



PANTANAL EM CHAMAS: UM ESTUDO SOBRE OS EFEITOS BIOCLIMÁTICOS DAS QUEIMADAS NA MAIOR PLANÍCIE ALAGÁVEL DO MUNDO

PANTANAL IN FLAMES: A STUDY ON THE BIOCLIMATIC EFFECTS OF FIRES IN THE WORLD'S LARGEST FLOODPLAIN

Milena da Silva Ayala ¹
Maiara Ferreira Galindo Insfran ²
Franciele Ferreira Marcelino ³

RESUMO

O estudo analisa os efeitos bioclimáticos das queimadas no bioma Pantanal entre 2020 e 2025, período marcado por recorrentes episódios de fogo e intensificação das anomalias térmicas. Fundamentado em uma abordagem qualitativa, exploratória e geoespacial, o trabalho combina revisão bibliográfica e análise de dados de sensoriamento remoto provenientes do INPE, INMET e ANA, processados em ambiente SIG. Os resultados revelam que as queimadas provocaram elevação da temperatura superficial, redução da umidade relativa, alteração nos regimes pluviométricos e degradação do solo, configurando um processo de desequilíbrio bioclimático persistente. As análises cartográficas evidenciam a formação e a permanência de ilhas de calor nas mesmas áreas afetadas desde 2020, indicando efeitos cumulativos do fogo sobre a estrutura ecológica e térmica do bioma. Constatou-se ainda que a combinação entre fatores climáticos e práticas antrópicas, como o uso do fogo para manejo de pastagens, tem acelerado a transição para um processo de savanização. A pesquisa reforça a importância do geoprocessamento como ferramenta de diagnóstico e monitoramento ambiental e aponta a necessidade de políticas permanentes de prevenção e restauração ecológica no Pantanal.

Palavras-chave: Queimadas, Bioclima, Sensoriamento remoto, Pantanal, Mudanças climáticas.

ABSTRACT

This study analyzes the bioclimatic effects of wildfires in the Pantanal biome between 2020 and 2025, a period marked by recurrent fire events and intensified thermal anomalies. Based on a qualitative, exploratory, and geospatial approach, the research combines bibliographic review and remote sensing data analysis from INPE, INMET, and ANA, processed in a GIS environment. The results show that fires have caused increased surface temperature, reduced relative humidity, altered rainfall regimes, and soil degradation, resulting in a persistent bioclimatic imbalance. The cartographic analyses reveal the formation and persistence of heat islands in the same areas affected since 2020, indicating cumulative effects of fire on the biome's ecological and thermal structure. The study also found that the combination of climatic factors and anthropogenic practices, such as the use of fire for pasture management, has accelerated the transition toward a savannization process. The research emphasizes the importance of geoprocessing as a diagnostic and monitoring tool and highlights the need for permanent prevention and ecological restoration policies in the Pantanal.

Keywords: Wildfires, Bioclimate, Remote sensing, Pantanal, Climate change.

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/CPAQ, milena.ayala@ufms.br;

² Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/CPAQ, maiara.ferreira12@hotmail.com;

³ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/CPAQ, franciele.ferreira@ufms.br;



INTRODUÇÃO

O Pantanal, reconhecido como a maior planície alagável do planeta, constitui um dos biomas mais ricos em biodiversidade da América do Sul e desempenha papel crucial na regulação dos ciclos hidrológicos e climáticos do continente. Sua dinâmica ecológica é fortemente marcada pela sazonalidade hídrica, com alternância entre períodos de cheias e estiagens, que moldam as paisagens, influenciam a fauna e a flora e garantem o equilíbrio dos ecossistemas. No entanto, nas últimas décadas, o Pantanal tem enfrentado uma crescente pressão ambiental, expressa sobretudo no avanço das queimadas e incêndios florestais, que comprometem a estabilidade bioclimática da região.

Esses eventos de fogo, que historicamente faziam parte do regime natural do bioma, vêm adquirindo dimensões anômalas e recorrentes, impulsionadas por fatores antrópicos e por mudanças climáticas globais. As queimadas têm provocado alterações significativas nos sistemas naturais, refletidas no aumento das temperaturas médias, na redução da umidade relativa do ar, na alteração do regime de chuvas e na degradação do solo. Tais transformações interferem diretamente na resiliência ecológica e na capacidade de regeneração da vegetação, além de afetarem os ciclos de carbono e energia que sustentam o equilíbrio ambiental do bioma.

O episódio de 2020 representa um marco dessa crise. De acordo com Moura et al. (2021), estima-se que mais de 17 milhões de vertebrados tenham sido mortos em consequência direta dos incêndios, enquanto extensas áreas de habitat foram destruídas, incluindo zonas de ocorrência de espécies ameaçadas, como a onça-pintada e o cervo-do-pantanal (Tomas et al., 2021). Estudos de sensoriamento remoto corroboram essa análise, indicando que a intensidade e a extensão dos focos de calor de 2020 atingiram níveis sem precedentes no bioma (Silva Junior et al., 2021), reforçando o caráter excepcional dos incêndios daquele ano.

Embora parte dos incêndios possa ser atribuída a causas naturais, como descargas elétricas ou combustão espontânea da matéria orgânica seca, os fatores antrópicos têm se mostrado determinantes para a magnitude e a frequência dos eventos recentes. O uso do fogo para limpeza de pastagens, a expansão agropecuária desordenada, o desmatamento em áreas de planalto e a construção de barragens e hidrovias que alteram o fluxo das águas do rio Paraguai são práticas que vêm ampliando a vulnerabilidade do Pantanal (Alho & Silva, 2012). A combinação dessas ações humanas com a intensificação das mudanças climáticas tem gerado uma sinergia destrutiva, responsável por acentuar os desequilíbrios térmicos e hidrológicos na região.

No contexto climático mais amplo, observa-se uma tendência de redução da precipitação na bacia do Alto Paraguai desde a década de 1990, associada a mudanças nos



regimes de monções sul-americanas e ao aquecimento anômalo do Atlântico Tropical (Marengo et al., 2021). Essa alteração no padrão das chuvas tem reduzido o tradicional pulso de inundação — processo essencial à dinâmica ecológica pantaneira — e ampliado os períodos de estiagem, favorecendo a propagação do fogo e dificultando a regeneração natural da vegetação. Dessa forma, o Pantanal vem sendo progressivamente submetido a um processo de savanização, com perda de umidade, aumento da temperatura e transformação estrutural da paisagem (Nunes et al., 2022).

Nos últimos anos, a intensificação e a recorrência das queimadas tornaram-se objeto de preocupação científica e política, devido aos impactos que extrapolam o território pantaneiro. O fogo no Pantanal não apenas desencadeia desequilíbrios bioclimáticos locais, mas também contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, reforçando a retroalimentação do aquecimento global (Andela et al., 2019). Além disso, os efeitos sobre o albedo, a evapotranspiração e os fluxos de calor latente e sensível influenciam a circulação atmosférica regional, com reflexos potenciais nos regimes pluviométricos do Centro-Oeste e até da Amazônia.

