

FOGO E ATIVIDADES AGROPASTORIS: IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS QUEIMADAS EM MIRADOR – MA NO PERÍODO DE 2021 E 2022

Arlindo Lopes Vieira Neto¹

<https://orcid.org/0009-0002-1998-9931>

RESUMO

Este estudo aborda a importância em se compreender a integração entre aspectos históricos, socioculturais, ambientais e econômicos do uso do fogo. O Cerrado é um bioma que abrange grande parte do território brasileiro e tem enfrentado taxas de desmatamento alarmantes nos últimos anos, bem como problemas crescentes com incêndios. Para entender se existe uma relação entre o fogo e atividades antrópicas, foi escolhido o município de Mirador no sul do Maranhão como estudo de caso, onde ocorre o avanço da agricultura e possui o Parque Estadual do Mirador para conservação do bioma. O objetivo do trabalho foi avaliar se as áreas desmatadas ou destinadas a atividades agropastoris estão associadas as áreas com maior incidência de focos de calor. Para isso imagens de satélite e dados de detecção de focos de calor foram usados para identificar se o fogo é usado em atividades agropastoris. A partir desta identificação é possível aprimorar estratégias de conservação e manejo integrado do fogo (MIF). Os resultados revelaram uma correlação entre focos de calor e atividades agropastoris de até 98,48%, sugerindo a implementação do MIF. Essas conclusões destacam a importância do uso de tecnologias espaciais na análise e gestão ambiental para orientar políticas de conservação.

Palavras-chave: Cerrado; Desmatamento; Manejo integrado do fogo; Sensoriamento remoto; Incêndios florestais.

¹Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, Tecnólogo em geoprocessamento, especialista em Combate a Incêndios Florestais (UFG).

FIRES AND AGROPASTORAL ACTIVITIES: IDENTIFICATION OF BURNED AREAS IN MIRADOR - MA DURING THE PERIOD OF 2021 AND 2022

ABSTRACT

This study investigates the integration of historical, sociocultural, environmental, and economic factors in the use of fire, focusing on the Brazilian Cerrado, which is facing increasing deforestation and wildfire incidents. The municipality of Mirador in southern Maranhão was chosen as a case study due to agricultural expansion and the presence of the Mirador State Park. The objective was to assess the relationship between deforested areas or those designated for agricultural activities and the incidence of heat hotspots, utilizing satellite imagery and fire detection data. The results revealed a correlation of up to 98.48% between heat hotspots and agricultural activities, suggesting the need for implementing integrated fire management (IFM) and highlighting the importance of spatial technologies in environmental management and conservation policy formulation.

Keywords: Cerrado; Deforestation; Integrated fire management; Remote sensing; Wildfires.

Artigo Recebido em 03/04/2025

Aceito em 25/09/2025

Publicado em 03/10/2025

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais, com área total de 8.510.417,771 km² (IBGE, 2022a). Sua área é ocupada por uma biodiversidade muito rica e de acordo com Zanirato (2010).

Dentre os seis biomas continentais presentes no Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estão: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (IBGE, 2023b).

O Bioma Amazônia é o mais extenso do Brasil, ocupando 4.196.943 km² (49,3% do território nacional), seguido do Cerrado que ocupa uma área de 2.036.448 km², equivalente a 23,9%. A Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal, registram respectivamente 1.110.182 (13,0%), 844.453 (9,9%), 176.496 (2,1%) e 150.355 (1,8%) km² (IBGE, 2023b).

Segundo o MAPBIOMAS (2023), em 2022 o maior desmatamento detectado ocorreu no bioma Cerrado, atingindo 122,71 km² em um único alerta, sendo a média de desmatamento deste bioma em 2022 de 18,07 km² por dia, o equivalente a um desmatamento de 0,75 km² por hora. Dados estes que reafirmam a necessidade de conservação e uso de ferramentas otimizadoras no combate a qualquer degradação ambiental do bioma.

O Brasil é composto por vinte e seis estados e um Distrito Federal, dentre estes estados está o Maranhão com dimensão de 329.651,496 km² (IBGE, 2022b), área superior a diversos países, como a Itália (Alencar; Fusco, 2016). O Maranhão é ocupado por três biomas continentais, o Cerrado que cobre a maior parte do estado (65%), a Amazônia (34%) e a Caatinga (1%) (IBGE, 2022a). O Cerrado maranhense ocupa do trecho sul ao oriental do estado, com algumas manchas de Caatinga no trecho oriental. Com maior densidade demográfica nos municípios compreendidos pelo bioma Cerrado (IBGE, 2023a).

Dentre os municípios localizados no bioma Cerrado no Maranhão, está o de Mirador, com 8.522,351 km² de área (IBGE, 2022b). Este município possui em seu território, parte de uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral estadual conhecida como Parque Estadual do Mirador (PEM). Esta UC é a mais extensa em área do Cerrado maranhense, com 5012,04 km² (MMA, 2023).

No período de 2003 a 2019, o Cerrado teve 51% de toda sua área queimada no Brasil (Setzer; Ferreira, 2021). Mirador está inserido no bioma Cerrado e tem grandes problemas com incêndios. Segundo o (INPE, 2023a), através do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), o Maranhão registrou um incremento de desmatamento nos anos de 2021, 2022 e 2023 de 2.282,04, 2.833,95 e 2.927,52 km² respectivamente, sendo Mirador, responsável por 67,32, 58,51, e 137,35 km² respectivamente. O Cerrado a cada ano vem sofrendo uma pressão do desmatamento para práticas agropastoris ou silvícolas e aumentando as ocorrências de incêndios (Setzer; Ferreira, 2021).

O uso de tecnologias deve ser incentivado, estudado e difundido, para preservar a vida e as condições de existência de toda e qualquer espécie no nosso planeta, incluindo o ser humano. Com base nestas afirmativas, o objetivo deste trabalho é verificar se o uso de imagens de satélites Planet (Polícia Federal, 2023) e dados oriundos de detecção de focos de calor de domínio público, fornecidos na plataforma BDQueimadas(INPE, 2023b) de forma gratuita pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pode ser usado para identificar o uso do fogo em atividades agropastoris e suas consequências. Esta análise visa auxiliar o planejamento e execução de atividades de conservação, detecção, combate e perícia de incêndios florestais, recuperação de áreas queimadas, elaboração de plano e execução de manejo integrado do fogo (MIF) de áreas cobertas pelo bioma Cerrado. Os resultados obtidos com esta pesquisa visam fomentar o manejo de áreas naturais do

município de Mirador, desde o trabalho do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA) até o de gestores e brigadistas de unidades de conservação. Porém, não se trata de um modelo prescritivo de gestão focado no objeto de estudo, e espera-se que a metodologia aqui aplicada possa ser utilizada para outras áreas com situações semelhantes.

2 DESENVOLVIMENTO

Em seu trabalho, Coutinho (2006) cita Allen (1998), no qual classifica a fitofisionomia como sendo a primeira impressão causada pela vegetação e o bioma como uma área de ambiente uniforme, de acordo com a zona climática em que se encontra, atrelado a altitude e solo. Em especial, o Cerrado, por ser uma savana tropical, pode ser considerado um pirobioma, quando se considera o fogo natural e se relaciona o fogo como parte essencial para a formação e desenvolvimento das fitofisionomias que necessitam do fogo para se manterem. As savanas tropicais são constituídas por um complexo de fitofisionomias, representando um gradiente de ecossistemas ecologicamente relacionados, razão suficiente para considerar este complexo como uma unidade biológica (Coutinho, 2006).

A vegetação lenhosa do Cerrado, é caracterizada por árvores com ramificações retorcidas e trançadas, casca grossa e com profundas estrias e alta frequência de reprodução, características estas influenciadas pela nutrição do solo e alta frequência das queimadas. Queimas que já ocorriam por causas naturais, como raios, se tornaram mais frequentes com a presença de ameríndios (índios nas Américas), que faziam uso do fogo para suas atividades e sobrevivência (Anthony; Posey, 1985).

