



2024

Análise geoespacial e multitemporal de queimadas em área do município de Corumbá, Pantanal de Mato Grosso do Sul.

Luan Victor Bispo Falcão ^a; Ariel Ortiz Gomes ^b

^a Aluno de Graduação em Engenharia Ambiental, luan.falcao@ufms.br

^b Professor Orientador, Doutor, ariel.ortiz@ufms.br

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

O bioma Pantanal vem sofrendo, principalmente durante os últimos anos, episódios de queimadas em sua vegetação, de forma contínua e hedionda, tornando a flora e a fauna as maiores vítimas deste evento, além das consequências causadas à comunidade local. Em determinado período anual, principalmente quando a seca atinge o bioma, é muito comum a incidência de queimadas em determinadas áreas do Pantanal. Para uma melhor compreensão e estudo, usa-se o sensoriamento remoto no mapeamento e na análise das modificações na vegetação e na superfície terrestre, ocasionadas pelas queimadas. Assim sendo, objetivou-se neste estudo a análise geoespacial e multitemporal de queimadas em uma área de 346,89 km² localizada na região do Porto da Manga, em Corumbá/MS, entre os anos de 2020 a 2024, nos meses de junho a setembro. Realizou-se um mapeamento com imagens do satélite Sentinel-2 e os dados de focos de queimadas extraídos na plataforma BDQueimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Através da fotointerpretação visual das imagens, o trabalho trouxe como resultados os anos de 2022 e 2023 sem nenhum registro de focos, e os anos de 2020, 2021 e 2024 com os maiores índices de queimadas, com reincidências em 159,96 km² e possíveis causas vinculadas às práticas de manejo, queima para atividades de agricultura e pastagem, e queima acidental ou intencional nas margens da Estrada Parque, limítrofe a sul da área de estudo.

Palavras-chave: Corumbá. Fogo. Pantanal. Queimadas. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The Pantanal biome has been suffering, especially during recent years, episodes of fires in its vegetation, in a continuous and hideous way, making flora and fauna the biggest victims of this event, in addition to the consequences caused to the local community. During a certain annual period, especially when drought hits the biome, the incidence of fires in certain areas of the Pantanal is very common. For a better understanding and study, remote sensing is used to map and analyze changes in vegetation and the earth's surface caused by fires. Therefore, the objective of this study was the geospatial and multitemporal analysis of fires in an area of 346.89 km² located in the Porto da Manga region, in Corumbá/MS, between the years 2020 to 2024, in the months of June to September. Mapping was carried out using images from the Sentinel-2 satellite and data on fire outbreaks extracted on the BD Queimadas platform, from the National Institute for Space Research (INPE). Through visual photo interpretation of the images, the work resulted in the years 2022 and 2023 without any record of outbreaks, and the years 2020, 2021 and 2024 with the highest rates of fires, with recurrences in 159.96 km² and possible causes linked to management practices, burning for agricultural and pasture activities, and accidental or intentional burning on the banks of Estrada Parque, bordering south of the study area.

Keywords: Burned. Corumbá. Fire. Pantanal. Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

O Pantanal é reconhecido como um dos maiores sistemas contínuos de áreas úmidas do mundo (BULCHER et al., 1994). Apesar de ser considerado o bioma com a menor extensão no Brasil, essa característica não diminui a impressionante biodiversidade que ele possui. Sua extensão territorial

é de cerca de 150.355 km² (IBGE, 2004), o que representa 1,76% da área total do território nacional. Essa região, que se configura como uma planície aluvial, é moldada pelos rios que drenam a bacia do Alto Paraguai (MMA, 2024).

O clima atual do Pantanal é tropical, caracterizado por duas estações bem definidas, sendo o verão chuvoso e o inverno seco (GRADELLA,

2008). A temperatura média anual é de 25° C, com umidade relativa do ar de aproximadamente 82% (CARDOSO et al., 2010). O problema que mais afeta o bioma são as queimadas, devido aos períodos de secas (CHAVES et al., 2020).

Os suscetíveis episódios de incêndios no Pantanal Sul-Mato-Grossense, constituem um perigo para a biodiversidade regional, afetando as condições climáticas, resultando em graves consequências para a preservação dos processos ecológicos, e na continuidade do ser humano nesse ambiente natural (NOGUEIRA E SANTOS, 2015).

A maior reincidência de queimadas e incêndios é registrada entre os meses de julho a novembro no bioma do estado de Mato Grosso do Sul. Esse período é denominado como JASON, com estação seca, clima que contribui para o processo de combustão da vegetação. A maior incidência é registrada no município de Corumbá (VIGANÓ et al., 2017).

Para identificar as dimensões das queimadas, bem como o mapeamento das cicatrizes, sua austeridade e capacidade de regeneração, são utilizadas informações espectrais de imagens de satélites (ROY et. al, 2005; ROTETA et al., 2019). Tais trabalhos podem ser realizados por meio do reconhecimento da variabilidade de energia identificada no momento da queima, como nos focos de calor registrados por sensores remotos, e na capacidade de detecção de cicatrizes de queimadas através da análise da resposta espectral dos alvos terrestres nas imagens (GIGLIO et. al, 2006). Assim, o sensoriamento remoto possui utilidade comprovada na análise de todos os estágios temporais de perturbação de incêndios, fornecendo informações capazes de monitorar queimadas em longas escalas (VERAVERBEKE et al., 2018).

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo principal realizar uma análise geoespacial e multitemporal de uma área queimada no município mais afetado pelos incêndios do Pantanal, Corumbá, no período de junho a setembro de 2020 a 2024, utilizando geotecnologias disponíveis. Em adição, tomaram-se como objetivos específicos, quantificar os focos registrados e identificar as áreas queimadas, destacando suas extensões e suas distribuições, analisando os usos do solo, as vegetações atingidas, as reincidências de fogo, e as possíveis causas dos incêndios.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente seção possui o objetivo de detalhar os procedimentos metodológicos utilizados para o

desenvolvimento deste trabalho. Assim, esta seção apresenta-se dividida em cinco partes, sendo-as: (i) determinação da área de estudo; (ii) coleta de dados; (iii) processamento de imagens; (iv) extração e quantificação de áreas; (v) análise de áreas queimadas e reincidentes.

2.1. Determinação e caracterização da área de estudo

Para a determinação, foram utilizados métodos de adição de camada poligonal pelo software Qgis. A área determinada neste estudo, localizada no município de Corumbá (MS), de coordenadas geográficas ponto central latitude 19°8'20.25"S e longitude 57°21'22.00"O, abrange 346,89 km², localizados a 1,224 km ao leste do perímetro municipal de Ladário (MS); ao sul, a área é limítrofe à rodovia estadual MS-228 (Estrada Parque); a leste, é localizado o Rio Paraguai, na região denominada Porto da Manga.

