: INPE, BDQueimadas (2024).

Ao analisarmos o período de 2014 a 2016, observamos que os focos de calor se concentraram na porção noroeste do município, principalmente em áreas de transição entre os biomas Pantanal e Cerrado, totalizando 264 focos. Setzer et al. (2021) já observaram que, em geral, no Brasil as queimadas ocorrem em regiões de transição de Biomas e durante a estação seca e períodos de estiagem prolongada.

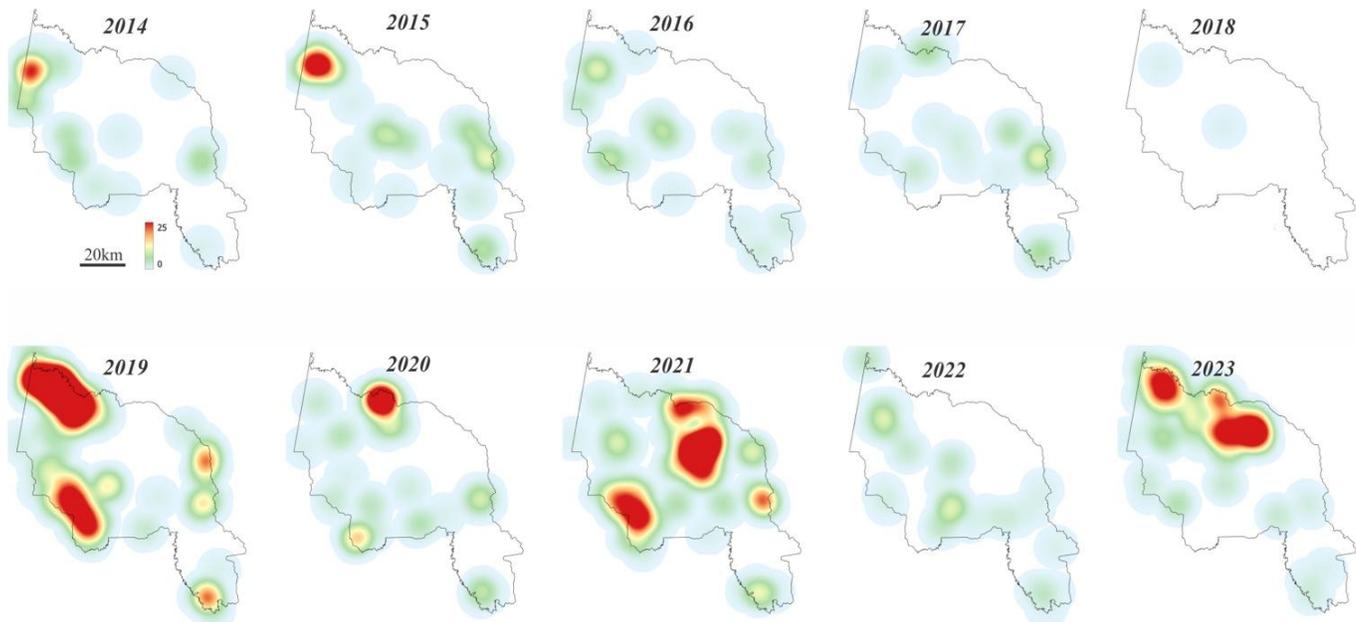


Figura 6 – Densidade de focos anual para Miranda-MS, considerando um raio de 10 km.

No ano de 2019, houve um aumento significativo (Figura 7), com um total de 554 focos, representando um aumento de 110% em relação aos últimos quatro anos analisados. Neste período, os focos mantiveram a concentração na porção noroeste e na porção sudoeste, nas áreas de Cerrado da região da Serra da Bodoquena, área representativa de remanescentes de Savana Florestada.