Diante desse cenário de crise ambiental e climática, este estudo tem como objetivo analisar os efeitos bioclimáticos das queimadas no Pantanal, com base em dados de 2020 a 2024 e em uma análise parcial referente a 2025, considerando as observações disponíveis até o mês de outubro. A pesquisa fundamenta-se em abordagens qualitativas e geoespaciais, integrando dados bibliográficos, relatórios técnicos e mapas elaborados a partir de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Os mapas produzidos nesta pesquisa — representando os focos de calor e as ilhas de calor — permitem compreender, de forma visual e quantitativa, a expansão das áreas afetadas e a intensificação térmica em regiões recorrentes de incêndio. Essa integração entre análise espacial e interpretação bioclimática oferece uma visão ampliada sobre o modo como o fogo atua como vetor de transformação territorial e climática, comprometendo o equilíbrio ecológico da maior planície alagável do mundo.

METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa baseou-se em uma abordagem qualitativa, exploratória e geoespacial, com o propósito de compreender os efeitos bioclimáticos das queimadas no bioma Pantanal, relacionando a dinâmica do fogo às alterações térmicas e ambientais observadas na região nos últimos anos. O estudo combinou procedimentos de revisão bibliográfica e documental com a análise de dados geoespaciais obtidos por



sensoriamento remoto, permitindo uma leitura integrada entre as dimensões espacial e climática do fenômeno.

O recorte temporal compreendeu o período de 2020 a 2024, incluindo uma análise parcial referente ao ano de 2025, considerando as informações disponíveis até o mês de outubro. Essa delimitação foi escolhida por abranger o intervalo que sucedeu o episódio crítico de 2020, reconhecido como o mais severo ciclo de incêndios da história recente do Pantanal, e por permitir acompanhar a evolução dos focos de calor e das alterações térmicas ao longo dos anos seguintes. A área de estudo corresponde ao bioma Pantanal brasileiro, abrangendo os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, delimitado conforme o mapeamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Inicialmente, realizou-se uma ampla revisão bibliográfica e documental em artigos científicos, relatórios técnicos e bases de dados oficiais, publicados entre 2020 e 2025. Essa etapa teve como objetivo reunir informações sobre as causas e consequências das queimadas, bem como sobre os impactos bioclimáticos associados, como variações de temperatura, umidade, precipitação e degradação do solo. As fontes consultadas incluíram publicações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), além de artigos científicos indexados em bases como SciELO e Scopus.

Paralelamente, foi conduzida a coleta e o processamento dos dados geoespaciais referentes aos focos de calor e à distribuição térmica superficial do Pantanal. As informações foram obtidas a partir do Banco de Dados de Queimadas (BD Queimadas) do INPE, complementadas por registros dos sensores MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) e VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite). Os dados foram tratados e organizados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) utilizando o software QGIS 3.34, com projeção cartográfica SIRGAS 2000 / UTM Zone 21S. A partir desse material, foram elaborados mapas temáticos que representam, de forma espacializada, a distribuição dos focos de calor e a formação de ilhas de calor no período estudado.

O processamento cartográfico envolveu etapas de filtragem e classificação dos focos por intensidade e frequência, interpolação espacial dos dados térmicos e análise comparativa entre os diferentes anos, permitindo identificar áreas críticas e recorrentes de incêndios. Para a análise das ilhas de calor, foram utilizadas imagens de satélite com resolução compatível para detectar variações de temperatura superficial, aplicando técnicas de interpolação e composição colorimétrica que evidenciam as zonas de maior concentração térmica. Essas informações



foram cruzadas com dados meteorológicos sobre temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, obtidos junto ao INMET e à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), de modo a avaliar as correlações entre os parâmetros climáticos e a ocorrência do fogo.

A interpretação dos resultados foi realizada com base na técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), aplicada às informações qualitativas e quantitativas obtidas. Essa etapa buscou identificar padrões e convergências entre os dados empíricos e a literatura científica, com especial atenção à localização das áreas mais afetadas, à reincidência de queimadas, à intensidade das ilhas de calor e às variações ambientais associadas. Essa integração entre dados espaciais e teóricos possibilitou compreender o fogo como vetor de transformação bioclimática, revelando suas implicações sobre o microclima, o ciclo hidrológico e a estabilidade ecológica do Pantanal.

A metodologia empregada, portanto, permitiu articular a dimensão técnica do geoprocessamento com a análise ambiental crítica, resultando em uma interpretação abrangente sobre os efeitos bioclimáticos das queimadas. Essa abordagem reforça o papel da cartografia temática como ferramenta fundamental para compreender as dinâmicas territoriais e climáticas do bioma e subsidiar futuras estratégias de mitigação e adaptação frente à intensificação do fogo na maior planície alagável do mundo.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Pantanal constitui um dos biomas mais representativos do equilíbrio entre processos naturais e dinâmicas antrópicas no contexto sul-americano. Sua importância ecológica está associada à extensa planície de inundação que atua como reguladora dos ciclos hidrológicos e climáticos da bacia do Alto Paraguai, além de abrigar uma das maiores biodiversidades do planeta (Alho & Silva, 2012). Essa complexa interação entre água, vegetação e clima faz do Pantanal um sistema ecologicamente sensível às variações climáticas e às pressões humanas, o que o torna particularmente vulnerável às queimadas.

Historicamente, o fogo exerceu um papel ecológico de renovação em ecossistemas de savana e áreas de transição, controlando o crescimento da vegetação e contribuindo para a manutenção da diversidade biológica (Nunes et al., 2022). No entanto, no contexto atual, as queimadas no Pantanal ultrapassam a função natural e assumem dimensões anômalas, caracterizadas pela alta frequência, intensidade e extensão espacial, resultantes principalmente de práticas humanas e de alterações nos regimes climáticos regionais. Segundo Moura et al. (2021), os incêndios de 2020 provocaram impactos sem precedentes sobre a fauna e flora pantaneiras, com perda de milhões de indivíduos e degradação maciça de habitats.



A literatura científica recente aponta que o aquecimento global e as alterações nos padrões de precipitação estão entre os principais fatores que intensificam a vulnerabilidade ao fogo no Pantanal. Marengo et al. (2021) destacam que o bioma vem enfrentando um aumento da frequência de secas extremas e da irregularidade das chuvas desde a década de 1990, fenômeno relacionado às oscilações do Atlântico Tropical e à alteração dos padrões de monção da América do Sul. Essas mudanças reduzem o tradicional pulso de inundação — mecanismo essencial à renovação ecológica — e prolongam os períodos de estiagem, favorecendo a propagação das queimadas. Além disso, a poluição atmosférica gerada pelo fogo interfere na formação de nuvens e no regime de chuvas regionais, agravando os períodos secos e comprometendo o equilíbrio hídrico do bioma (Soares et al., 2020).