De acordo com os dados de consulta pública do SICAR, a área é parte de oito fazendas (propriedades particulares) denominadas Fazenda Sagrado Coração, Fazenda Barreiro, Fazenda São Pedro, Fazenda Cabaça, Fazenda Volta Grande, Fazenda Areão, Fazenda Otília e Hotel Fazenda Sonetur.

Na Figura 1 abaixo, tem-se o perímetro estadual, destacando o perímetro municipal e a área de estudo. A Figura 2 destaca a área total de estudo, bem como os pontos limítrofes a ela, para melhor entendimento da localização. Por sua vez, a Figura 3 demonstra as áreas de fazendas localizadas na área de estudo.

Figura 1 - Mapa do estado de Mato Grosso do Sul. Fonte: Autor, IBGE.

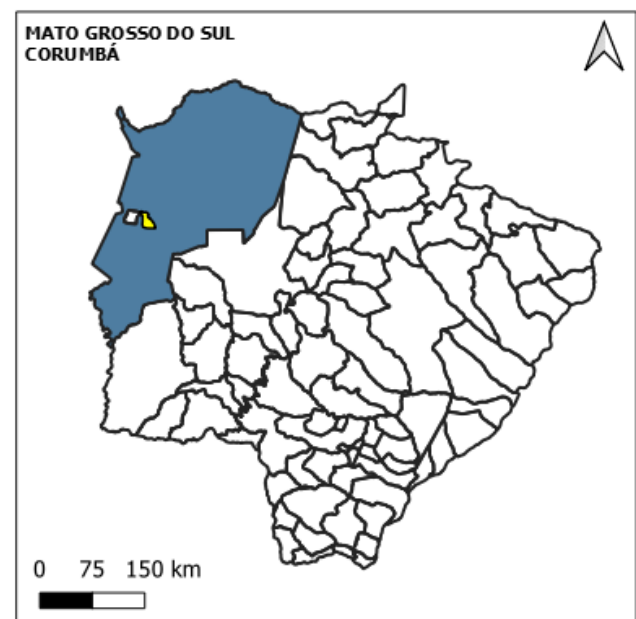


Figura 2 - Mapa de Localização da área de estudo. Fonte: Autor, IBGE, Google Maps.

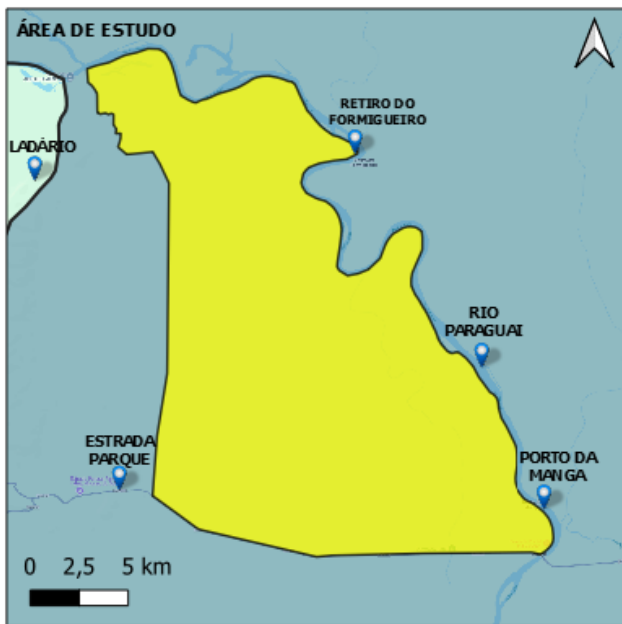
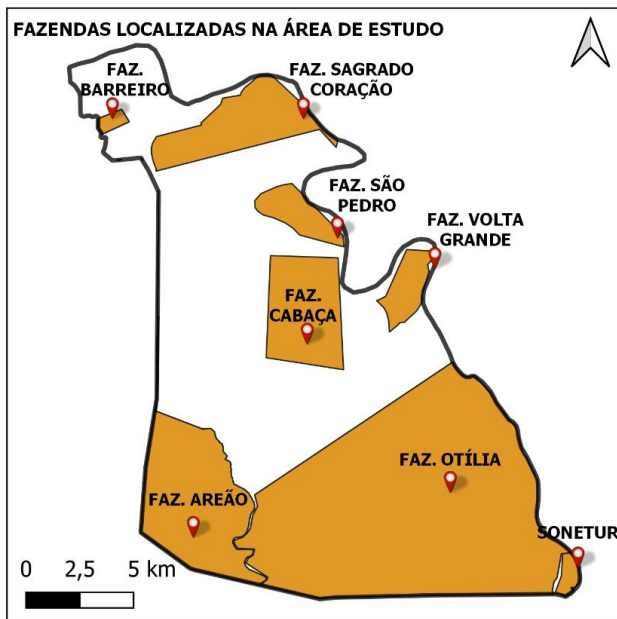


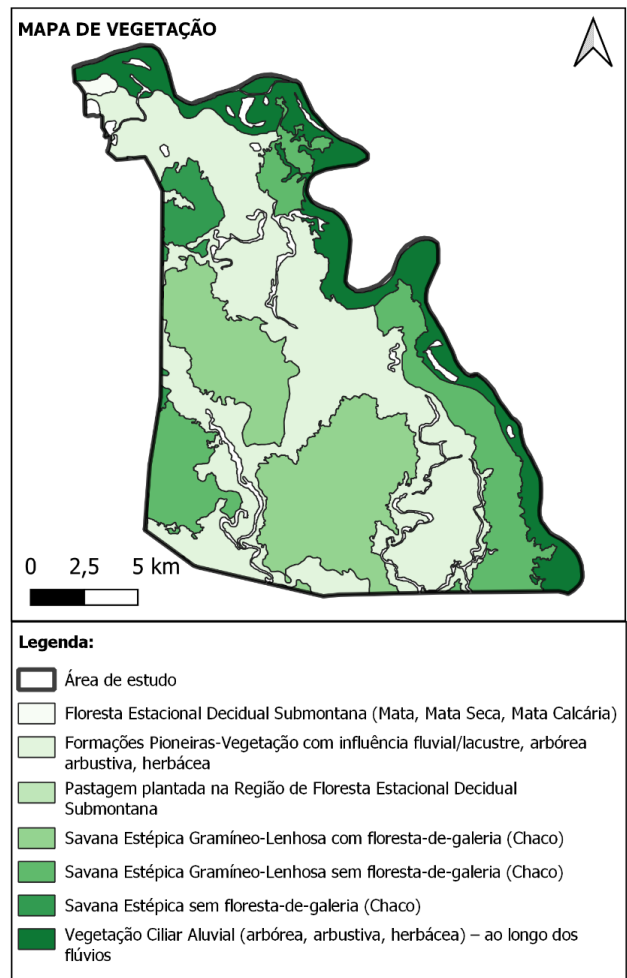
Figura 3 - Mapa de propriedades particulares localizadas na área de estudo. Fonte: SICAR (consulta pública).