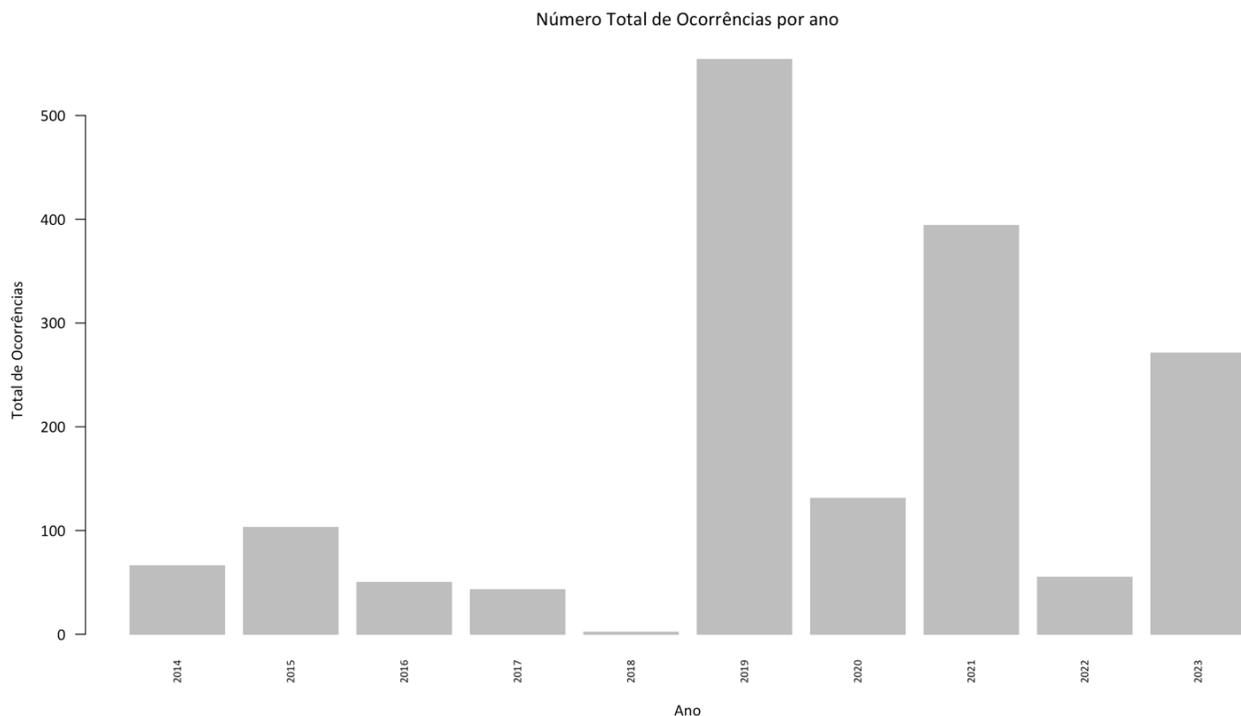


Figura 7 – Comportamento anual das ocorrências de focos de calor no Município de Miranda-MS.

Moreira et al. (2021) citam que entre as razões pelas quais as queimadas irromperam mais intensamente no ano de 2019, estão o baixo índice de precipitação típico da época seca e as ações antrópicas dos produtores agrícolas da região. Berlinck et al. (2022) alertam que o Pantanal tem sofrido uma seca extrema desde 2019, com a diminuição da quantidade de água nas planícies aluviais e nos rios, resultando em solo e vegetação extremamente secos e aumentando o risco de incêndios florestais. Ainda, conforme Souza (2023) há uma relação positiva entre incêndios acima da média no bioma Pantanal e o aumento no déficit de pressão de vapor e a redução da umidade do solo e da precipitação no Pantanal e nos biomas adjacentes. O que representa fortes indicativos da relação com a mudança climática.

Em 2020, foram registrados 131 focos, com maior concentração nos limites ao norte do município, próximo à divisa com Aquidauana, e nas proximidades da Terra Indígena Cachoeirinha. No ano seguinte, 2021, ocorreram 394 focos, concentrados na porção centro-norte, em áreas do bioma Pantanal, e na porção sudoeste, em áreas de Cerrado da região da Serra da Bodoquena.

No ano de 2022, houve uma diminuição no número de focos para 55 registros, localizados na região central do município onde a pecuária é a atividade econômica predominante, seguido por um aumento dos registros para o ano de 2023, com 271 focos concentrados na porção norte e noroeste, compreendendo áreas do bioma pantanal. Em relação aos biomas, o Pantanal foi o que apresentou maior quantidade de focos em comparação ao Cerrado, sendo 961 e 708 focos respectivamente.