Paralelamente, fatores antrópicos estruturais intensificam o desequilíbrio ambiental do Pantanal. O desmatamento nas bordas de planalto, a expansão agropecuária, a construção de barragens e hidrovias e o uso do fogo para limpeza de pastagens têm modificado o equilíbrio hidrológico natural, reduzindo a resiliência ecológica da planície alagável (Alho & Silva, 2012). Essas alterações no uso e cobertura da terra também elevam a temperatura e diminuem a umidade relativa do ar, ampliando a suscetibilidade do bioma às queimadas.

Essas mudanças configuram um processo de desequilíbrio bioclimático, entendido como a alteração das interações entre elementos do clima e componentes ambientais — temperatura, precipitação, umidade e solo — em função da ação humana e das variações climáticas globais (IPCC, 2021). No Pantanal, esse desequilíbrio se manifesta de maneira evidente na formação de ilhas de calor e na alteração dos fluxos de energia e de evapotranspiração. As áreas queimadas perdem sua capacidade de autorregulação térmica, acumulam calor e tornam-se núcleos de aquecimento regional (Oliveira et al., 2021). Esse processo contribui para a retroalimentação das condições de aridez e favorece a recorrência das queimadas, instaurando um ciclo de degradação ambiental.

A intensificação do fogo também tem repercussões diretas sobre o ciclo do carbono. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021), as queimadas de 2020 liberaram mais de 100 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) na atmosfera, alterando o papel do Pantanal de sumidouro para emissor líquido de carbono. Essa emissão massiva de gases de efeito estufa reforça o processo de aquecimento regional e contribui para a instabilidade climática global, estabelecendo um elo direto entre as dinâmicas locais de degradação e as mudanças climáticas planetárias.

Outro aspecto relevante destacado por Tomas et al. (2021) refere-se ao impacto das queimadas sobre a biodiversidade e as cadeias tróficas. A destruição da vegetação nativa



compromete a disponibilidade de abrigo e alimento para espécies-chave, desestruturando ecossistemas inteiros. A perda de cobertura vegetal também reduz a infiltração da água no solo e altera o albedo da superfície, intensificando o aquecimento e a evaporação. Esses efeitos encadeados configuram um processo sistêmico de colapso ecológico, em que os impactos físicos, biológicos e climáticos se reforçam mutuamente.

No campo teórico, a compreensão das queimadas no Pantanal exige uma abordagem interdisciplinar, que considere as inter-relações entre clima, solo, vegetação e ação humana. A ecologia da paisagem, enquanto base conceitual, permite entender o fogo como um agente de transformação espacial e climática, responsável por redefinir padrões de uso da terra e redistribuir fluxos de energia. Essa perspectiva é essencial para analisar as ilhas de calor, as anomalias térmicas e os padrões de reincidência de incêndios observados nas análises cartográficas entre 2020 e 2025.

Em síntese, o referencial teórico deste trabalho sustenta-se na articulação entre três eixos principais: o contexto ecológico e climático do Pantanal, definido por sua sazonalidade hídrica e sensibilidade às variações atmosféricas; os efeitos bioclimáticos das queimadas, que modificam a temperatura, a umidade e o regime pluviométrico; e o papel das atividades humanas e das mudanças globais na intensificação dos incêndios e na perda da resiliência ecológica do bioma. Essa fundamentação oferece o suporte conceitual necessário para interpretar os resultados obtidos por meio da análise geoespacial, integrando dados empíricos e teóricos na compreensão da crise bioclimática que afeta a maior planície alagável do mundo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio da análise geoespacial e da revisão bibliográfica evidenciam que as queimadas no Pantanal, entre os anos de 2020 e 2025, têm provocado alterações significativas nos padrões térmicos e climáticos do bioma, configurando um processo de desequilíbrio ambiental persistente. A combinação entre os mapas de focos de calor e as ilhas de calor permitiu compreender como o fogo atua na modificação da temperatura superficial, na perda da cobertura vegetal e na intensificação das condições atmosféricas secas, contribuindo para o agravamento da crise bioclimática na região.

De modo geral, observou-se uma concentração espacial recorrente dos focos de calor em áreas centrais e norte do Pantanal, especialmente nos municípios de Poconé (MT), Corumbá e Porto Murtinho (MS). Essas zonas apresentam características topográficas e de uso do solo que favorecem a combustão e a reincidência do fogo, sendo também regiões de intensa atividade agropecuária. A sobreposição dos mapas entre os diferentes anos revelou que essas áreas



permanecem como núcleos críticos de incêndio, atuando como pontos de ignição recorrente e de formação de ilhas de calor.