Conforme o Projeto GeoMS da EMBRAPA (2011), a área de estudo apresenta em sua cobertura vegetal áreas de Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria (Chaco); Formações Pioneiras-Vegetação com influência fluvial/lacustre, arbórea arbustiva, herbácea; Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa sem floresta de galeria (Chaco); Vegetação Ciliar Aluvial (arbórea, arbustiva, herbácea) - ao longo dos rios; Savana Estépica sem floresta de galeria (Chaco); Floresta estacional Decidual Submontana e Pastagem Plantada na região

de Floresta estacional decidual submontana. A Figura 3 abaixo retrata a vegetação da área.

Figura 4 - Mapa de Vegetação da área de estudo. Fonte: Projeto GEOMS, EMBRAPA.



2.2. Coleta de dados

Na coleta, os focos de queimadas referentes aos períodos de junho a setembro de 2020 a 2024, foram obtidos por meio do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O monitoramento é realizado mediante satélites que são capazes de detectar focos com, no mínimo, 30 metros de comprimento por 1 metro de largura, registrando as datas, horários e coordenadas dos pontos. Os dados são extraídos em formatos vetoriais.

As imagens do satélite Sentinel-2, com resolução espacial de 20 metros, foram extraídas do catálogo de imagens Google Earth Engine. Como critérios de extração, as imagens selecionadas referem-se aos meses em que houve registros de ocorrências de focos na área de estudo. Ainda, priorizou-se a escolha de imagens com a mínima quantidade possível de nuvens na cena 21KVU.

2.3 Processamento de imagens

2.3.1 Satélite Sentinel-2

O satélite Sentinel-2 faz parte do programa Copernicus, composto por 7 missões, na qual cada uma delas tem como objetivo o monitoramento de uma característica bem específica do nosso planeta. Suas aplicações são voltadas para o monitoramento da agricultura, monitoramento de florestas, de zonas costeiras, de águas interiores, de uso e ocupação das terras, e, no caso do presente estudo, no monitoramento de desastres naturais.

Possui um instrumento multiespectral (MSI) com 13 canais espectrais em faixas visíveis/infravermelhas próximas (VNIR) e infravermelho de onda curta (SWIR). O MSI capta diferenças no estado da vegetação, incluindo as mudanças temporais, além de minimizar o impacto da atmosfera sobre a qualidade das imagens. Funcionando de forma passiva, o MSI coleta a luz solar que reflete na terra. De acordo com o movimento do satélite ao longo do caminho orbital, os dados são adquiridos. A luz de entrada é dividida por um divisor e focada em dois conjuntos de planos focais separados dentro do satélite, o VNIR e o SWIR. O método de separação de cada banda em comprimentos de onda é o de filtros montados acima dos detectores localizados no próprio satélite.

Abaixo, a Figura 5 ilustra o satélite Sentinel-2, responsável pelas imagens utilizadas neste estudo.

Figura 5 - Sentinel-2. Fonte: EOS Data Analytics.



Com o objetivo de aperfeiçoar as imagens para que ocorra uma maior facilidade na interpretação de dados contidos, foram extraídas imagens Sentinel-2 já em composição SWIR RGB 12/8/4, visto que permite uma visualização mais aparente das cicatrizes de vegetação queimada na área em estudo. Ainda, realces lineares foram realizados no próprio histograma do software Qgis. Em adição, as imagens foram cortadas conforme os limites da área de estudo. A Tabela 1 abaixo registra as imagens extraídas.

Tabela 1 - Imagens extraídas. Fonte: Autor.

ANO	DATA DAS IMAGENS
2020	30/06, 20/07, 29/08, 28/09
2021	30/06, 30/07, 29/08, 28/09
2024	24/06, 29/07, 28/08, 22/09

2.4 Extração e quantificação de áreas

A partir da observação visual de parâmetros de cores e tonalidades, as áreas foram delimitadas por criação de camada vetorial em formato de polígono. Foram obedecidos critérios aos quais as cicatrizes de queimadas caracterizaram-se por manchas mais escuras em relação à vegetação. Para quantificação das cicatrizes de áreas queimadas, utilizou-se a calculadora de campo do próprio software, obtendo os resultados em quilômetros quadrados.

2.5 Análise de áreas queimadas e reincidentes

A fim de verificar as queimadas reincidentes, foi utilizado o software Qgis, sobrepondo as áreas, interceptando-as e criando um shapefile que indica os quilômetros quadrados que já foram queimados anteriormente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise multitemporal das áreas queimadas

Nos tópicos a seguir, serão apresentadas as análises geoespaciais das queimadas que atingiram a área de estudo nos meses de junho a setembro, referentes aos anos de 2020, 2021 e 2024.

Ressalta-se que será evidente a falta de imagens e análises referentes aos anos de 2022 e 2023. Por não serem detectados nenhum foco de queimada nesse período, as análises não foram realizadas para os meses supracitados.

3.1.1. Mapas de análises multitemporais de 2020 a 2024

Figura 6 - Análise de junho/2020. Fonte: Autor.

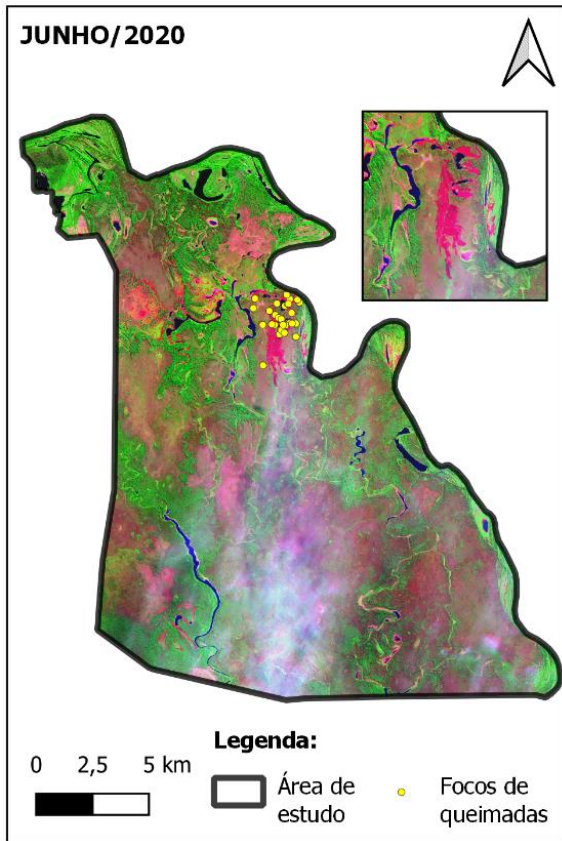


Figura 8 - Análise de agosto/2020. Fonte: Autor.