Nunes et al. (2023) examinaram os efeitos de variáveis climáticas sobre focos de incêndio em três biomas no Estado de Mato Grosso do Sul durante os anos de 1999-2021. Os autores evidenciaram que a relação entre os focos de calor e as variáveis climáticas não foram lineares, e que a maior parte do fogo ocorreu no Pantanal (zonas úmidas), seguido pelo Cerrado e Mata Atlântica (Floresta Semidecidual). Os resultados indicaram que as tendências no uso da terra e a cobertura do solo mudaram ao longo dos anos, apresentando uma forte correlação entre o fogo e a agricultura. A alta probabilidade de incêndio indica que a expansão das áreas agrícolas através da conversão de biomas naturais impacta vários ecossistemas naturais, transformando o uso e cobertura da terra. Esta conversão de terras está a promover mais incêndios todo ano. Marques et al. (2021) reforçam essa afirmação dizendo que os incêndios têm sido influenciados por ações antrópicas, resultantes principalmente da abertura de pastagens e atividades agrícolas, notadamente seu avanço e influência na região de fronteira agrícola Cerrado/Pantanal.

Na verdade, no Cerrado, a estruturação fundiária baseada em grandes propriedades abriu espaço ao desmatamento, sendo que a prática da queimada, por não representar custos, tem sido a mais usada. Sem

fiscalização eficiente, o fogo descontrolado atinge outros complexos vegetacionais, propagando-se por vários hectares (Nascimento, 2001). Setzer et al. (2021) alertam para a importância destes biomas para o clima, pelo armazenamento de carbono, pela cobertura vegetal original e por serem fontes de água.

As terras indígenas Cachoeirinha e Lalima, apresentaram focos de calor em todo o período analisado, exceto no ano de 2018, onde foi registrado apenas 2 focos no município. O mesmo ocorreu em áreas da Serra da Bodoquena, proximidades da Unidade de Conservação do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro e porção sudoeste do município de Miranda.

Em relação às terras indígenas, Santa Rosa et al. (2019), ao analisarem a recorrência de foco de calor no bioma Cerrado (2002-2017), encontraram uma baixa recorrência de fogo ativo nas unidades de conservação federais e nas terras indígenas foram majoritários, ainda que algumas destas áreas apresentaram elevada recorrência.

A rapidez e a eficiência na detecção e no monitoramento desses incêndios são imprescindíveis para sua localização e controle, evitando consequências mais drásticas para o ecossistema pantaneiro. O uso de recursos computacionais, aliado ao uso de Sistemas de Informação Geográfica, tem facilitado bastante a previsão e o combate a incêndios (Soriano et al., 2020).

Considerando a probabilidade de incêndios florestais recorrentes e fora de controle, Berlinck et al. (2022) sugerem que as políticas de prevenção de incêndios e as melhores práticas de gestão sejam incluídas em qualquer uso no Pantanal. Os autores enfatizam a necessidade de (A) monitoramento contínuo para detecção precoce de riscos e eventos de incêndio; (B) a instalação de brigadas de bombeiros em locais estratégicos da região com atuação contínua; (C) programas de educação comunitária centrados no uso adequado do fogo para fins de gestão, (D) aplicação eficaz das políticas de uso do fogo e (E) implementação de um plano de conservação da vida selvagem.

IV. CONCLUSÕES

As transformações no uso e cobertura do solo, apesar de ocorrerem em menor proporção (19%), foram observadas em toda a área do município, com maior evidência nas porções oeste e noroeste, áreas que estão em mudança no uso de pecuária para soja e outras culturas, bem como a diminuição de áreas pantanosas. Estas mudanças têm relevância significativa para o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável do município. Acompanhar essas tendências e implementar estratégias de manejo apropriadas é essencial para equilibrar o crescimento urbano, a preservação ambiental e a produção agrícola.

Em relação à dinâmica dos focos de calor no município de Miranda, os resultados apontam que, em maior ou menor proporção de focos de calor, o fogo é presente na área estudada. Em conclusão, áreas do bioma Pantanal registraram uma quantidade significativamente maior de focos de calor em comparação ao Cerrado. As terras indígenas e áreas da Serra da Bodoquena também apresentaram ocorrências de focos de calor durante o período analisado, assim como as proximidades da Unidade de Conservação do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro e a porção sudoeste do município de Miranda.