2.1 Origem do homem e suas relações com o meio ambiente

A origem da humanidade vem sendo estudada por diversas áreas do conhecimento, sendo que o surgimento dos primeiros vestígios humanos na África oriental foi há aproximadamente 2,8 milhões de anos (Ribeiro *et al.*, 2018).

Registros apontam que a origem dos ameríndios é de descendência de populações da Ásia setentrional (Weimer, 2014), e que sua migração se iniciou na última glaciação, através do acesso às Américas pelo estreito de Bering (IBGE, 2007). Toda a América já se encontrava ocupada pelos ameríndios há 42.500 anos (Weimer, 2014).

Os índios brasileiros sempre viveram em harmonia com o meio ambiente. No período em que os navegantes europeus chegaram ao Brasil, seus hábitos se baseavam na caça, pesca, coleta e agricultura rudimentar, com a utilização de lenha de forma sustentável, sem o uso de combustíveis fósseis (Cavalcanti *et al.*, 1994). A experiência de convivência com o meio ambiente sem destruição, era repassada oralmente pelos mais experientes. Estima-se que neste período cerca de 5. milhões de indivíduos viviam no Brasil (Nicacio *et al.*, 2019). O escrivão da frota, Pero Vaz de Caminha, relatou ao rei de Portugal como era a terra em que chegaram e os seus habitantes, descrevendo a terra com uma beleza luxuriante e com uma vegetação rica e diversificada, com muitas árvores grandes, e seus nativos saudáveis, limpos e formosos, e que não pediam por comida ou ouro (Cavalcanti *et al.*, 1994).

2.2 Introdução da agricultura

O ser humano, não nasce adaptado a todos os habitats do mundo, mas devido a sua capacidade de aprender, consegue se adaptar, isto é o que o diferencia da maioria dos outros animais. A construção de utensílios, armas e

ferramentas lhe propicia a capacidade de resistir e permanecer instalado em um local com temperaturas baixas, por exemplo, adaptando-se ao frio, mesmo sua pele sendo fina. Para isso, retira a pele de outros animais para se proteger, usa a biomassa de plantas e constrói ferramentas.

A agricultura é um sistema muito antigo, que foi gerado a partir da capacidade de aprender do ser humano, atrelado à observação. Ao observar que grãos poderiam ser semeados, o homem passou a praticar a agricultura há 10 mil anos, na Cisjordânia (Pinsky, 1994). Vestígios do neolítico com a presença da pedra polida mostram que a agricultura trouxe oferta de alimento e possibilitou o sedentarismo das populações, formando os primeiros povoados fixos. Não se tem um período exato, pois a agricultura surgiu antes da escrita (Roos, 2012) mas estudos apontam que surgiu em épocas diferentes em cada continente, por exemplo, na Índia há 8 mil anos, na China há 7 mil anos, na Europa há 6.500 anos, na África Tropical há 5 mil anos e nas Américas há 4.500 anos (Pinsky, 1994), sendo que em cada região, eram cultivados produtos diferentes e adaptados ao local instalado.

2.3 A origem e importância do fogo para o homem

Se evidencia o domínio do fogo pelo homem há mais de 300 mil anos (Moreira, 2010). A possibilidade de manipulação do fogo pelo homem foi tão marcante que está diretamente atrelada ao desenvolvimento da humanidade, e até hoje se faz necessária e fundamental. No passado e até hoje, o domínio do fogo trouxe proteção contra animais selvagens e do frio, ajudando também na caçada e preparo de alimentos (Lázaro *et al.*, 2023).

Lázaro *et al.*, (2023) descreve que o ser humano passou por adaptações anatômicas e conseguiu se deslocar e ocupar diversos lugares do planeta, devido à alimentação preparada com o uso do fogo, sendo necessária menor quantidade de alimentos para se adquirir maiores quantidades de nutrientes.

O uso do fogo de forma assertiva era feito por meio de queimas controladas realizadas por diferentes povos originários, como os das savanas australianas e do Cerrado, demonstrando diversos benefícios na adaptação humana a estes biomas (Moura *et al.*, 2019).

Há muito tempo, as queimas reduzem o combustível disponível e trazem proteção contra incêndios, favorecem a reprodução, dispersão e forrageamento de algumas espécies, e têm como principal objetivo trazer proteção às moradias e fontes de recursos naturais, como aqueles vindos de florestas e fontes de água, e benefícios socioeconômicos, como agricultura e criação de animais (Moura, 2018).

2.4 Ameríndios e o uso do fogo na agricultura

O uso do fogo de forma indiscriminada na preparação do terreno para agricultura, segundo Leonel (2000) é atribuída de forma equivocada aos povos indígenas. Desta forma, os ameríndios não devem ser acusados de destruição dos biomas, já que 20,66% do território amazônico é área de indígenas, onde se observa a maior conservação. Nos últimos 500 anos se destruiu 93% da Mata Atlântica e 14% da Amazônia (Leonel, 2000), fruto de uma cultura exploratória dos europeus no Brasil.

Os ameríndios utilizam há muito tempo o fogo como instrumento de otimização dos terrenos para a agricultura, principalmente nas savanas e nos campos, mas também em ambientes sensíveis ao fogo como em florestas. Essa prática é realizada por lideranças com uma gama de experiência de antepassados, preparando pequenas áreas com antecedência e protegendo suas riquezas naturais (Welch *et al.*, 2013).

O uso do fogo por povos como os Kayapó (Hecht, 2009), Xavantes (Melo; Saito, 2011; Welch; Coimbra Jr., 2021), Uacuenai, Ava-Guarani e Tupi, demonstram o domínio sobre o uso controlado do fogo, sendo realizadas

queimas em cooperativismo, de pequenas áreas e em períodos climáticos favoráveis (Leonel, 2000). Assim, o fogo é de baixa intensidade (sem alterar muito a microbiologia do solo) e de fácil controle por seu deslocamento ser mais lento devido à umidade relativa do ar e da vegetação serem maiores (Moura *et al.*, 2019). Esta prática está atrelada à policultura, pois envolve diferentes recursos e é integrada com a natureza, demonstrando que o fogo pode ser usado como ferramenta para otimização e não destruição (Leonel, 2000).

O uso do fogo descontrolado causador da maior parte dos incêndios no Brasil se deu especialmente pelo homem branco, a partir da introdução das grandes monoculturas após a colonização. Os europeus utilizavam o fogo e incentivaram o seu uso para limpar as áreas para o cultivo da cana de açúcar, café, algodão e mais recentemente a soja (Leonel, 2000), por ser a forma mais acessível de manejar a terra. Assim, as queimas controladas foram introduzidas inclusive na Amazônia e o seu uso foi estimulado aos imigrantes japoneses, mesmo não sendo parte da cultura japonesa (Alves *et al.*, 2020).

2.5 Os incêndios florestais no Brasil e suas causas

Incêndio florestal é conceituado como fogo descontrolado em qualquer tipo de vegetação, e não apenas em florestas (ABNT, 2021; FERREIRA *et al.*, 2020; IBAMA, 2017; ICMBIO, 2010; Lorenzo *et al.*, 2018).

No Brasil, existem vestígios de incêndios florestais a milhões de anos, inclusive com relatos de incidentes de causas naturais na região do rio Negro (Hecht, 1989; Morán, 1990; Leonel, 2000) e na região central do Cerrado (Salgado-Labouriau *et al.*, 1994). Grandes catástrofes devido a secas prolongadas há 2000 anos a.C., levaram a extensos incêndios naturais, ampliando as áreas de savana e causando a migração dos ameríndios para o

sul do Brasil e bacia do rio da Prata, em busca de novas áreas propícias às suas instalações (Leonel, 2000), exemplificada pelo povo Guarani.

O Cerrado é um bioma que a milhões de anos é queimado pelo fogo de origem natural, porém a ação antropogênica vem alterando a sua vegetação e o regime do fogo, degradando os ecossistemas e substituindo sua cobertura vegetal por áreas destinadas a agricultura e pasto nos últimos 20 anos, com destaque para a região do MATOPIBA, que compreende Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Setzer; Ferreira, 2021).