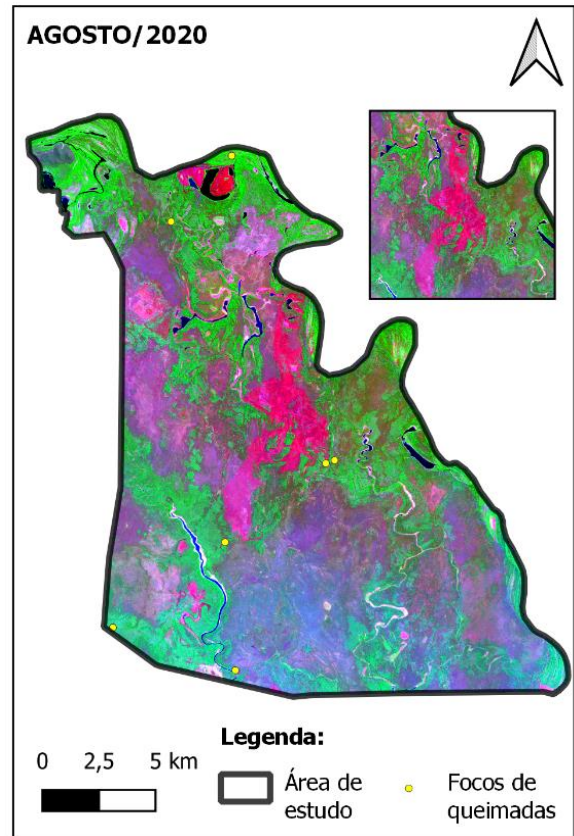


Figura 7 - Análise de julho/2020. Fonte: Autor.

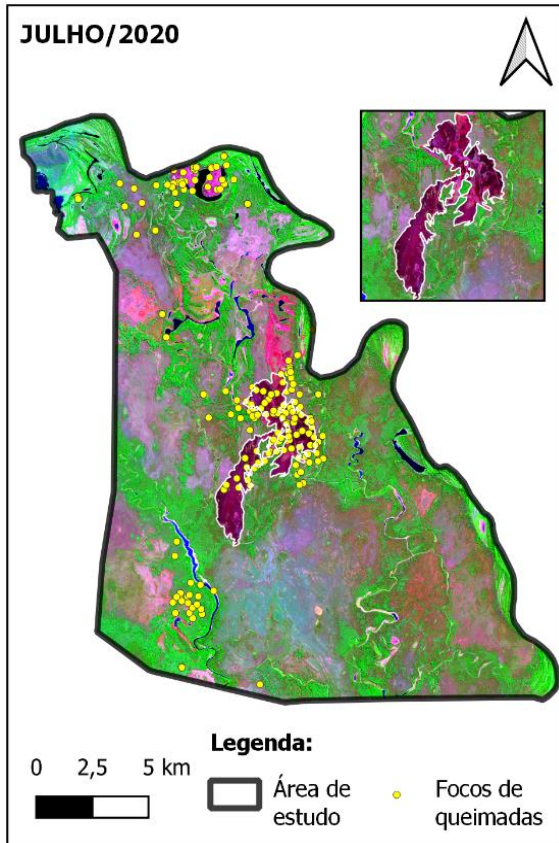


Figura 9 - Análise de setembro/2020. Fonte: Autor.

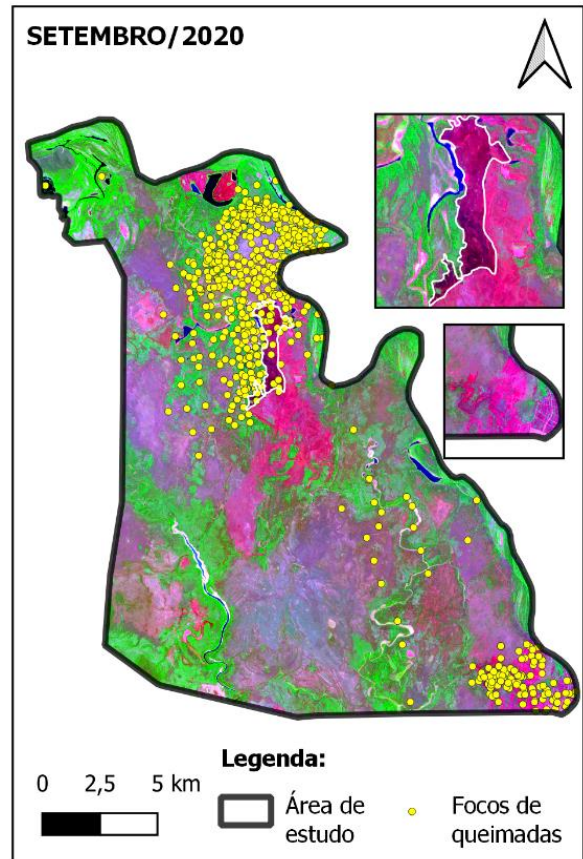


Figura 10 - Análise de setembro/2021. Fonte: Autor.

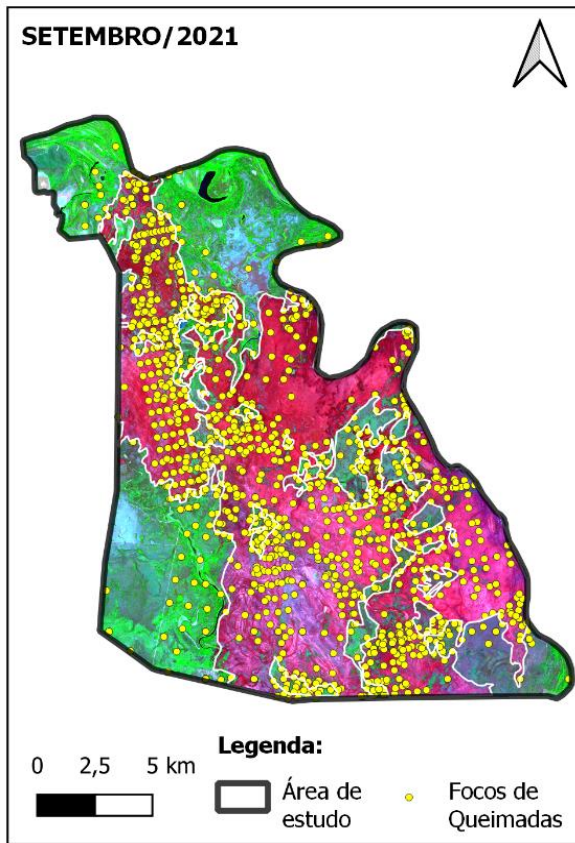


Figura 12 - Análise de julho/2024. Fonte: Autor.