Ano de 2020 – O marco da crise ambiental

MAPA DE FOCOS DE CALOR NO ANO DE 2020

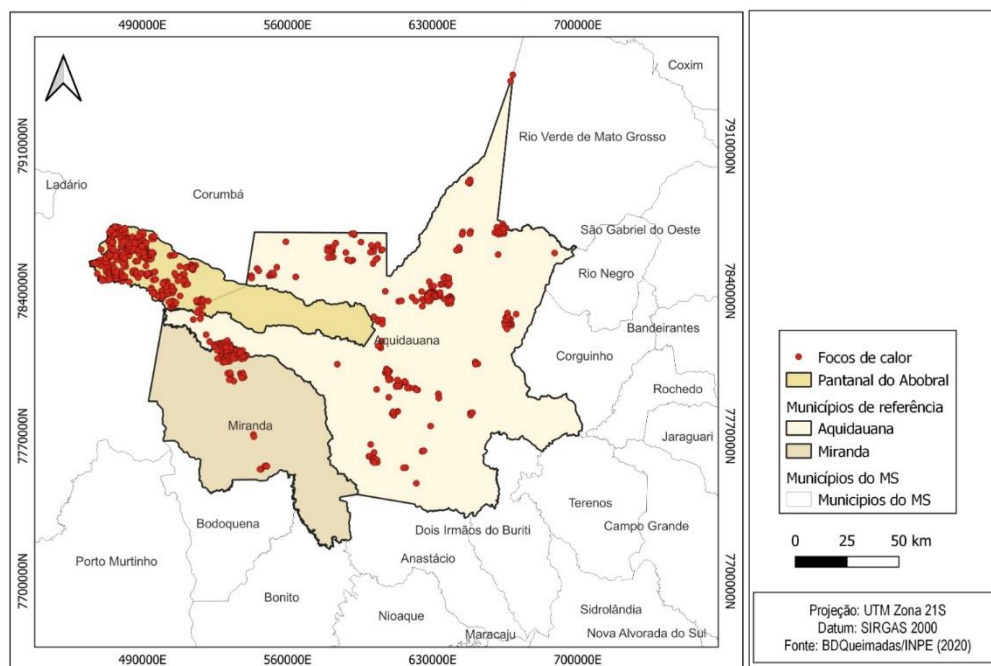


Imagem 1: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

MAPA DE ILHA CALOR NO ANO DE 2020

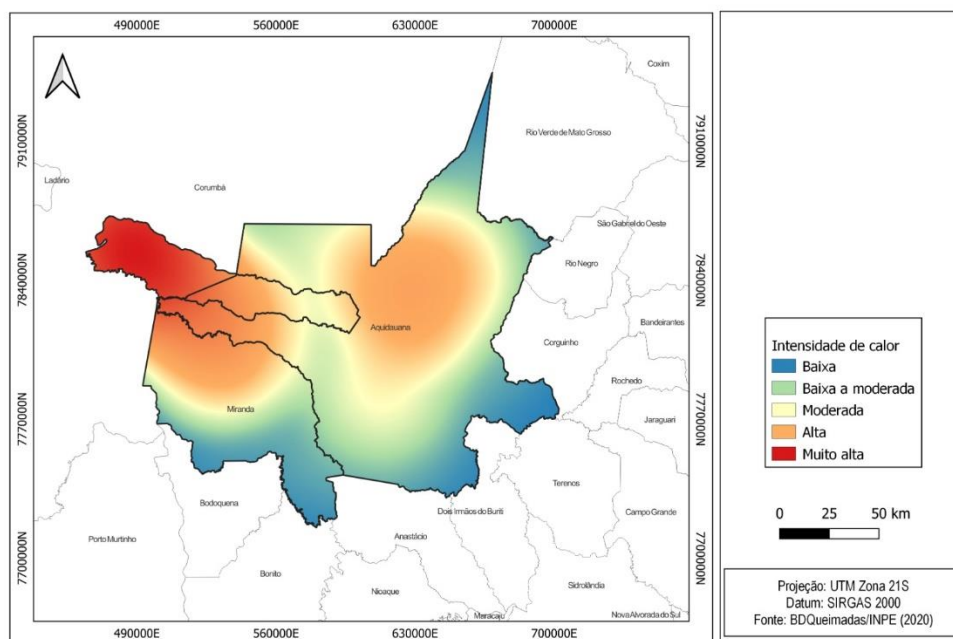


Imagem 2: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).



O ano de 2020 foi o mais severo de toda a série histórica analisada, apresentando uma concentração excepcional de focos de calor e elevação acentuada da temperatura superficial. As imagens de satélite registraram anomalias térmicas superiores a 5°C em diversas áreas, indicando a formação de extensas ilhas de calor associadas à destruição da cobertura vegetal. Os incêndios desse período ocorreram em um contexto de seca extrema e déficit hídrico, condições que potencializaram a propagação do fogo. A alta intensidade térmica observada nas imagens reflete não apenas o volume de material combustível disponível, mas também a ausência de mecanismos naturais de regulação hídrica e térmica, comprometendo o equilíbrio climático regional.

Ano de 2021 – Redução pontual e persistência térmica

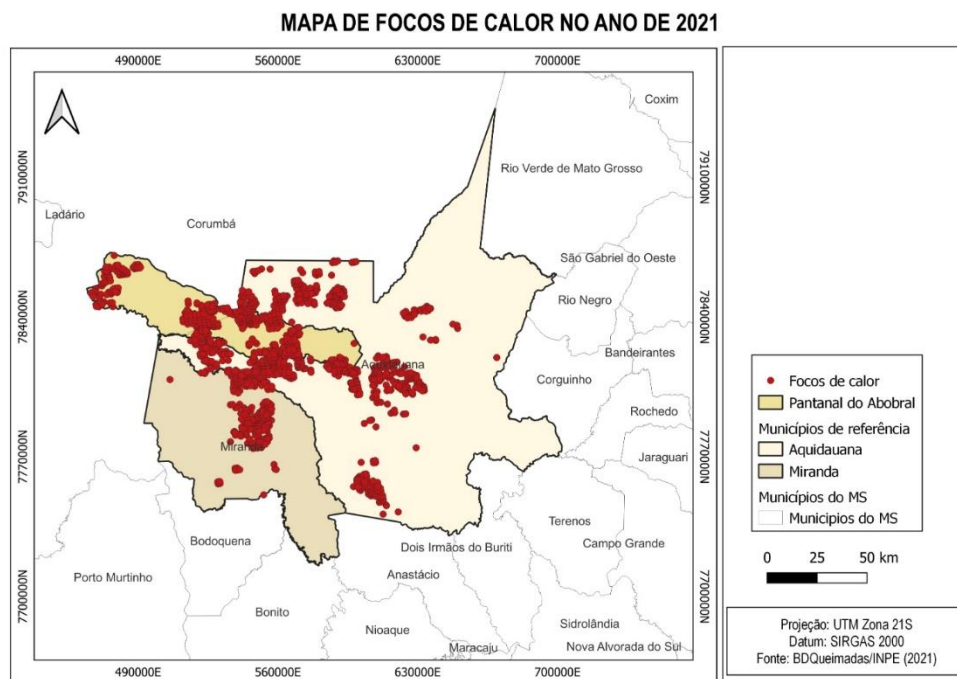


Imagem 3: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).