Entre os anos de 1994 e 1997, por meio de coletas de diversos órgãos do Brasil, (Soares; Santos, 2002) identificou que 98,7% dos incêndios ocorridos no Brasil foram de origem antrópica. Em outra análise de registros de incêndios florestais no Brasil entre os anos de 1998 e 2002, Santos, Soares e Batista (2006) observaram que das causas de incêndios florestais, 98,44% foram antrópicas.

Libonati *et al.* (2023), ao analisar causas de incêndios florestais no período compreendido entre 2012 e 2017 (6 anos), observou, que no Pantanal, apenas 5% dos incêndios florestais são causados por descargas atmosféricas.

No Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, localizado no estado de Goiás, entre 1992 e 2003, de todos os incêndios florestais registrados, cujas causas foram identificadas, 85% foram causados por fatores antrópicos (Fiedler; Merlo; Medeiros, 2006).

Segundo (Setzer; Ferreira, 2021), o maior causador de incêndios florestais é o ser humano, principalmente no sul da Amazônia, Centro Oeste do Brasil e nas áreas de transição entre Cerrado e a floresta tropical. Estes incêndios ocorrem mais durante a estação seca ou períodos de estiagem prolongada, em áreas previamente desflorestadas. As causas originais mais comuns destes incêndios é o uso do fogo para a finalidade de renovação de pastagens, queima de resíduos e eliminação de pragas e doenças.

2.6 Política de fogo zero e unidades de conservação de proteção integral

A política de fogo zero está relacionada com o início das legislações ambientais no Brasil, com promulgação do Regimento do Pau Brasil de 12 de dezembro de 1605 (Meira, 2008), que buscava a proteção do Pau Brasil, devido sua importância econômica, mediante várias proibições, incluído o uso do fogo. Deste período até hoje, a legislação vem trazendo a proibição geral do uso do fogo, sem buscar identificar as necessidades ecológicas, sociais, culturais e econômicas do fogo para os diferentes biomas (Moura *et al.*, 2019).

O Brasil criou suas unidades de conservação com base na conjuntura ambiental mundial. Em 30 de junho de 1864, o presidente dos Estados Unidos, Abrahan Lincoln, decretou a criação da primeira unidade de conservação do mundo, o Parque Nacional de Yellowstone (“Yellowstone National Park”), definido como área de preservação permanente (Tozzo; Marchi, 2014). O principal intuito era o de proteger o meio ambiente para gerações futuras. Em seguida, diversos países criaram unidades de conservação permanentes com base no Parque Nacional de Yellowstone. Em 1937 a primeira unidade de conservação do Brasil foi criada, o Parque Nacional de Itatiaia (Tozzo; Marchi, 2014).

A aplicação do manejo integrado do fogo (MIF), ainda é desconhecida pela grande maioria dos gestores estaduais e municipais de unidades de conservação (UC), desde 2014 vem sendo mais divulgado e estudado. O MIF na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, é protagonista na erradicação de grandes incêndios florestais no período de 2013 a 2018 (Borges; Costa; Barradas, 2019). As queimas prescritas, uma das atividades mais inovadoras dentro da abordagem do MIF, quando usadas com planejamento, podem se tornar uma ferramenta para diminuir a emissão de gases que aceleram o efeito estufa, aumentar a proteção de ecossistemas sensíveis ao fogo, aumentar a reprodução animal e vegetal, dentre outros fatores (Myers, 2006). Todos estes

resultados têm sido observados com as práticas tradicionais de diferentes povos no mundo (Schmidt *et al.*, 2016).

Entendendo que o fogo é importante na evolução e diversificação dos ecossistemas e da biodiversidade, (Libonati *et al.*, 2023) descreve que “Os incêndios florestais constituem uma parte importante do sistema global terrestre e seus ecossistemas, desempenhando um papel crucial na distribuição da vegetação e biodiversidade”. Desta forma, o Senado Federal debate a criação da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, através do Projeto de Lei nº 1.818 do ano de 2022 (Brasil, 2022a), que viabiliza a aplicação do MIF em todo o território brasileiro com a finalidade de conservação de ecossistemas dependentes e adaptados ao fogo e daqueles sensíveis, como as florestas. O mencionado Projeto de Lei já foi aprovado pela Câmara Federal.

2.7 Uso do sensoriamento remoto na detecção e análise de incêndios florestais.

O sensoriamento remoto, refere-se à obtenção de dados, sem o contato direto com o objeto (Braz, 2020), podendo gerar diversos produtos após a manipulação destes dados.

O primeiro produto de sensoriamento remoto foi apresentado em 1826 por Joseph Nicéphore Niépce, ao mostrar uma fotografia (Braz, 2020). Após esta apresentação, diversas evoluções ocorreram até que se conseguisse utilizar a fotografia aérea, na qual as primeiras plataformas aéreas de sensoriamento remoto eram pombos e pipas. Em 1858, o levantamento aéreo foi patenteado por Gaspard Félix Tournachon, utilizando-se fotografias, na qual a plataforma aérea era um balão cativo (Braz, 2020). A evolução no sensoriamento remoto continuou, e fotografias aéreas passaram a ser feitas por aeronaves, com o primeiro registro em 1908, que teve amplo uso para mapeamento na Primeira Guerra Mundial. Em 1930, se obteve fotografias

coloridas e um avanço na qualidade das imagens, também foi desenvolvido o sensor infravermelho, Radio Detection and Ranging (RADAR) e técnicas de fotointerpretação.

O surgimento das plataformas orbitais se deu em 1957, com o lançamento do primeiro satélite artificial pela União Soviética, o Sputnik 1 (Simone, 2021). O primeiro sistema orbital de sensoriamento remoto, não tripulado, foi o Television Infrared Observation Satellite (TIROS-1), lançado pelos Estados Unidos em 1960 para aplicações meteorológicas, que fez a transmissão televisada da primeira imagem da terra vista do espaço (Braz, 2020).

A partir de 1970, foi lançado um novo ciclo de satélites, os satélites multiespectrais, através do programa Land Remote Sensing Satellite (Landsat).

2.7.1 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e seus produtos inovadores

O INPE iniciou seus primeiros passos com dois alunos do ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), que em 1958 conseguiram captar sinais de dois satélites americanos. Fazendo com que o presidente Jânio Quadros criasse o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais em 1960 (INPE, 2021).

O Brasil se tornou o terceiro país do mundo a ter uma estação para receber imagens de satélites, iniciando os trabalhos em 1973. E o INPE foi fundamental na consolidação do sensoriamento remoto no Brasil, tornando a nação pioneira no hemisfério sul no desenvolvimento de metodologias de interpretação e processamento de imagens digitais e disseminação do uso de imagens. Atualmente o Brasil é um dos maiores consumidores de imagens de satélite do mundo (Braz, 2020).

O Sistema de detecção de focos de calor, segundo Setzer e Ferreira (2021) e Setzer e Yoshida (2017), teve início em meados de 1985 e tem evoluído constantemente, fazendo com que em 1998 o sistema ficasse pronto para o uso de toda a comunidade. O INPE foi o criador de todo um sistema operacional de queimadas, conhecido mundialmente e usado por diversos países.

Os dados e produtos do INPE são disponibilizados gratuitamente, sendo que estes produtos contêm inovações tecnológicas integradas, ainda não encontradas em nenhum lugar do mundo (Setzer; Ferreira, 2021), como coordenadas geográficas dos focos, risco meteorológico de fogo, mapeamento de áreas queimadas etc. Todos os dados ficam disponíveis em sua plataforma para acesso, inclusive de órgãos ambientais, tendo destaque especial a observação de focos de calor em áreas de difícil acesso.

Um foco de calor, não necessariamente é um incêndio, (Fiedler; Merlo; Medeiros, 2006). O sensoriamento remoto trabalha com a energia emitida da Terra e que é captada pelos sensores instalados nos satélites. O sensor capta a energia emitida no comprimento de onda óptica do infravermelho termal em uma área denominada de pixel (Setzer; Ferreira, 2021), podendo ser uma fonte de calor dentro do pixel ou várias fontes de calor dentro do mesmo pixel, quantidade de energia descrita pela unidade de medida FRP (Fire Radiative Power).