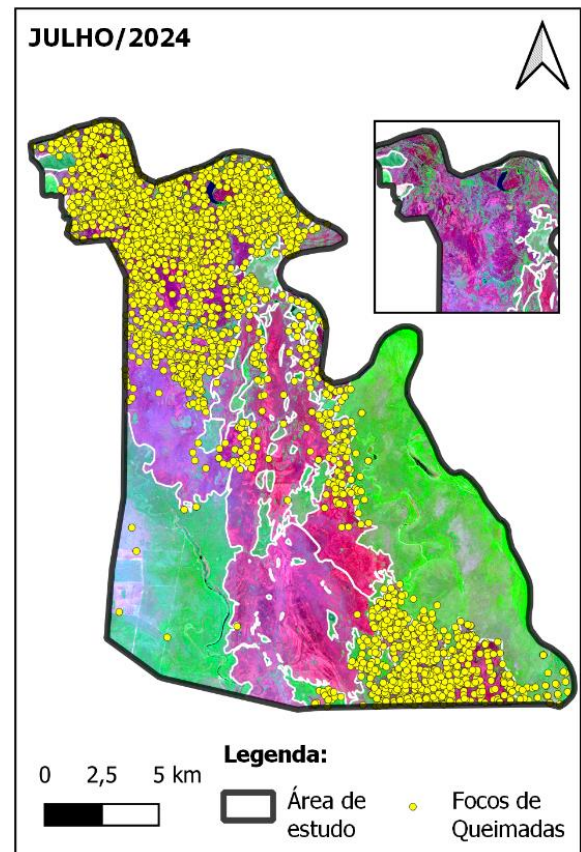


Figura 11 - Análise de junho/2024. Fonte: Autor.

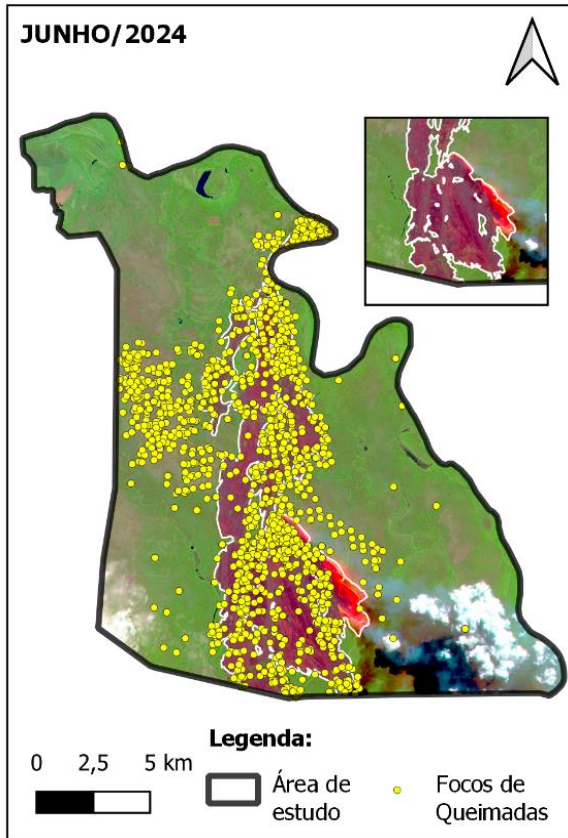


Figura 13 - Análise de agosto/2024. Fonte: Autor.

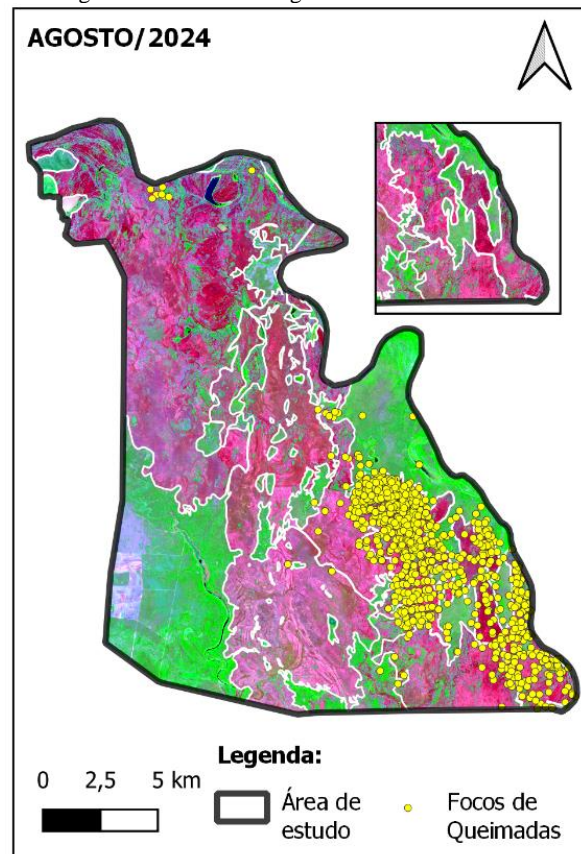
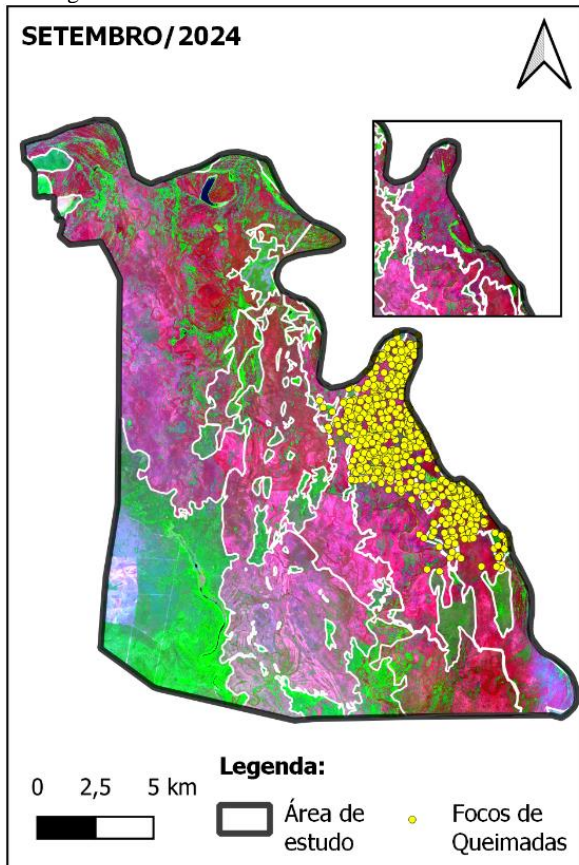


Figura 14 - Análise de setembro/2024. Fonte: Autor.