Os dados revelam uma variação significativa nos focos de calor ao longo dos anos. Observa-se um aumento expressivo em 2019, com 554 focos, seguido por uma diminuição em 2020 e 2022. No entanto, em 2023, houve um aumento substancial novamente, com 271 focos. Este padrão sugere uma flutuação anual dos focos de calor, influenciada por diversos fatores, como condições climáticas e atividades antrópicas.

Esses dados são essenciais para identificar padrões de comportamento do fogo. A análise utilizando softwares de SIG proporcionaram uma visão clara e eficiente por meio de mapas e gráficos, revelando o comportamento dos focos de calor e das alterações no uso e cobertura da terra no município de Miranda, MS.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Apoio para o Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect), Gov. do Estado de Mato Grosso do Sul; à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul UFMS/MEC – Brasil; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–Brasil (CAPES) Cód. de Financiamento 001.

V. REFERÊNCIAS

AFUYE, G. A.; NDUKU, L.; KALUMBA, A. M.; SANTOS, C. A. G.; ORIMOLOYE, B. R.; OJEH, V. N.; THAMAGA, K. H.; SIBANDZE, P. Global trend assessment of land use and land cover changes: A systematic approach to future research development and planning, *Journal of King Saud University - Science*, v. 36, n. 7, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103262>.

BERLINCK, C. N.; LIMA, L. H. A.; PEREIRA, A. M. M.; CARVALHO JR, E. A. R.; PAULA, R. C.; THOMAS, W. M.; MORATO, R. G. The Pantanal is on fire and only a sustainable agenda can save the largest wetland in the world. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, 2022, p. e244200. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.244200>.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. Disponível em: <https://link.ufms.br/BlxTQ>. Acesso em: 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama. Plano de ação para o manejo integrado do fogo no bioma Pantanal. Brasília, maio 2023.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas. 2024b. Disponível em: <https://link.ufms.br/7h1h5>. Acesso em: 9 maio 2025.

CAGED. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. 2023. Disponível em: <https://link.ufms.br/ymftu>. Acesso em: 9 maio 2025.

COELHO, A. L. N.; DEINA, M. A. Detecção e análise de focos de queimadas em escala microrregional derivada de dados e softwares livres. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 20. (SBSR), 2023, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2023. p. e155509. Internet. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/493NUDP>.

COPPOLA, T. N. C.; URBANETZ, C. Incêndios no Pantanal, a pesquisa e as relações institucionais e governamentais. In: Assunta Helena Sicoli, Eliane Hayami, Ketry Borges Venet, Otavio Valentim Balsadi, Petula Ponciano Nascimento, Roselis Simonetti. Relações institucionais e governamentais como estratégia para inovação agropecuária: experiências na Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

CORREA, D. B.; ALCÂNTARA, E.; LIBONATI R.; MASSI K. G.; PARK E. Increased burned area in the Pantanal over the past two decades. *Science of the Total Environment*, v. 835, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155386>.

EXAVIER, R.; ZEILHOFER, P. OpenLand: Software for Quantitative Analysis and Visualization of Land Use and Cover Change. *The R Journal*, v. 12, n. 2, p. 359–371, 2021. <https://doi.org/10.32614/RJ-2021-021>.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p. 160.

FREITAS, E. P. et al. Flexibilização da política ambiental no contexto das mudanças climáticas e os impactos socioterritoriais para o Pantanal sul-mato-grossense. *Revista GeoPantanal*, Corumbá, MS, n. 34, p. 149–166, jan./jun. 2023.

LEITE, E. F.; CARVALHO, E. M. Mudanças no uso e cobertura do solo no município de Miranda-MS analisadas a partir da classificação de imagens-frações e cruzamentos matriciais. Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, p. 764–773, 2014. Disponível em: <https://link.ufms.br/qQUuV>. Acesso em: 9 maio 2025.

MAPBIOMAS. Brasil revelado 1985–2020: a dinâmica da superfície de água no território brasileiro. 2024. Disponível em: <https://link.ufms.br/ePWwd>. Acesso em: jul. 2024.