O INPE utiliza dados dos satélites polares que têm uma resolução temporal mínima de 12 horas e os geoestacionários, de 10 minutos. As recepções das imagens são feitas atualmente nas estações de Cachoeira Paulista - SP e de Cuiabá - MT, são processadas e liberadas para consulta pública.

Os sensores dos satélites apresentam uma resolução espacial, ou seja, o tamanho da menor área que conseguem analisar, o "pixel" (do inglês, derivado de picture element).

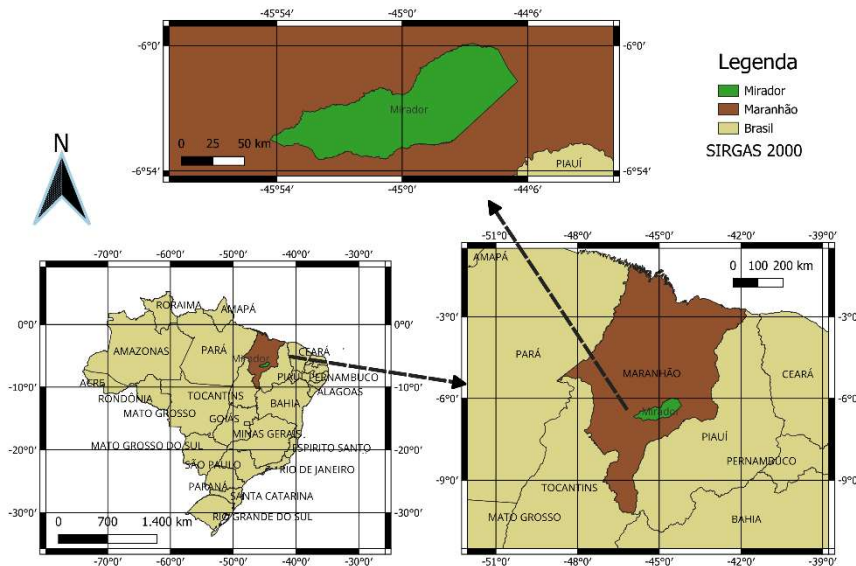
No monitoramento de focos de calor, de acordo com Setzer; Yoshida (2017), esta área do pixel varia de mais de 4 km² (2 km x 2 km) para os satélites geoestacionários como o GOES 16 (Geostationary Operational Environmental Satellite), 1 km² (1 km x 1 km) nos sensores dos antigos satélites polares, à exemplo do AQUA, e a 0,1406 km² (375 m x 375 m) nos novos sensores satélites S-NPP (Suomi National Polar-Orbiting Partnership). Desta forma, qualquer detecção fica registrada como um ponto no centro do pixel, podendo o foco estar acontecendo em qualquer ponto dentro daquele pixel. Se o evento de fogo na vegetação for muito extenso, ele pode ser detectado em vários pixels, mostrando vários pontos vizinhos. Às detecções de focos de calor através de sensoriamento remoto também apresentam detalhes, que impedem ou interferem na detecção, como: frentes de fogo menores levam a menor capacidade de detecção do sensor do INPE, de 30 m; fogo superficial embaixo de copa de árvores densas, sem que afete as copas; cobertura por nuvens (exceto de fumaça); queimas de pequena duração ou que ocorreram nos intervalos de revisita; queimadas que não podem ser visualizadas por satélites por estarem na face oposta de montanhas (Setzer; Yoshida, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

Para este estudo, foi escolhido o município de Mirador (figura 1) por conter em seu território uma unidade de conservação com base nos dados disponibilizados no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (MMA, 2023). A área selecionada para estudo tem 8.522,351 km² (IBGE, 2022b), destes 4.383,434 km² são do Parque Estadual do Mirador, o equivalente a 51,43% do território municipal evidenciado na figura 2.

Figura 1 - Mapa de localização

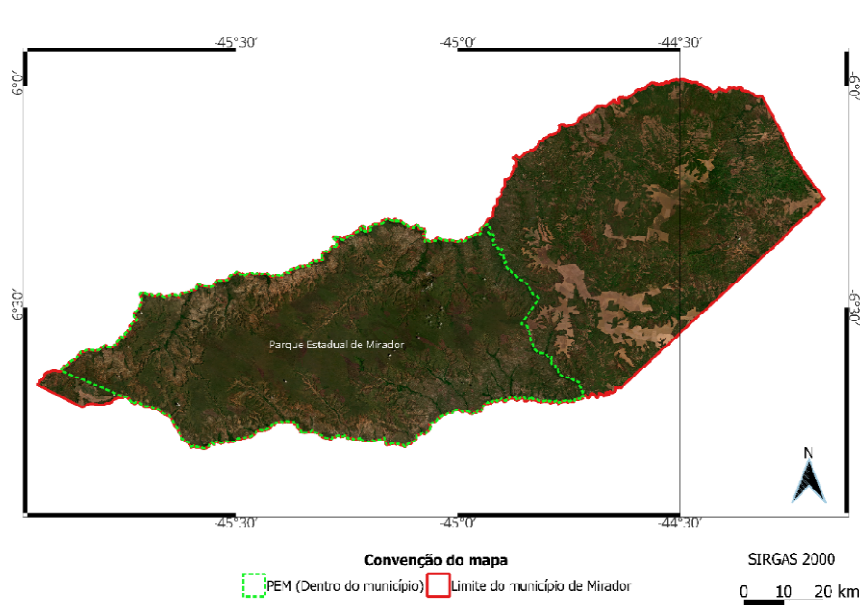


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE (2024)

3.2 Obtenção de dados

Foi escolhido um recorte temporal em que os dados eram abundantes e de qualidade. Assim os focos de calor analisados consideram as imagens de satélites referentes aos anos de 2020 a 2023 e as análises dos incrementos de desmatamento foram considerados do período de 2021 a 2023.

Figura 2 - Imagem do município de Mirador - MA



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE, MMA e Planet (2024)

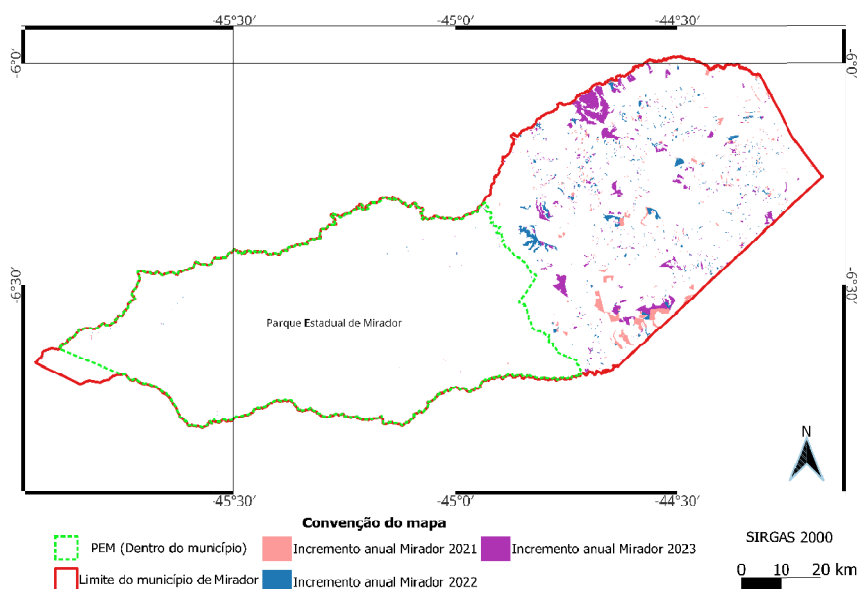
Os dados de focos de calor dos anos de 2021 e 2022 foram obtidos a partir da plataforma gratuita do INPE, denominada BDQueimadas (INPE, 2023b), utilizando em cada ano dados de sensores dispostos em três satélites. O primeiro utilizado foi o satélite GOES 16, o segundo foi o satélite AQUA, que foi construído com a parceria do Brasil e Japão, sendo utilizada apenas a revisita da tarde, que é o mesmo utilizado pelo INPE como satélite de referência, pois sua revisita por volta das 13:30 no horário de Brasília eo terceiro foi o NPP– 375, com sensor que detecta aproximadamente 10 vezes mais focos que o sensor do AQUA e que será o satélite de referência para o INPE após finalizada a operação com o AQUA (Setzer; Ferreira, 2021).