3.1.2. Análise geoespacial do período em 2020

No mês de junho de 2020, foram registrados 29 focos totais na área, no período de 10/06 a 25/06. Ao realizar a delimitação da cicatriz de fogo, não foram encontradas possíveis áreas visíveis de queimadas, visto que nenhuma cobertura apresenta coloração mais escura.

Em julho de 2020, foram registrados cerca de 215 focos dentro da área de interesse, sendo o segundo mês com maior incidência. Os focos referem-se ao período entre 01/07 e 31/07, e a área queimada é visível e evidente, sendo 11,14 km² afetados pelo fogo. Ainda, foram encontradas inúmeras frentes de fogo, as quais indicam que as queimadas foram contínuas, propensas a atingir maiores proporções de vegetação.

O mês de agosto foi o com menor registro de focos, sendo 13 o número total, no período de 01/08 a 05/08. Apesar disso, não foi encontrada nenhuma cicatriz ou frente de fogo na imagem referente ao mês.

Com o maior número de focos de queimadas (669), registrados de 09/09 a 29/09, a imagem do mês de setembro limita uma cicatriz de 3,52 km². Além da grande quantidade registrada na porção norte da área, a quantidade a sul é caracterizada por ser próxima à

Estrada Parque Pantanal, mais precisamente no denominado Porto da Manga.

No balanço de todos os focos anuais, o dia 30/09, por sua vez, registrou individualmente, cerca de 302 focos de queimadas na área.

Ao realizar um levantamento de informações da série histórica do INMET, a temperatura máxima em Corumbá/MS, registrada neste dia foi de 41°C às 15:00 horas, com uma radiação global de 3022,4 KJ/m². Não houve nenhum registro de precipitação, e os ventos neste dia atingiram uma rajada máxima de 15,5 m/s.

Assim sendo, as possíveis causas, além de serem vinculadas à seca sofrida pelo Bioma e às altas temperaturas registradas nos dias, por ser próxima a rodovia, as queimadas possivelmente ocorreram devido a formação de aceiro negro, normalmente realizado na faixa da rodovia, sendo uma área sujeita a incêndios de origem criminosa e de manejo de fogo.

Ainda, o tipo de vegetação de formação pioneira, as quais são repletas de arbustos, herbáceas, e a vegetação do tipo savana estépica também podem ter contribuído para a continuidade dos incêndios, já que possuem uma característica mais seca.

Os satélites responsáveis pelos focos registrados são: NOAA-20, AQUA_M-T, NPP-375, NPP-375D e NOAA-19, GOES-16, METOP-C, TERRA_M-M e METOP-B. Assim sendo, é válido o conhecimento de que dois ou mais satélites podem registrar os focos em concomitância, ou seja, o mesmo foco, de igual coordenada, pode ser registrado duas ou mais vezes.

No total, foram encontrados, em cicatrizes de queimadas, cerca de 14,66 km² no ano de 2020. Neste ano, os focos foram mapeados, em sua maioria, no centro da área de interesse, mais ao norte.

3.1.3. Análise geoespacial do período em 2021

Em relação aos meses de junho/2021, julho/2021 e agosto/2021, não foi registrado nenhum foco de queimada.

Quanto ao mês de setembro/2021, 1457 focos de queimadas foram registrados por satélites entre os dias 02/09 a 30/09. Ao realizar a delimitação da área queimada, foi possível encontrar 200,02 km² afetados por incêndios, o que corresponde a 57,67% da área total de estudo.

Ao realizar a verificação dos focos, foi possível identificá-los em, praticamente, toda a área

de estudo. Porém, ao analisar as datas e horários dos registros, verificou-se que os focos com datas iniciais estão localizados nas partes norte e sul da área. Isso indica que o incêndio, possivelmente, iniciou-se próximo ao perímetro de Ladário, e às margens da rodovia,

Nesse sentido, o dia de maior incidência, por sua vez, é o de 07/09, com 343 registros.

Ao realizar um levantamento de informações da série histórica do INMET, a temperatura máxima em Corumbá/MS, registrada neste dia foi de 41,2°C às 20:00 horas, com uma radiação global máxima de 1318,2 KJ/m². Não houve nenhum registro de precipitação, e os ventos neste dia atingiram uma rajada máxima de 15,6 m/s.

Assim sendo, as possíveis causas, além de serem vinculadas à seca sofrida pelo Bioma e às altas temperaturas registradas nos dias, por ser próxima a rodovia, as queimadas possivelmente ocorreram devido a formação de aceiro negro, normalmente realizado na faixa da rodovia, sendo uma área sujeita a incêndios de origem criminosa, e atividades de manejo de fogo realizadas por parte das comunidades locais ali presentes.

Ainda, o tipo de vegetação de formação pioneira, as quais são repletas de arbustos, herbáceas, e a vegetação do tipo savana estépica também podem ter contribuído para a continuidade dos incêndios, já que possuem uma característica mais seca.

Em comparação ao ano de 2020, cerca de 11,09 hectares são reincidentes na área de estudo, o que quer dizer que 11,09 km² já foram queimados no ano passado, e voltaram a sofrer consequências de queimadas neste ano.

Por fim, os satélites responsáveis pelos registros foram: AQUA_M-T, NOAA-19, GOES-16, NOAA-20, NPP-375, METOP-B, AQUA_M-M, TERRA_M-M, MSG-03, TERRA_M-T, NPP-375D, NOAA-18 e NOAA-19D. Assim sendo, é válido ressaltar que dois ou mais satélites podem registrar o mesmo foco de queimada concomitantemente. Ou seja, pode haver registros repetidos neste levantamento.

3.1.4. Análise geoespacial do período em 2022

Em relação à análise do ano de 2022, os meses de junho a setembro não tiveram o registro de nenhum foco de queimada detectado por satélites.

3.1.5. Análise geoespacial do período em 2023

Quanto aos meses do ano de 2023, destaca-se que em nenhum mês há registros de focos de queimadas detectados por satélites da plataforma BD Queimadas.

3.1.6. Análise geoespacial do período em 2024

No mês de junho do presente ano, é possível observar a presença de uma grande quantidade de focos de queimadas, sendo um total de 2157 registros no período de 14/06 a 28/06. Ao realizar a delimitação, pode-se encontrar uma área queimada de 70,60 km² afetados pelo fogo. Ressalta-se que a imagem encontrada para o mês de junho já foi extraída no RGB 12/8/4, e por mais que haja uma diferença espectral desta para as outras imagens, as cicatrizes ainda são visíveis, sendo possível observar com clareza a área queimada. Na análise de reincidência de fogo, 62,38 km² já tinham sido queimados no último ano em que a área sofreu incêndios de grandes proporções, ou seja, em 2021.