MARQUES, J. F.; ALVES, M. B.; SILVEIRA, C. F.; SILVA, A. A.; SILVA, T. A.; SANTOS, V. J.; CALIJURI M. L. Fires dynamics in the Pantanal: Impacts of anthropogenic activities and climate change, *Journal of Environmental Management*, v. 299, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113586>.

MARQUES, R. C. G.; MARQUES, A. G.; DOMINGOS, J. D.; RAMALHO, A. R.; PEREIRA, J. G. As variações Climáticas e Uso da Terra Alteram a Hidrologia da Região de Nabileque, Pantanal, MS. *Cadernos de Agroecologia*, Anais do Agroecol 2024 – Campo Grande-MS, v. 19, n. 2, 2024.

MENEZES, L. S.; OLIVEIRA, A. M.; SANTOS, F. L. M.; RUSSO, A.; SOUZA, R. A. F.; ROQUE, F. O.; LIBONATI, R. Lightning patterns in the Pantanal: Untangling natural and anthropogenic-induced wildfires. *Science of The Total Environment*, v. 820, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153021>.

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. *Revista de Ciências Ambientais*, Canoas, v. 15, n. 2, p. 01-13, 2021. <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v15i2.6898>.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. *Territorium*. n. 8. 2001.

NUNES, R. S. C.; SOUZA, A.; VILLAR-HERNÁNDEZ, B. J.; JÚNIOR, J. F. O.; ABREU, M. C.; OLIVEIRA, A. P. G.; FAKHRUDDIN, M. Fires in brazilian biomes. *Mercator (Fortaleza)*, v. 22, e22023. 2023. <https://doi.org/10.4215/rm2023.e22023>.

MOJICA, J. E. P.; BERNINI, H.; FARIA, D. G.; ANTUNES, E. H.; SIQUEIRA, L.; SILVA, C. S.; FONTOURA, S. C.; RODOVALHO, F. Espacialização de ocorrências de fogo no Brasil dentro do contexto dos eventos detectados pelo painel do fogo. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 60, p. 131–158, 2024. DOI: 10.5380/raega.v60i0.94052.

PINHEIRO, L. C. S. J.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; OLIVEIRA, S. N. Mudanças do uso da terra e fragmentação da paisagem no município de Correntina (BA) durante 1988-2008. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 35, p. 169–198, 2016. DOI: 10.5380/raega.v35i0.39941.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston: Posit Software, PBC, 2024. Disponível em: <http://www.posit.co/>.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, J.; BOURSCHIEDT, V. Uso da Terra e tendência de dados climatológicos no arco do desmatamento Amazônico. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 59, p. 59-82, 2024. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v59i0.93241>.

ROSA, R. Geotecnologias Na Geografia Aplicada. *Revista Do Departamento De Geografia*, n. 16, p. 81-90, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>.

SANTA ROSA, A. et al. Recorrência de detecção de focos de queima no bioma Cerrado no período de 2002 a 2017. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 19., 2019, Santos. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2019. p. 251–254. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/3U62NCH>.

SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. MORELLI, F. O programa Queimadas do INPE. In.: SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. *Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. *Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte*. Curitiba, 2009.

SORIANO, B. M. A.; CARDOSO, E. L.; TOMÁS, W. M.; SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; PELLEGRIN, L. A. O. *Uso do fogo para o manejo da vegetação no Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2020.

SOUZA, B. R. *Direcionadores dos incêndios florestais no Pantanal: análise temporal e associação com biomas adjacentes*. 2023. 69 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2023.

SOUZA, I. S.; SOUZA, A. P. S.; SOUZA, R. M. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra na Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape - Recôncavo Baiano: Multitemporal land use and land cover analysis of the Iguape Bay Marine Extractive Reserve – Bahian Recôncavo. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 11, n. 1, p. 140–153, 2025. DOI: 10.21680/2447-3359.2025v11n1ID36988.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag, 2016.

WICKHAM, H.; BRYAN, J. readxl: Read Excel Files. 2023. Disponível em: <https://readxl.tidyverse.org>. Acesso em: 9 maio 2025.

WICKHAM, H. et al. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.4, 2023. Disponível em: <https://dplyr.tidyverse.org>. Acesso em: 9 maio 2025.