As imagens dos anos de 2020 a 2023 foram obtidas da plataforma Brasil Mais do Ministério da Justiça, adquiridas através do contrato 18/2020 (BRASIL, 2022b) e disponibilizado aos órgãos de segurança pública estaduais conveniados, imagens diárias com resolução espacial de até 3 m. Este dado é

obtido através da constelação de satélites Dove, administrados pela Planet Scope, com resolução temporal de 1 dia.

Na análise de desmatamento foram utilizadas as áreas de detecção de desmatamento do PRODES nos anos de 2021 a 2023, disponibilizadas de forma gratuita pelo INPE em seu site e recortadas para o município de Mirador (figura3).

Figura3 - Incremento de desmatamento de 2021 a 2023 no município de Mirador – MA



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do PRODES (2024)

3.4. Análise dos dados:

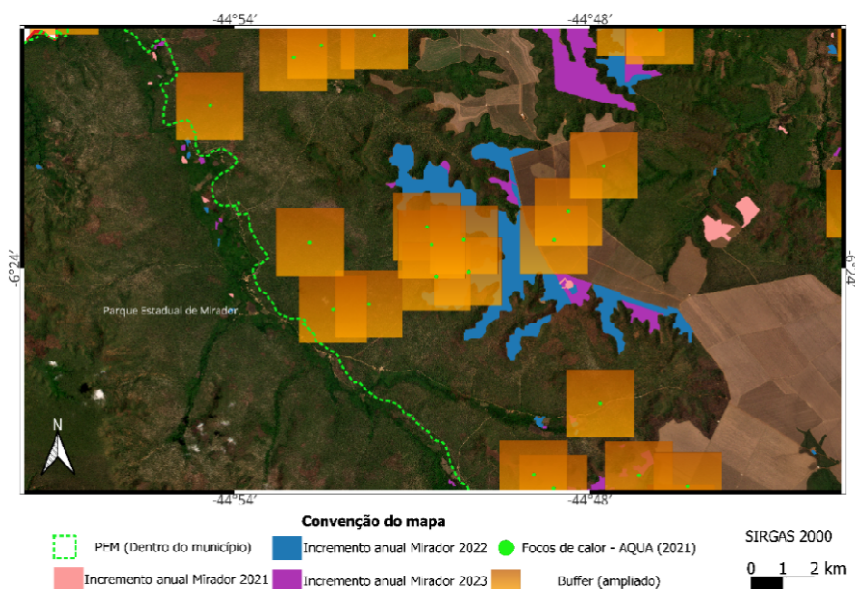
Para simular a área onde possivelmente o foco de calor foi gerado foi usada uma área circundante quadrada (*buffer*) em volta dos focos de calor registrados (figura4).

Em um primeiro momento a projeção teve como base a resolução espacial do sensor e a resolução temporal de cada satélite. O *buffer* dos satélites em órbita polar, com revisita de aproximadamente 24 horas, foi

ampliado em 2 a 3 vezes em relação à resolução espacial informada pelo administrador do satélite. A projeção de área nas imagens dos satélites GOES - 16 e AQUA foi de 2km x 2km e no NPP-375 de 1km x 1km. Assim, foi possível encontrar conexão entre os focos e possível origem da fonte de calor, que pode ter iniciado 24 horas antes do registro.

Em um segundo momento, foi projetada uma área *buffer* idêntica ao pixel informado pelo administrador do satélite, para detectar onde estava a fonte de calor no horário do registro.

Figura 4 - Mapa com destaque para *buffer* com tamanho ampliado sobre os focos de calor que se sobrepõem as áreas antropizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do BDQueimadas, PRODES e Planet (2024).

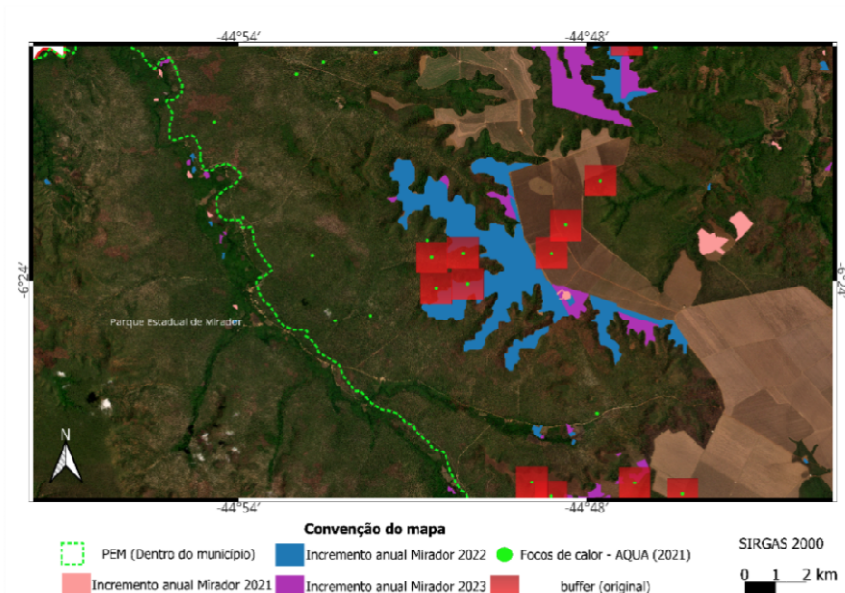
Assim, foi feito um cruzamento de dados de focos de calor, desmatamento e imagens de sensores orbitais, na qual as imagens foram analisadas, levando em consideração a forma e o tamanho da geometria (STEFFEN, 2016). As áreas manipuladas pelo homem tendem a ter um padrão de fácil visualização por imagens de satélite, por possuírem geometria bem definida (formas e linhas retas) e padrões de cores característicos. Quase todas as linhas retas são indicativas de presença antrópica, pois os padrões e

formatos naturais raramente são simétricos (Diesel, 2021a), e destacando que a “agricultura apresenta vegetação arbustiva organizada linearmente, em meio ao solo exposto” (Diesel, 2021b).

Na primeira análise com o *buffer* ampliado (quadrado laranja apresentado na figura 4), foram somados os focos de calor cujos *buffer* tinham conexão entre si e que se sobrepunham as áreas antropizadas (com atividade agropastoril, desmatamento ou ocupação). Com esta ampliação, as áreas dos *buffers* de cada foco de calor se conectam e possibilitam visualizar o avanço da queimada para as áreas adjacentes.

Na segunda análise com o tamanho do *buffer* original (quadrado vermelho apresentado na figura 5), foram contabilizados apenas os focos de calor em que alguma parte da área do *buffer* estava sobre áreas de desmatamento do PRODES e/ou de áreas fotointerpretadas como antropizadas para atividades agropastoris, independente da sua interligação com outro *buffer*.

Figura 5 - Mapa com destaque para *buffer* com tamanho original sobre os focos de calor que coincidem com as áreas antropizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do BDQueimadas, PRODES e Planet (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados do INPE (2023), se obteve o quantitativo de focos de calor detectados pelos satélites selecionados no ano de 2021, conforme tabela 1 e no ano de 2022, conforme tabela 2.

Tabela 1 - Focos de calor no Cerrado em 2021.

Satélite	Brasil	Maranhão	Mirador (% de focos do MA)
Aqua (tarde)	62.728	12.240	907 (7,41)
Goes - 16	410.578	82.697	3.756 (4,54)
Npp - 375 (tarde)	342.227	62.535	4.714 (7,54)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Bdqueimadas (2023).

Tabela 2 - Focos de calor no Cerrado em 2022.