Em julho, obteve-se o registro de 3281 focos detectados pelos satélites do BD Queimadas de 01/07 a 31/07, e ao realizar a delimitação desta área, são quantificados 127,35 km² queimados. Isso evidencia a continuidade das queimadas que afetaram a área no mês anterior, estendendo-se e atingindo ainda mais a área de estudo, principalmente na porção norte. O referido mês é o que houve mais registros de focos no ano de 2024. Em referência à reincidência de queimadas, 44,42 km² já tinham sido atingidos anteriormente, em 2021.

Quanto ao mês de agosto, este foi o que atingiu a parte leste da área, quantificando o registro de 1028 focos de queimadas de 01/08 a 31/08, e uma área adicional de 35,16 km² atingidos pelo fogo. Nas imagens, é possível reparar que, ainda que haja uma maior concentração ao leste da área, ao norte são encontrados alguns focos dispersos. No que se refere à reincidência, uma área de 23,42 km² já tinha sido atingida em 2021.

Por fim, no mês de setembro de 2024, 669 focos de queimadas foram detectados por satélites, de 01/09 a 09/09. Ao realizar a delimitação, obteve-se 24,17 km² de área afetada, sendo a menor área mensal. Deste total, 18,65 km² já foram atingidos pelo fogo em 2021.

Ao realizar o balanço de todos os focos anuais, o dia 23/06, por sua vez, registrou

individualmente, cerca de 956 focos de queimadas na área.

Na tentativa de realizar um levantamento de informações da série histórica do INMET, não foi possível encontrar os dados, devido a estação Automática de Corumbá/MS (A724) entrar em pane no dia 31/05/2024 às 21UTC e voltar a operar em 27/06/2024 às 22UTC.

Porém, ao considerar as altas temperaturas que atingem o município no mês de junho, e a ausência de precipitação neste mesmo período, as possíveis causas, além de serem vinculadas à seca sofrida pelo Bioma e às altas temperaturas registradas nos dias, são associadas também às ações antrópicas de manejo de pastagem e agricultura da comunidade local, em uma possível queima que saiu do controle.

Ainda, o tipo de vegetação de formação pioneira, as quais são repletas de arbustos, herbáceas, e a vegetação do tipo savana estépica também podem ter contribuído para a continuidade dos incêndios, já que possuem uma característica mais seca.

No referido ano, os satélites responsáveis pelos registros de focos são: NOAA-20, METOP-B, TERRA_M-M, NPP-375D, NOAA-21, GOES-16, METOP-C, AQUA_M-T, NPP-375, MSG-03, AQUA_M-M, e METOP-C. Ressalta-se que dois ou mais satélites podem registrar o mesmo foco de queimada concomitantemente. Assim, pode haver registros repetidos de focos detectados para a mesma coordenada-ponto nos dados extraídos pelo BD Queimadas.

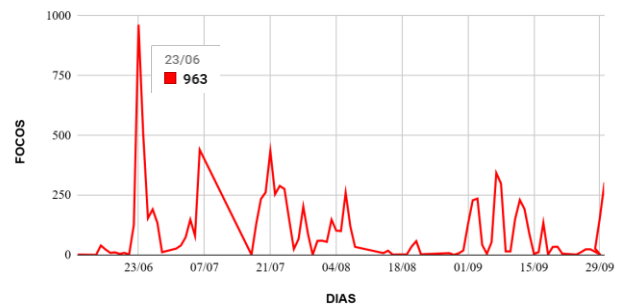
Quanto ao total de área queimada, obteve-se 257,28 km² atingidos pelo fogo. Isso corresponde a 74,16% da área total. Neste ano, os focos foram detectados em quase toda a área de estudo, iniciando na parte norte, e atingindo a parte sul posteriormente. Isso evidencia a continuidade do fogo, que não foi controlado a tempo.

3.1.7. Quantificação geral de focos de queimadas

Ao realizar um levantamento da quantificação geral de focos por dias no período total, encontra-se o dia 23/06 com o maior registro de focos entre todos os anos analisados. A quantidade total é de 963 focos. O gráfico abaixo demonstra o levantamento geral de focos por dias dos anos de 2020 a 2024, entre os meses de junho a setembro.

Gráfico 1 - Quantificação de focos por dias entre 2020 e 2024.
Fonte: BD Queimadas.

Registros diários de focos de Junho a Setembro de 2020 a 2024



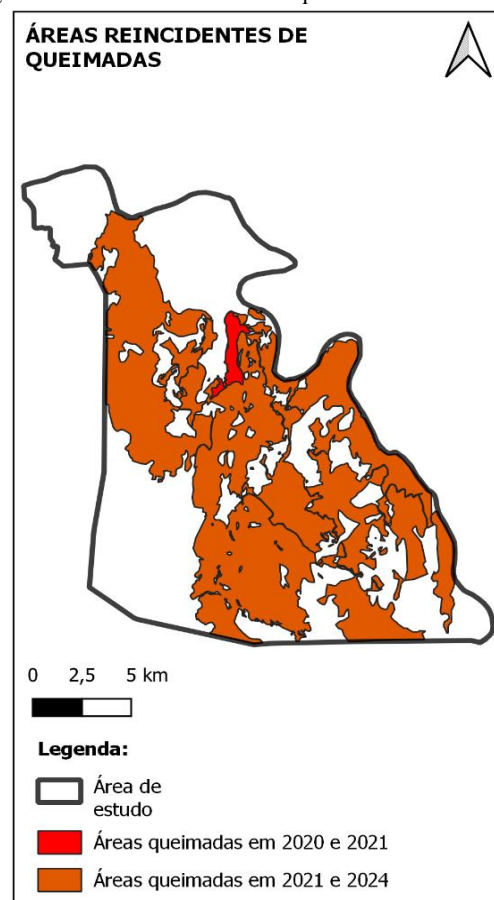
3.2. Análise de áreas reincidentes

No que se refere à reincidência de fogo na área em estudo, destacam-se as seguintes informações:

- 11,09 km² queimados no ano de 2021 já haviam sido atingidos por queimadas no ano de 2020;
- 148,87 km² já haviam sido atingidos no ano de 2021 (ano de maior registro anterior ao ano de 2024).

O mapa a seguir indica as áreas reincidentes de queimadas em sua totalidade.