MAPA DE ILHA CALOR NO ANO DE 2021

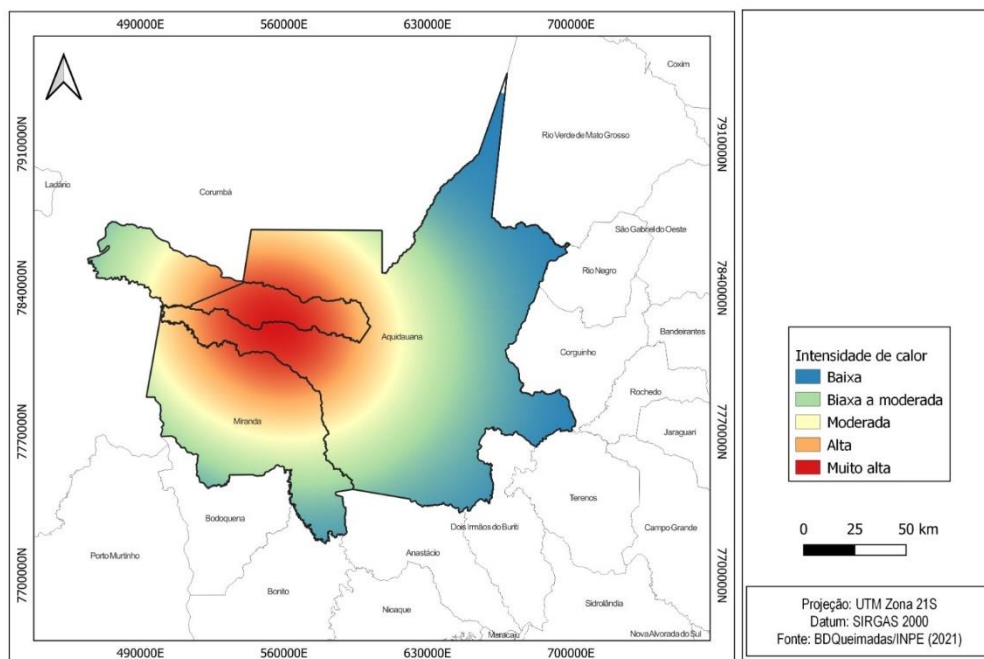


Imagem 4: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

Em 2021, os registros do INPE indicaram uma redução no número de focos de calor em relação ao ano anterior, resultado direto de políticas emergenciais de monitoramento e maior umidade no início do período seco. Entretanto, os mapas de temperatura revelaram a persistência de ilhas de calor em áreas que haviam sido fortemente afetadas em 2020, sugerindo dificuldades na regeneração vegetal e acúmulo de calor residual no solo. Essa condição reforça o efeito cumulativo dos incêndios sobre a dinâmica térmica local, mantendo um ambiente propício à reincidência do fogo nos anos seguintes.



Ano de 2022 – Recrudescimento do fogo e expansão das áreas críticas

MAPA DE FOCOS DE CALOR NO ANO DE 2022

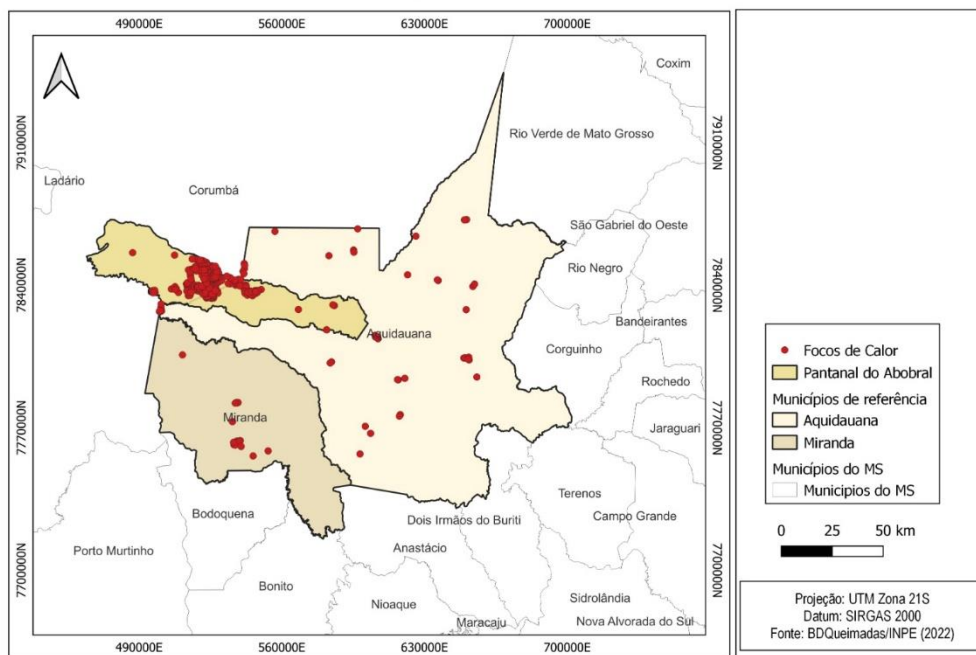


Imagem 5: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

MAPA DE ILHA CALOR NO ANO DE 2022

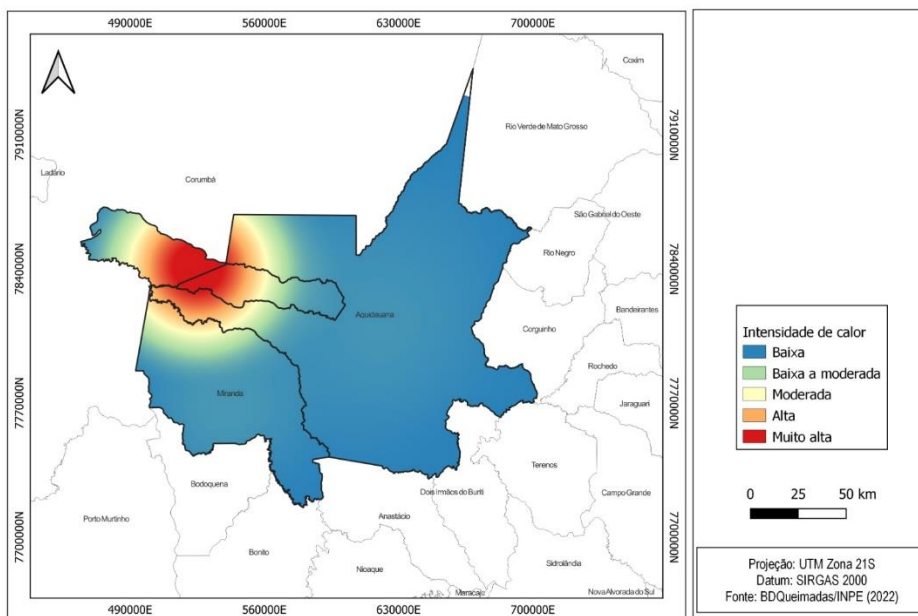


Imagem 6: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

O ano de 2022 apresentou um novo aumento nos focos de incêndio, especialmente nas bordas oeste e sudoeste do Pantanal. As imagens indicaram reacendimento em zonas anteriormente atingidas, o que demonstra a vulnerabilidade estrutural do bioma e a permanência

de condições favoráveis à combustão. A formação de ilhas de calor mais intensas nessa fase está relacionada ao acúmulo de matéria seca e à menor cobertura vegetal, intensificando o aquecimento local. Essa retroalimentação térmica evidencia a dificuldade de recuperação das áreas degradadas e a interdependência entre fatores climáticos e antrópicos.