Satélite	Brasil	Maranhão	Mirador (% de focos do MA)
Aqua (tarde)	56.885	15.438	1.053 (6,82)
Goes - 16	440.419	121.622	8.008 (6,58)
Npp - 375 (tarde)	274.997	68.704	4.081 (5,94)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Bdqueimadas (2023).

Nos anos de 2021 e 2022, o município de Mirador - MA, se destacou no cenário nacional, devido a seu quantitativo de registros de focos de calor, com média superior a6% dos focos de calor de toda a área de Cerrado do Estado.

Em relação ao desmatamento, o Cerrado maranhense registrou mais de 8.000 km² desmatados em 3 anos, e destacado que Mirador foi responsável por 4,7% deste desmatamento em 2023, com perda de 137,35 km² da vegetação nativo do bioma (Tabela 3).

Tabela 3 - Incremento de desmatamento no Cerrado (km²).

Ano	Maranhão	Mirador (% de desmatamento do MA)
2021	2.282,04	67,32 (2,95)
2022	2.833,95	58,51 (2,06)
2023	2.927,52	137,35 (4,7)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do PRODES (2024).

Para analisar os dados dos focos de calor, foi feita uma análise setorial, onde o município de Mirador foi dividido em duas áreas, uma composta pela área de proteção integral (PEM) que está contida dentro do município, e a outra pela parte que não é protegida por unidades de conservação, com 4.138,90 km². Com a setorização dos focos de calor foi possível constatar o resultado descrito na tabela 4 para o ano de 2021 e na tabela 5 para o ano de 2022.

Tabela 4 - Focos de calor em Mirador - MA em 2021.

Satélite	Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor	% de focos em relação ao total no município	Número de focos de calor	% de focos em relação ao total no município
Aqua (tarde)	508	56%	399	44%
Goes - 16	1.456	38,76%	2.300	61,24%
Npp - 375 (tarde)	2.482	52,65%	2.232	47,35%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Bdqueimadas (2023).

Tabela 5 - Focos de calor em Mirador - MA em 2022).

Satélite	Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor	% de focos em relação ao total no município	Número de focos de calor	% de focos em relação ao total no município
Aqua (tarde)	640	60,78%	413	39,22%
Goes - 16	4.921	61,45%	3.087	38,55%
Npp - 375 (tarde)	2.342	57,39%	1.739	42,61%

Foi observado que para quase todos os satélitesse registrou mais de 50% dos focos de calor dentro do PEM, observando que apenasno ano de 2021 a porcentagem foi de 38% para o Goes-16.No ano de 2022 se observou uma desproporção no aumento de número de focos de calor registrados pelo GOES – 16,parao municípioem sua totalidade, os focosmais dobraram em comparação ao ano anterior, sendo que no PEM o número mais que triplicou.Estas oscilações nos dados de focos de calor observadas dentro do PEM, que não acompanham o padrão de aumento e redução dos focos no estado, também foram observadas por Gerude (2013).

A mesma divisão setorial foi feita com os dados de desmatamento, observando que a maioria do desmatamento, ocorre na área não protegida (Tabela 6).

Tabela 6 - Dados do desmatamento no município de Mirador - MA para o período entre 2021 e 2023.

Ano	Desmatamento dentro do PEM		Desmatamento fora do PEM	
	Km²	% de área desmatada em relação ao município	Km²	% de área desmatada em relação ao município
2021	1	1,49	66,32	98,51
2022	11	18,80	47,51	81,20
2023	0,54	0,40	136,81	99,60

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados do PRODES (2023).

Os dados de desmatamento do ano de 2022 também apresentaram uma anomalia em relação aos dois outros anos, sendo que houve um

desmatamento maior que 18% dentro do PEM, diferente dos outros anos que foram inferiores a 1,5%. Padrão este compatível com a quantidade de focos de calor detectados pelo Goes-16 no mesmo período. Armenteras; González e Retana(2013) citam o uso do fogo como ferramenta para auxiliar no desmatamento em seu estudo, em especial para a o aumento das áreas agrícolas.

Com esses dados, se observa a importância das unidades de conservação, pois a média de desmatamento para os 3 anos foi de 7,92%, porcentagem muito abaixo daquela encontrada na área não protegida. Estes dados mostram que as unidades de conservação aumentam a resistência contra os desmatamentos, sendo eles legais ou ilegais.

Ao cruzar os dados de focos de calor com a zona circundante quadrada ampliada, área desmatada e imagens de satélite, se obteve um quantitativo de focos de calor que interagiram com áreas identificadas como atividades agropastoris, relacionados nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Focos de calor (*buffer* ampliado) que interagiram com atividades agropastoris em Mirador - MA em 2021.

Satélite	Total		Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem	interação dos focos do PEM (%)	Número de focos de calor fora do PEM que interagem	interação dos focos de fora do PEM (%)
Aqua (tarde)	554	61,08	158	31,10	396	99,24
Goes 16	2.666	70,97	369	25,34	2.297	99,86
Npp 375 (tarde)	3.487	73,97	1296	52,21	2.191	98,16

Fonte: Autor (2023).

Tabela 8 - Focos de calor (*buffer* ampliado) que interagiram com atividades agropastoris em Mirador - MA em 2022

Satélite	Total		Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem
Aqua (tarde)	904	85,85	494	77,18	410	99,27
Goes 16	7.812	97,55	4.732	96,15	3.080	99,77
Npp 375 (tarde)	2.635	64,56	902	38,51	1733	99,65

Fonte: Autores (2022)

A partir dos dados observados, foi possível identificar uma porcentagem elevada de focos de calor que ocorreram em áreas com atividades agropastoris, no geral houve uma interação superior a 60%. As porcentagens com interação variaram entre 61,08% e 97,55% dentro do PEM, destacando que o valor mais alto foi no ano de 2022, detectado pelo Goes 16 no mesmo período em que os sensores deste satélite detectaram uma anomalia no quantitativo de focos de calor no PEM e que o PRODES detectou o maior incremento de desmatamento. Já na área não protegida, a interação considerada foi em média superior a 99%, alcançando o pico de 99,86%. Os resultados corroboram com o trabalho de Araújo *et al.* (2020), que indica que o aumento da abertura de áreas agrícolas se relaciona diretamente com o aumento de registros de focos de calor.

Em um segundo momento os focos foram analisados utilizando-se a área circundante quadrada semelhante à resolução espacial informada do sensor (original). Assim, se observou nas tabelas 9 e 10 o quantitativo de focos que interagiram com área de desmatamento do PRODES e/ou áreas fotointerpretadas como antropizadas para atividades agropastoris.

Tabela 09 - Focos de calor (*buffer* original) que interagiram com atividades agropastoris em Mirador - MA em 2021.

Satélite	Total		Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem
Aqua (tarde)	321	35,39	14	2,76	307	76,94
Goes - 16	2.399	63,87	106	7,28	2.293	99,70
Npp - 375 (tarde)	1.549	32,86	71	2,86	1.478	66,22

Fonte: autor (2023).

Tabela 10 - Focos de calor (*buffer* original) que interagiram com atividades agropastoris em Mirador - MA em 2022.

Satélite	Total		Dentro do PEM		Fora do PEM	
	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem	Número de focos de calor que interagem	interação dos focos no município (%)	Número de focos de calor do PEM que interagem
Aqua (tarde)	375	35,61	46	7,19	329	79,66
Goes - 16	3.282	40,99	242	4,92	3.040	98,48
Npp - 375 (tarde)	1.153	28,25	72	3,07	1.081	62,16

Fonte: Autor (2023).

Utilizando os padrões da segunda análise (*buffer* com tamanho original), se observou uma redução no quantitativo geral de focos de calor com interação em atividades agropastoris em todo o município, caindo para uma porcentagem entre 28,25% e 63,87%. Houve uma redução drástica na área do PEM, que apresentou uma variação na interação entre 2,76% e 7,28%. Na área não

protegida, também ocorreu uma redução, porém os números continuaram elevados, entre 62,16% e 99,70%.