Figura 15 - Áreas reincidentes de queimadas. Fonte: Autor.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo apresentado e dos resultados expostos, pode-se considerar que, conforme a análise multitemporal de queimadas, destaca-se que no ano de 2020, ainda que, anteriormente a 2024, houve registros de altos índices de queimadas no Pantanal como um todo, a área de estudo não foi tão afetada, diferente do ano de 2024, o que mais registrou focos detectados e áreas queimadas no período, sendo o mês de julho o mais afetado. Dentre as possíveis causas de ocorrência de fogo identificadas, estão, além das práticas de manejo de fogo, a queima de áreas de atividades para pastagem e agricultura, já que a área de estudo possui em seu perímetro a presença de seis propriedades particulares, que, possivelmente, realizam essas atividades, e que, de acordo com a vegetação mais arbustiva e herbácea presente na área, é mais suscetível a ser atingida pelas queimadas, principalmente em períodos de seca, como é o caso do período no Bioma. Ainda, pode-se inferir as causas das queimadas às práticas intencionais ou acidentais nas margens da rodovia Estrada Parque Pantanal, já que é localizada ao sul da área de estudo.

Ainda, quanto ao levantamento geral de focos de queimadas em quantidades, nota-se o dia 23/06 como o de maior registro de focos. É válido ressaltar que neste período, o Pantanal passa pelo período de vazante, ou seja, de transição da cheia para a seca, com altas temperaturas e maiores potenciais de queimadas. Quanto aos meses, respectivamente, os meses de julho, setembro e junho foram os de maiores registros de focos. O mês de agosto é menos atingido por queimadas no bioma.

Quanto às reincidências de áreas queimadas, observou-se que a grande maioria das áreas que foram atingidas por queimadas em 2021, foram novamente queimadas em 2024, sendo 148,87 km² totais reincidentes no ano. Já em 2021, 11,09 km² já haviam sido queimados em 2020. Há indicativos de que as queimadas são, possivelmente, por influências antrópicas. O potencial de degradação em 2024 é alto, notando-se que a queimada possivelmente saiu do controle, causando impactos na comunidade local, na vegetação e na fauna da região.

Na realização das análises, notaram-se alguns fatores referentes às imagens extraídas, como as manchas devido à presença de nuvens. Ainda, é evidente que algumas imagens possuem um histograma diferente de outras. Porém, é válido ressaltar que as imagens já foram extraídas no RGB SWIR 12/8/4, e o histograma foi ajustado para garantir a melhor qualidade e entendimento das

imagens. Portanto, a metodologia utilizada ainda é a mais indicada para o mapeamento das áreas.

Nesse sentido, é perceptível que utilizar o geoprocessamento a fim de verificar focos e áreas queimadas seja importante, principalmente em áreas do Pantanal, região em que sofreu nos últimos anos com as queimadas de sua vegetação, trazendo consequências na diminuição de área úmida e morte de animais. Assim, o sensoriamento remoto é capaz de realizar estudos, análises e previsões, identificando áreas propensas a sofrer por ações de fogos, e determinando ações que visam a minimização das queimadas no bioma.

5. AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e ao professor e orientador Ariel Ortiz Gomes, por todo apoio dado não somente nesta fase, mas em todo o decorrer do curso, compartilhando seus conhecimentos e habilidades em disciplinas essenciais para minha formação. Por fim, agradeço aos meus familiares e à minha parceira pelo apoio neste período, e aos meus amigos acadêmicos, agora amigos de profissão, por terem caminhado juntos a mim nesta trajetória de conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BULCHER, H. B. et al. **Hidrovia: uma análise ambiental inicial da via fluvial Paraguai-Paraná**. São Paulo: Nupaub, 1994.
- CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F. F. N. **Mapeamento de três decênios da precipitação pluviométrica total e sazonal do bioma Pantanal**. Repositório Institucional de Geociências - CPRM. 2010.
- CHAVES, T. P.; SOUZA, S. M.; FREITAS, A. C. D. **Pantanal, tudo fica bem quando o fogo se apaga?** Revista Sustinere, v. 8, n. 2, 15 dez. 2020.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.
- GIGLIO, LG. R., VAN DER WERF, J. T., RANDERSON, G. J. COLLATZ, KASIBHATLA. P. S. **Global estimation of burned area using MODIS active fire observations**. Atmospheric Chemistry and Physics. 6, pp. 957- 974. 2006.
- GOOGLE EARTH ENGINE. **Sentinel-2: imagens de satélite**. Banda SWIR RGB 12/8/4. Cena 21KVU.

- Disponível em: <<https://code.earthengine.google.com/c11c1d0ac1e90405a19e9c80e6701062>>. Acesso em: 16 out. 2024.
- GRADELLA, F. S. **Aspectos da dinâmica hidroclimática da Lagoa Salina do meio na fazenda Nhumirim e seu entorno, Pantanal da Nhecolândia.** Dissertação Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Brasil. 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 17 out. 2004.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos Anuais.** Disponível em: <Instituto Nacional de Meteorologia - INMET> . Acesso em: 18 nov. 2024.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BD Queimadas.** Disponível em: <<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/#exportar-dados>>. Acesso em: 16 out. 2024.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Pantanal.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/pantanal.html#:~:text=A%20sua%20C3%A1rea%20aproximada%20%20C3%A9,%20C3%A1rea%20total%20do%20territ%C3%B3rio%20brasileiro.>>. Acesso em: 17 out. 2024.
- NOGUEIRA, J. S.; SANTOS, A. C. A. **Análise do material particulado no Pantanal Mato Grossense.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 3, p. 254-264, 2015.
- ROTETA, E. et al. **Development of a Sentinel-2 burned area algorithm: Generation of a small fire database for sub-Saharan Africa.** Remote Sensing of Environment, v. 222, p. 1-17, 2019.
- ROY, D. P. et al. **Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data.** Remote Sensing of Environment, v. 97, p. 137-162, 2005.
- SENTINEL-2. **Sentinel-2: Combinação de Bandas e como baixar os dados mais facilmente. Forest GIS.** Disponível em: <<https://forest-gis.com/2019/12/sentinel-2-combinacao-bandas-baixar-dados.html/?srsltid=AfmBOoqM4PBoE-HSvJfxOktDyKG4bD2Pg0yh4eqM7xzu1yWvittaPa97>>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- SENTINEL-2. **Satellite Imagens- Eos Data Analytics.** Disponível em: <<https://eos.com/find-satellite/sentinel-2/>>. Acesso em: 18. nov. 2024.
- SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Consulta pública.** Disponível em: <<https://www.car.gov.br/#/>>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- VERAVERBEKE, S. et al. **Hyperspectral remote sensing of fire: State-of-the-art and future perspectives.** Remote Sensing of Environment, v. 216, p. 105-121, 2018.
- VIGANÓ, H. H. G.; SOUZA, C. C.; CRISTALDO, M. F.; JESUS, L. **Redes Neurais Artificiais na Previsão de Queimadas e Incêndios no Pantanal.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 5, p. 1355-1367, 2017.