Ano de 2023 – Intensificação térmica associada à estiagem

MAPA DE FOCOS DE CALOR NO ANO DE 2023

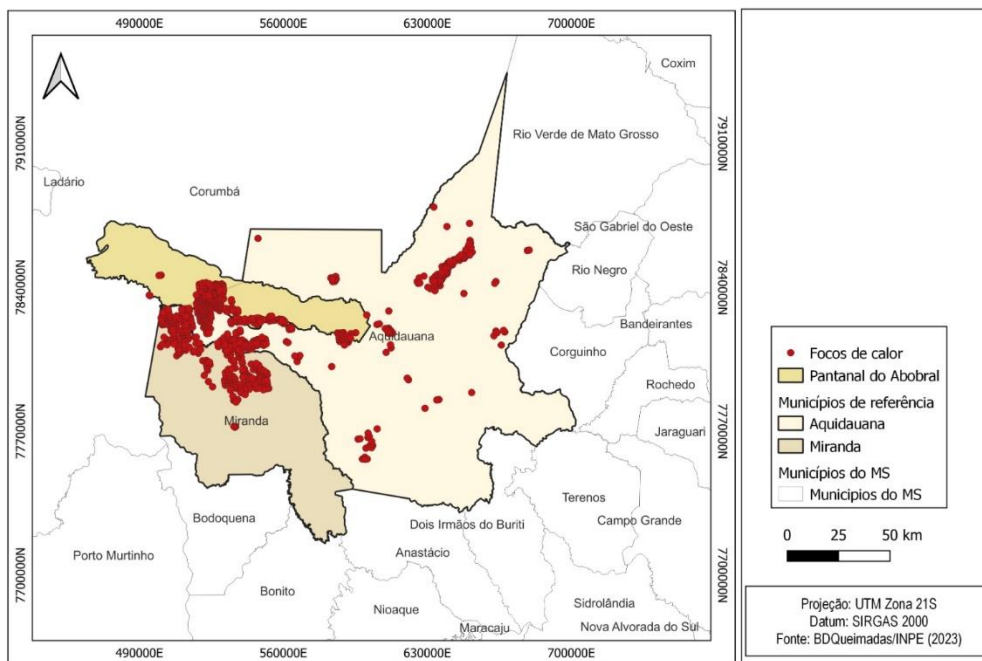


Imagem 7: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

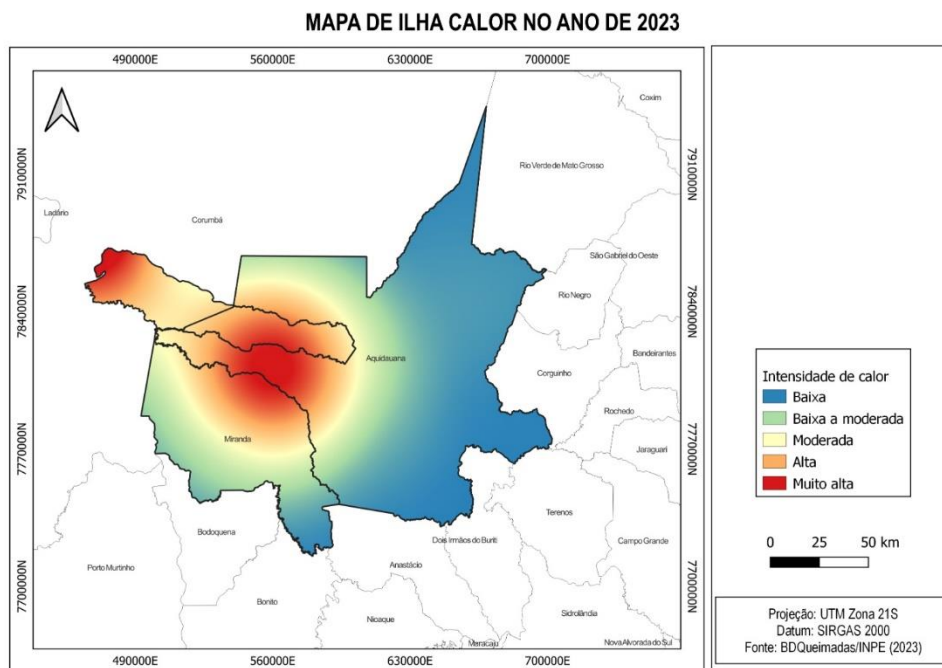


Imagem 8: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

Durante o ano de 2023, observou-se uma elevação da temperatura superficial média e um aumento na intensidade das ilhas de calor, mesmo com menor quantidade de focos em comparação a 2020 e 2022. Esse comportamento está associado à prolongada estiagem registrada na região centro-oeste, que reduziu a umidade do solo e ampliou as temperaturas diurnas. O contraste entre áreas queimadas e zonas úmidas preservadas torna-se nítido, com diferenciais térmicos que chegam a 4°C, evidenciando a influência direta da vegetação e da água na regulação do microclima local. As análises espaciais reforçam que as ilhas de calor se consolidam em áreas de uso agropecuário intenso, onde há maior supressão vegetal.