Se observa uma conectividade grande entre os focos de calor, gerando um alto índice de focos sobrepostos no PEM, conforme mostram as tabelas 7 e 8, e uma redução drástica no número de focos quando se observa apenas os que se encontram sobre áreas identificadas como agropastoris, conforme as tabelas 9 e 10. O número de conexão entre os *buffers* registrados na primeira análise (*buffer* ampliado) se destaca, por existirem no PEM grandes áreas sem barreiras naturais ou artificiais, dessa forma os incêndios florestais percorrem grandes distâncias até a sua extinção, independente da sua origem. Fato este corrobora com a necessidade do estudo de implementação do MIF no PEM, pois em unidades de conservação, o manejo possibilita uma redução da área queimada em um evento de incêndio (Souto, 2016).

Os dados do satélite Goes-16 apresentaram muitas sobreposições, devido à sua alta resolução temporal e baixa resolução espacial em relação aos outros sensores considerados no trabalho. Assim, os dados não foram considerados confiáveis para pós-processamento de interação com atividades agropastoris.

A resolução espacial das imagens da constelação Dove da Planet varia de 3 a 5 m, dificultando a identificação precisa de áreas desmatadas menores, pois estas áreas têm comportamento espectral semelhante a algumas fitofisionomias do Cerrado (Abdon *et al.*, 2006). Já nas grandes áreas destinadas a monoculturas, as áreas desmatadas são facilmente identificadas e correlacionadas por serem áreas extensas.

O uso de cálculos de índices espectrais para detecção de áreas queimadas não é indicado para as diversas fitofisionomias do Cerrado, como os que recobrem o município de Mirador, pois a vegetação do Cerrado tende a perder suas folhas no período de seca e entrar em estado de senescência (Setzer; Ferreira, 2021), dificultando a análise.

5 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS PARA O MANEJO DO PEM

No Maranhão, não se tem um quantitativo elevado de perícias de incêndios florestais, ou um órgão que as execute com rotina, o que dificulta a identificação da origem dos incêndios e, conseqüentemente, a realização de atividades de prevenção, por não se conhecer as causas locais que necessitem de orientações e mudanças. Para Santos (2004), a identificação da causa é ponto importantíssimo no planejamento da prevenção, pois somente a partir do descobrimento das causas, é possível traçar um perfil desses desastres e poder agir com maior eficácia na diminuição ou mitigação dos seus efeitos.

O Maranhão não é único nesse contexto de ausência de perícias, já que Parizotto *et al.* (2008) diz que no Brasil, em geral, não existe um registro das causas dos incêndios, não podendo se criar um perfil de causas. No Brasil existe uma dificuldade maior ainda com o delineamento de padrões, pois sua grande extensão e diversidade faz com que cada região tenha seu padrão, resultando na ausência de estatísticas que acaba por deixar de subsidiar ações de prevenção fundamentais para o controle desses incêndios.

Descobrir as causas de incêndios em vegetação é importante para a elucidação de responsabilidades e a implantação de ações incisivas para mitigar os efeitos dos incêndios que são danosos ao meio ambiente, às propriedades e à população inserida na área atingida, em especial as que dependem diretamente da produção que fica vulnerável em meio aos incêndios (Corrêa; Hahnemann, 2022)

De maneira alguma o fogo deve ser removido do bioma, já que o bioma é dependente do fogo (Melo; Saito, 2011). O fogo pode ocorrer de forma natural ou antrópica e com base em estudo, pode ser benéfico e recomendado.

É fundamental, identificar as causas, estudar o regime do fogo e a dependência do fogo do Cerrado maranhense, com destaque a delimitação geográfica deste trabalho. Com estas informações e parcerias com as

comunidades locais, o MIF pode ser mais bem planejado e aplicado (Moura *et al.*, 2023) e, assim, auxiliar a conservação do meio ambiente, beneficiando a todos os que utilizam suas riquezas como já preceituado em outros locais, a exemplo do ocorrido no Parque Nacional da Chapada das Mesas, no sul do Maranhão, desde 2014 (Moura, 2018).

Com a necessidade de estudar e realizar atividades de MIF em áreas protegidas do estado, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA), lançou o processo de atualização do Plano de Prevenção, Combate e Controle ao Desmatamento e Queimadas do Maranhão (PPCDQ-MA) (SEMA-MA, 2023) e, posteriormente, abriu o plano para consulta pública (SEMA-MA, 2024). Em seu eixo II - Monitoramento e controle ambiental, dentro da estratégia 2, de aprimoramento da gestão ambiental, o plano identifica como objetivo o estabelecimento do marco legal estadual para o manejo integrado do fogo, considerando os biomas do Estado e sua dinâmica de queima para o período de 2024 a 2027. No objetivo 3, estabelece aumentar as capacitações humanas, estruturais e operacionais e a inclusão das populações rurais para implementação do manejo integrado do fogo e aumento do uso de técnicas alternativa ao uso do fogo na agricultura e pecuária, incluindo nos territórios indígenas e de comunidades tradicionais. Este plano traz um grande avanço no entendimento sobre a importância ecológica, cultural, social e econômica do fogo, e que a remoção do fogo de sistemas naturais pode ameaçar o equilíbrio ambiental de acordo com Myers (2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, foi possível identificar a importância do sensoriamento remoto para análises de incêndio florestal, em especial em grandes áreas ou de difícil acesso, facilitando todo o trabalho de planejamento

preventivo e operacional. Com os dados coletados se observou uma relação muito próxima entre atividades agropastoris e os incêndios florestais, e que a áreas do PEM sofre com incêndios de longa duração e extensão, possivelmente devido à inexistência de manejo adequado para a sua conservação.

Foram evidenciadas algumas dificuldades na elaboração do estudo, como um longo período no ano de 2023 em que o BDQueimadas permaneceu fora de operação por problemas técnicos.

Mas mesmo com esta dificuldade, o sensoriamento remoto, se mostrou uma ótima ferramenta para identificação da localização das ocorrências de incêndio florestal no município de Mirador, com a disponibilidade de várias opções de resolução dos sensores. O conhecimento do terreno e seus acessos, pelas imagens, facilita a orientação das equipes de combate durante as operações. O sensoriamento remoto não substitui a identificação pericial no local, e sim, é uma ferramenta otimizadora para delimitação de área e identificação de locais para análise. Para a complementação deste trabalho, a união de análises por sensoriamento remoto com perícias dos locais afetados pelos incêndios, podem gerar dados importantes para realização de atividades preventivas contra incêndios florestais em todo o município e para a conservação do meio ambiente.

Para a implementação do MIF em todo o território nacional, é preciso a coordenação e incentivos direto do governo federal, por intermediação do MMA, em cooperação com as unidades da federação e municípios.

6 REFERÊNCIAS

ABDON, M. DE M. *et al.* Análise do desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002. **Anais 1o Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, p. 293–301, 15 nov. 2006.

ALENCAR, L.; FUSCO, C. **Revista Galileu**: Mapa compara o tamanho dos estados brasileiros à extensão de outros países, 2016. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/Urbanidade/noticia/2016/04/mapa-compara-o-tamanho-dos-estados-brasileiros-extensao-de-outros-paises.html>. Acesso em: 12 set. 2023.

ALVES, R. N. B. *et al.* **Roça sem fogo**: Da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. 1a ed. Brasília: EMBRAPA, 2020.

ANTHONY, A. B.; POSEY, D. A. Manejo de cerrado pelos índios Kayapó. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 2, 25 dez. 1985, p. 77–98.

ARAÚJO, L. O. *et al.* Ação antrópica na incidência dos focos de calor na Microrregião de Paragominas, Estado do Pará, Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2020, v. 7, n. 17, p. 1153–1164.

ARMENTERAS, D.; GONZÁLEZ, T. M.; RETANA, J. Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. **Biological Conservation**, v. 159, p. 73–79, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **ABNT PR 1014**: Guia de requisitos e procedimentos básicos para combate a incêndio florestal. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BORGES, M. A.; COSTA, M. M.; BARRADAS, A. C. S. Queima em mosaico: como o conhecimento tradicional está contribuindo para redução de incêndios no Jalapão, Brasil. **Anais do IX Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social – SAPIS**, dez. 2019, p. 756–760.