Ano de 2024 – Persistência dos focos e estabilidade do padrão espacial

MAPA DE FOCOS DE CALOR NO ANO DE 2024

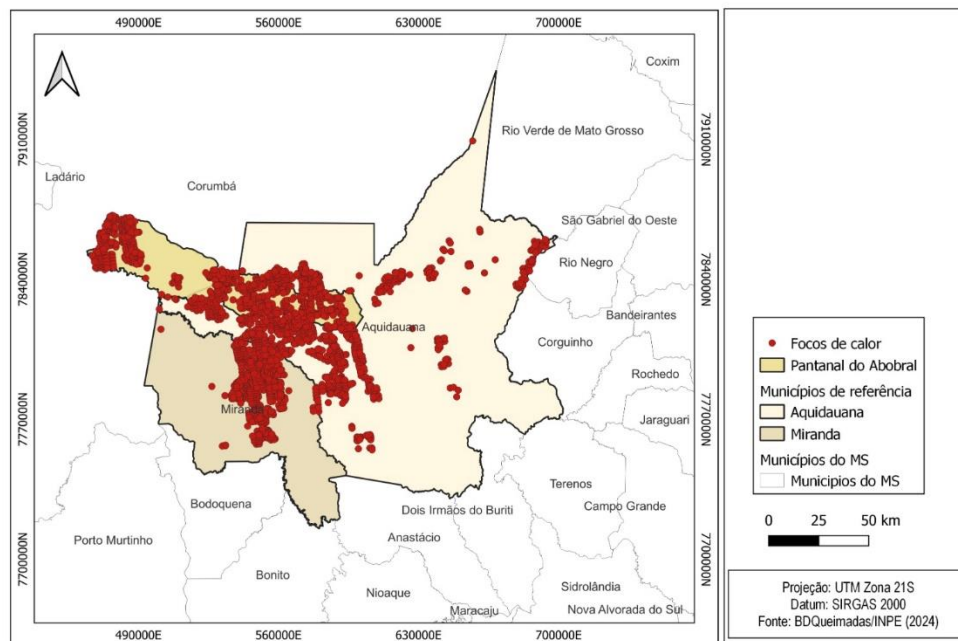


Imagem 9: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

MAPA DE ILHA CALOR NO ANO DE 2024

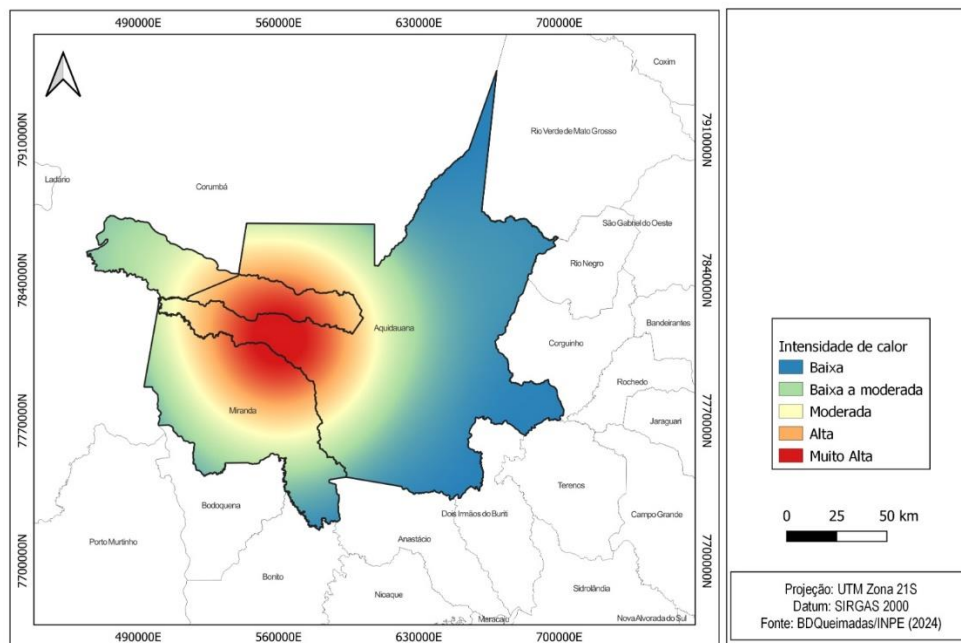


Imagem 10: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

Em 2024, manteve-se o padrão espacial de reincidência dos focos de calor, com destaque para as regiões norte e leste do bioma. Apesar de uma leve redução na área total queimada, a



análise térmica demonstrou continuidade das ilhas de calor em zonas já impactadas, o que sugere uma recuperação ecológica lenta e heterogênea. Essa persistência térmica é indicativa de que os impactos do fogo não se limitam ao momento da queima, mas se estendem por anos, alterando a estrutura do solo, a umidade e o equilíbrio térmico da superfície.

Ano de 2025 – Dados parciais até outubro

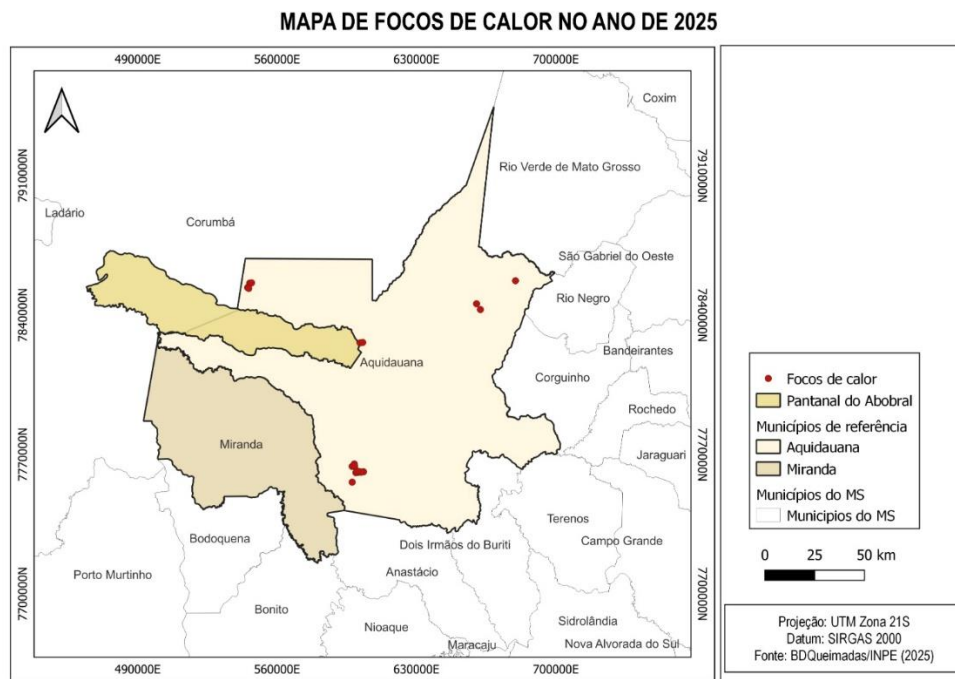


Imagem 11: Mapa de Focos de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

MAPA DE ILHA CALOR NO ANO DE 2025

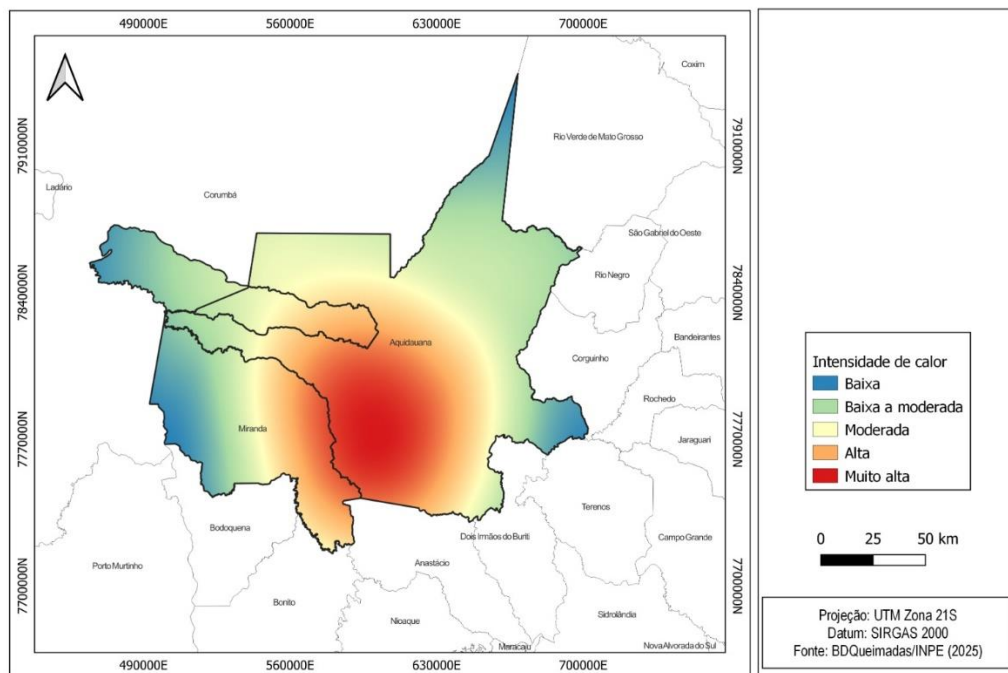


Imagem 12: Mapa de Ilhas de calor no Pantanal em 2020. **Fonte:** BIDQueimadas/INPE (2023).