BRASIL. **Extrato de termo aditivo Nº 3/2022 - UASG 200406**. Diário Oficial da União, Brasília. 22 set. 2022.

BRASIL. **Projeto de lei nº 1818/2022**: Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153865#:~:text=Projeto%20de%20Lei%20n%C2%B0%201818%2C%20de%202022&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,12%20de%20fevereiro%20de%201998>. Acesso em: 25 dez. 2023.

BRAZ, A. M. **Sensoriamento remoto I**. 1. ed. v. 1, Indaial: UNIASSELVI, 2020. CAVALCANTI, C. *et al.* **Desenvolvimento e natureza**: Estudos para uma sociedade sustentável. Recife, 1994.

CORRÊA, C.; HAHNEMANN, A. Importância dos Corpos de Bombeiros no subsídio às perícias em incêndio em vegetação: uma abordagem sobre Pernambuco. **Concilium**, v. 22, n. 6, 2 nov. 2022, p. 539–554.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, 2006, p. 13–23.

DIESEL, L. E. **Fotointerpretação I**. 1. ed. v. 1, Indaial: UNIASSELVI, 2021a.

DIESEL, L. E. **Fotointerpretação II**. Indaial: UNIASSELVI, 2021b.

FERREIRA, M. A. C. *et al.* **Prevenção, controle e combate a incêndios florestais em mato grosso**. 1. ed. Curitiba: Editora Appris LTDA, 2020.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. **Ocorrência de incêndios florestais no parque nacional da chapada dos veadeiros, goiás**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 2, 2006, p. 153–161.

GERUDE, R. G. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, v. XVI, 18 abr. 2013, p. 7912–7919.

HECHT, S. B. **Amazonian dark earths: wimsombroek's vision**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009.

HECHT, S. **The fate of the forest**. Developers, destroyers and defenders of the Amazon. Nova York: Verso, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas Territoriais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=1>. Acesso em: 8 set. 2024a. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil 500 anos de povoamento**. Brasília: IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Brasília: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>. Acesso em: 11 set. 2023b.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual do Brigadista**. Brasília: IBAMA, 2017.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Manual para formação de brigadista de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília: ICMBIO, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **História do INPE**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 29 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas: Banco de dado de Queimadas**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 25 nov. 2023b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite – PRODES**, INPE. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 22 nov. 2023a.

LÁZARO, E. B. *et al.* **The human being and the mastery of fire**. Gestão & Tecnologia - Faculdade Delta, v. 1, n. edição 16, jan. 2023, p. 4–16.

LEONEL, M. **O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura**. São Paulo: 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/issue/view/720>>. Acesso em: 7 nov. 2023.

LIBONATI, R. *et al.* Identificação e caracterização de incêndios naturais no pantanal. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2 abr. 2023, p. 2072–2075.

LORENZO, A. S. *et al.* **Incêndio florestal: Princípios, manejo e impactos**. Editora UFV, 2018.

MAPBIOMAS. **Relatório anual de desmatamento**. São Paulo, Brasil, 2023: Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>, Acesso em: 7 mar 2023.

MEIRA, J. DE C. **Direito ambiental. Informativo jurídico da biblioteca ministro Oscar Saraiva**, v. 1, 2008, p. 11–23.

MELO, M. M. DE; SAITO, C. H. Regime de queima das caçadas com uso do fogo realizadas. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, 2011, p. 97–109.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em: <<https://cnuc.mma.gov.br/map>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

MOREIRA, S. A. Alimentação e comensalidade: aspectos históricos e antropológicos. **Ciência e Cultura**, v. 62, out. 2010, p. 23–26.

MORÁN, E. F. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis, Vozes, 1990.

MOURA, L. C. **Implicações e aprendizados do manejo integrado do fogo no Cerrado**: estudo de caso no Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM). Brasília: Universidade de Brasília, 9 nov. 2018.

MOURA, L. C. *et al.* The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, **new directions**. **Journal of Environmental Management**, v. 232, fev. 2019, p. 600–606.

MOURA, L. C. *et al.* **Guia prático para elaboração de plano de manejo integrado do fogo em comunidades rurais e tradicionais**. 1. ed. Brasília: ISPN, Ibama/Prevfogo, Boitatá Consultoria e UnB, 2023.

MYERS, R. L. Convivendo com o Fogo. **The Nature Conservancy**, jun. 2006.

NICACIO, K. *et al.* Saúde pública voltada para a população indígena. **periodicos.set.edu.br**, v. 5, nov. 2019, p. 75–84.

PARIZOTTO, W. *et al.* Controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. **FLORESTA**, v. 38, n. 4, 23 dez. 2008.

PINSKY, J. **As primeiras civilizações**. 15^a ed. São Paulo: Atual, 1994.

POLÍCIA FEDERAL. **Programa Brasil Mais**. Disponível em: <<https://plataforma-pf.sccon.com.br/>>. Acesso em: 24 mar. 2023.

RIBEIRO, J. P. C. *et al.* **Boletim cultural de melgaço o paleolítico de melgaço**: vestígios arqueológicos dos primeiros habitantes do concelho. Porto: Universidade do Porto, 2018, p. 117-150.

ROOS, A. Agricultura: dos povos nômades aos complexos agroindustriais. **Revista Eletrônica. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, n. 7, p. 1423–1429, 2012.

SANTOS, J. F. **Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002**. Dissertação - Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **FLORESTA**, v. 36, n. 1, 24 ago. 2006.

SCHMIDT, I. B. *et al.* **Experiências Internacionais de Manejo Integrado do Fogo em Áreas Protegidas** – Recomendações para Implementação de Manejo Integrado de Fogo no Cerrado. *Biodiversidade Brasileira*, v. 2, 2016, p. 41–54.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS-MA. **Sema lança processo de atualização do Plano de Prevenção, Combate e Controle ao Desmatamento e Queimadas do Maranhão (PPCDQ-MA)**. 2023. Disponível em: <<https://www.ma.gov.br/noticias/sema-lanca-processo-de-atualizacao-do-plano-de-prevencao-combate-e-controle-ao-desmatamento-e-queimadas-do-maranhao-ppcdq-ma>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS-MA. **Sema abre consulta pública para validação do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Maranhão**. 2024. Disponível em: <<https://www.sema.ma.gov.br/noticias/sema-abre-consulta-publica-para-validacao-do-plano-de-prevencao-e-controle-do-desmatamento-e-queimadas-do-maranhao>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. **Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2021.

SETZER, A.; YOSHIDA, M. C. **INPE**, 2017. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/faq/index.html>>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SIMONE, G. C. DE. **Posicionamento por satélite**. 1. ed. Indaial: UNIASSELVI, 2021. v. 1

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **FLORESTA**, v. 32, n. 2, 31 dez. 2002.

SOUTO, C. DE S. **Ações de gestão e seus efeitos na época de fogo e área queimada na estação ecológica serra geral do Tocantins**. Brasília: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, mar. 2016.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao sensoriamento remoto**: o uso escolar de dados de sensoriamento remoto como recurso didático pedagógico. 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>> Acesso em: 29 jan. 2024.

TOZZO, R. A.; MARCHI, E. C. DE. Unidades de conservação no brasil: uma visão conceitual, histórica e legislativa. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, 2014, p. 508–523.

WEIMER, G. **Evolução da arquitetura indígena**. Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul, 2014.

WELCH, J. R. *et al.* Indigenous burning as conservation practice: neotropical savanna recovery amid agribusiness deforestation in central Brazil. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. e81226, 11 dez. 2013.

WELCH, J. R.; COIMBRA JR., C. E. A. Indigenous fire ecologies, restoration, and territorial sovereignty in the Brazilian Cerrado: the case of two Xavante reserves. **Land Use Policy**, v. 104, maio 2021.

ZANIRATO, H. S. **Patrimônio e cultura material**: o patrimônio natural do brasil. 2010 Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/revph/issue/view/435>>. Acesso em: 12 set. 2023.