A análise parcial do ano de 2025, com dados atualizados até o mês de outubro, revela uma tendência de redução no número de focos de calor em comparação aos anos anteriores, embora o valor ainda se mantenha acima da média histórica observada na década anterior. As ilhas de calor continuam concentradas nas mesmas áreas críticas identificadas em 2020 e 2022, demonstrando que a reincidência espacial dos incêndios permanece como um dos principais desafios à conservação do bioma. Esses resultados parciais indicam uma possível estabilização, mas também alertam para a necessidade de políticas permanentes de manejo e prevenção do fogo.

A análise integrada dos mapas e das variáveis ambientais evidencia que as queimadas no Pantanal têm produzido efeitos bioclimáticos de longa duração, que se manifestam no aumento da temperatura superficial, na redução da umidade, na alteração dos regimes de chuva e na degradação do solo. A formação de ilhas de calor reflete a fragmentação térmica do território e o enfraquecimento da capacidade natural do bioma de regular o microclima. Além disso, a reincidência dos focos de calor em áreas já degradadas aponta para um ciclo de retroalimentação negativa, no qual o fogo intensifica as condições climáticas que, por sua vez, favorecem novos episódios de incêndio.

Esses resultados confirmam que o Pantanal se encontra em um processo de transformação ambiental acelerada, impulsionado pela combinação entre pressões antrópicas e alterações



climáticas globais. A continuidade desse processo compromete não apenas a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos locais, mas também o equilíbrio climático regional, evidenciando a urgência de estratégias de mitigação, restauração e monitoramento contínuo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste estudo evidenciam que as queimadas no Pantanal configuram um processo de degradação ambiental e bioclimática contínua, marcado pela reincidência dos focos de calor e pela persistência das ilhas de calor nas mesmas áreas ao longo dos anos de 2020 a 2025. A análise espacial demonstrou que os incêndios ultrapassam o caráter pontual e episódico, assumindo uma dimensão estrutural, capaz de alterar de forma permanente o microclima, a dinâmica hidrológica e a capacidade de regeneração ecológica do bioma.

Os mapas de focos de calor e ilhas de calor, elaborados para o período de estudo, revelaram que as zonas mais afetadas em 2020 continuam apresentando anomalias térmicas persistentes até 2025, evidenciando o efeito cumulativo do fogo sobre a temperatura superficial e a cobertura vegetal. Essa constatação reforça a ideia de que os impactos das queimadas não se encerram com o fim do incêndio, mas se prolongam por anos, comprometendo a capacidade do solo de reter umidade, reduzir o albedo e equilibrar a troca de calor com a atmosfera. A consequência direta é a formação de ambientes progressivamente mais quentes e secos, propícios à recorrência do fogo e à intensificação das estiagens.

Do ponto de vista bioclimático, observou-se que o Pantanal vem passando por uma transição gradual em direção à savanização, caracterizada pela perda da vegetação nativa, pela redução da umidade relativa e pela alteração dos regimes pluviométricos. A combinação entre fatores climáticos — como o aumento das temperaturas médias e o prolongamento dos períodos secos — e práticas humanas inadequadas, como o uso do fogo para manejo de pastagens, tem acentuado a vulnerabilidade do bioma e comprometido sua função ecológica de regulação térmica e hídrica. Esses efeitos repercutem em escala regional, influenciando os sistemas climáticos do Centro-Oeste e da Bacia do Alto Paraguai, e contribuindo para a intensificação de eventos extremos, como secas e ondas de calor.

A pesquisa também destacou o papel do sensoriamento remoto e do geoprocessamento como instrumentos essenciais para o monitoramento contínuo do Pantanal. Os mapas produzidos permitem visualizar a espacialização dos impactos e identificar áreas prioritárias para ações de prevenção, restauração e manejo sustentável. A integração entre tecnologia e análise ambiental oferece um caminho promissor para a gestão territorial e climática baseada



em evidências, fortalecendo o planejamento ecológico e a formulação de políticas públicas mais eficientes.

Diante da magnitude dos danos observados, é urgente a implementação de estratégias permanentes de prevenção e controle do fogo, associadas a programas de restauração ecológica e de educação ambiental comunitária, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais. A recuperação das áreas degradadas exige ações coordenadas entre órgãos ambientais, instituições científicas e populações locais, com foco na restauração da cobertura vegetal e na retomada da funcionalidade ecológica do bioma.

Conclui-se, portanto, que o fogo no Pantanal deve ser compreendido não apenas como um agente destrutivo, mas como um indicador de desequilíbrio sistêmico — resultado da interação entre variabilidade climática e uso inadequado do território. A análise dos anos de 2020 a 2025 demonstra que, sem intervenções consistentes e contínuas, o bioma tende a enfrentar um processo de degradação irreversível, com perda de biodiversidade, aumento da aridez e comprometimento de sua capacidade natural de regulação climática. Assim, compreender os efeitos bioclimáticos das queimadas é condição indispensável para construir estratégias de adaptação e resiliência ambiental, capazes de assegurar a permanência do Pantanal como patrimônio ecológico e climático do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. R.; SILVA, J. S. V. Effects of severe floods and droughts on wildlife of the Pantanal wetland (Brazil) – A review. **Animals**, v. 2, n. 4, p. 591–610, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani2040591>.

ANDELA, N. et al. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2016). **Earth System Science Data**, v. 11, p. 529–552, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-11-529-2019>.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Brasília: INMET, 2024. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento das emissões de gases de efeito estufa e queimadas no Pantanal**. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br>. Acesso em: abril 2025.



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento de queimadas e incêndios florestais**. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 15 maio 2025.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Sixth Assessment Report: **Climate Change 2021** – The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MARENGO, J. A. et al. Extreme drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: Characterization, causes, and impacts. **Frontiers in Water**, v. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.639204>.

MARENGO, J. A. et al. **Os eventos de seca e fogo no Pantanal em 2020: causas, impactos e vulnerabilidades socioambientais**. Brasília: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), 2021. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/os-eventos-de-seca-e-fogo-no-pantanal-em-2020/>. Acesso em: abr. 2025.

MOURA, M. R. et al. Wildfires impact biodiversity in the world's largest tropical wetland. **Science**, v. 373, p. 110–111, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abj1423>.

NUNES, J. R. et al. Savanização do Pantanal: evidências e implicações ecológicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 120–137, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v30i0.87345>.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Impactos das queimadas sobre as propriedades físicas do solo no bioma Pantanal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 2243–2260, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2243-2260>.

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. O fogo no Pantanal em 2020: uma análise dos dados de satélite e implicações ambientais. **Boletim do Monitoramento Ambiental do Bioma Pantanal**, v. 2, n. 1, p. 5–18, 2021.

SOARES, M. A. et al. Efeitos da poluição atmosférica por queimadas no regime de chuvas do Pantanal. **Cadernos de Geografia**, v. 30, n. 60, p. 45–62, 2020.

TOMAS, W. M. et al. Impacts of fires on biodiversity in the Pantanal biome. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 170–175, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.09.004>