

# ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE FOGO NO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE ENTRE 1990 E 2020 E SUAS RELAÇÕES COM AS ZONAS DE MANEJO

Marcos César Ferreira<sup>1</sup>  
Caroline da Silva<sup>2</sup>

**Resumo:** Os incêndios florestais ocorridos recentemente no Brasil têm consumido grandes extensões de vegetação nativa em unidades de conservação. Em 2020 o Pantanal Mato-Grossense sofreu o maior incêndio já registrado neste bioma, queimando 26% de sua área total. Este fenômeno causou grande repercussão na sociedade brasileira, e mostrou a importância das políticas ambientais de monitoramento dos focos de calor no Brasil. Nesse contexto, os objetivos deste artigo foram mapear anualmente as áreas de ocorrência de fogo no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense (PNPM) entre 1990 e 2020, analisar a distribuição espaço-temporal das áreas queimadas em relação às zonas de manejo e construir um mapa do índice de reincidência de fogo do PNPM. Os resultados mostraram que a Zona de Amortecimento do PNPM foi a mais atingida pelos incêndios e apresentou a maior área com índice de reincidência de fogo. Os incêndios de 2020 consumiram 59,8% da zona de amortecimento, enquanto em todos os anos anteriores (de 1999 a 2019) o fogo havia queimado, anualmente, em média, menos de 10% desta zona.

**Palavras-chave:** Incêndios; Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense; Reincidência de Fogo; Sensoriamento Remoto; Análise Espacial.

## SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF AREAS OF FIRE OCCURRENCE IN THE PANTANAL MATO-GROSSENSE NATIONAL PARK BETWEEN 1990 AND 2020 AND THEIR RELATIONS WITH MANAGEMENT ZONES

**Abstract:** Forest fires that occurred recently in Brazil have consumed large areas of native vegetation in conservation units. In 2020, Pantanal Mato-Grossense experienced the largest fire ever recorded in this biome, burning 26% of its total area. This phenomenon had significant repercussions on Brazilian society and showed the importance of having environmental policies for monitoring fire spots in Brazil. In this context, the objectives of this article were to annually map the areas of fire occurrence in Pantanal Mato-Grossense National Park (PNPM) between 1990 and 2020, analyze the spatial-temporal distribution of the burned area in relation to the different

---

<sup>1</sup> Professor Associado do Departamento de Geociências da Unicamp (SP). Email: [macferre@unicamp.br](mailto:macferre@unicamp.br)

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia pela Unicamp (SP). Email: [c214437@dac.unicamp.br](mailto:c214437@dac.unicamp.br)

management zones and create a map of the PNPM fire recurrence rate. The results showed that the PNPM buffer zone was the zone most affected by fire and had the largest area with a fire recurrence index. The 2020 fires consumed 59.8% of the buffer zone, while in all previous years (from 1999 to 2019), the fire burned, on average, less than 10% of this zone annually.

**Keywords:** Fires; Pantanal Mato-Grossense National Park; Recurrence of Fire; Remote Sensing; Spatial Analysis.

## INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais configuram-se como um dos principais problemas ambientais brasileiros. Os incêndios que atingiram o Pantanal em 2020 tomaram proporções jamais observadas, destruindo cerca de 26% deste bioma (LASA, 2020). Em 2020 foram registrados, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, mais de 22 mil focos de incêndio no Pantanal, o maior número desde o início destes registros, em 1998. Esses eventos atraíram atenção nacional e internacional para esta área, que apesar de úmida, tem apresentado queimadas e incêndios recorrentes (INPE, 2020).

Os episódios de fogo no Pantanal antecedem a presença do homem e do gado (POTT, 2000; MORELLI *et al.*, 2009). O uso do fogo pelo homem neste bioma data do início das atividades de criação de gado, há mais de 200 anos (PCBAP, 1997 apud MATOS, 2014). Apesar de os incêndios terem causas naturais, como raios, eles estão mais comumente associados a práticas antrópicas, como queima de lixo ou de madeiras de cerca de pastagens, evitar ataques de abelha nas coletas de mel, além das queimas causadas por pecuaristas, visando a supressão da vegetação nativa (LIBONATI *et al.*, 2020).

A queima controlada, utilizada para o manejo de vegetação, seja na agricultura ou na pecuária, é prática comum e tradicional no Pantanal Mato-Grossense. Estas queimas são manejadas, principalmente, em áreas de fitofisionomia de campo limpo, campo cerrado e campo sujo (SORIANO *et al.*, 2020). O manejo do fogo controlado, para a queima da biomassa seca, que poderia causar incêndios descontrolados, quando utilizado de forma inadequada, pode causar incêndios florestais que avançam para vegetação saudável. A remoção da vegetação pode gerar impactos para a vida selvagem, eliminando o abrigo e o alimento da fauna, assim como, a eliminação direta dos indivíduos e o aumento da erosão. Além disso, as cinzas contaminam os rios e peixes (ALHO e SABINO, 2012; LIBONATI *et al.*, 2020).

O Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense (PNPM) tem o fogo como uma das principais atividades conflitantes. De acordo com o Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais (LASA, 2020), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, no ano de 2020 o PNPM teve 81% de sua área queimada. O Plano de Manejo indica que as áreas com maior frequência de incêndios estão associadas a práticas agropecuárias e de extração de mel, localizadas no entorno do PNPM. Algumas fitofisionomias encontradas no parque favorecem a propagação de queimadas, dado a abundância de combustível natural (IBAMA, 2003).

O aumento das queimadas e dos incêndios florestais resulta no aumento de impactos ambientais e socioeconômicos. O desenvolvimento de métodos e técnicas de sensoriamento remoto, tais como, detecção de incêndios e focos de calor, quantificação de áreas com ocorrência de fogo, distribuição espacial, perda de cobertura vegetal, entre outros, têm se mostrado eficazes para o monitoramento ambiental (MATOS, 2014). Deste modo, informações obtidas a partir de

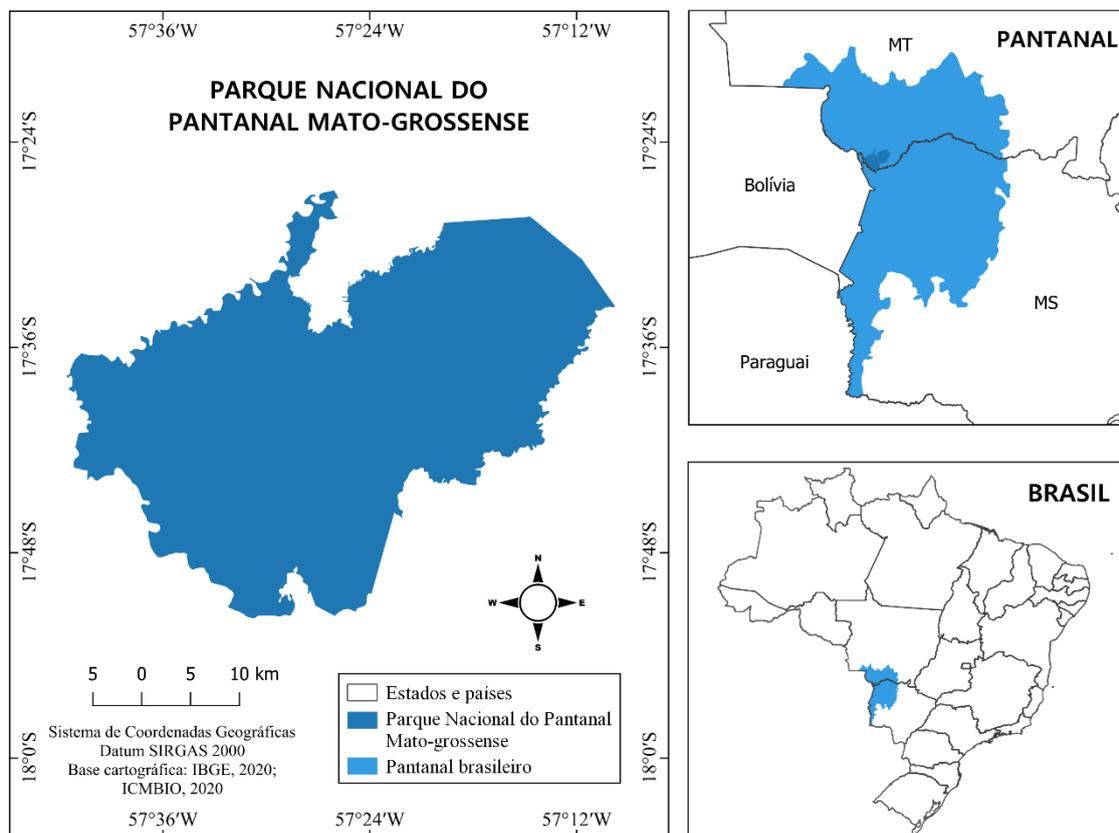
sensoriamento remoto são imprescindíveis para a detecção e monitoramento dos focos de calor, trazendo importantes informações para tomadas de decisões e desenvolvimento de políticas públicas eficazes para o combate e a mitigação do fogo em unidades de conservação. Os objetivos deste artigo são:

- a) Mapear as áreas com ocorrência de fogo ocorridas no PNPM entre 1990 e 2020;
- b) Construir um mapa das áreas de reincidência da ocorrência de fogo entre 1990 e 2020;
- c) Analisar a distribuição espacial das áreas com ocorrência de fogo ocorridas dentro do perímetro das zonas de manejo do PNPM.

## ÁREA DE ESTUDO

O PNPM é uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral localizada no município de Poconé, situada no extremo sudoeste do estado do Mato Grosso, na divisa com o estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1). O PNPM foi criado a partir do Decreto nº 86.392 de 24 de setembro de 1981, e possui uma área de 135.000 ha. Além da área da UC, o parque conta com uma Zona de Amortecimento (ZA) de 274.790 ha, abrangendo, além de Poconé, também os municípios de Cáceres (MT) e Corumbá (MS), fazendo fronteira com a Bolívia. O Parque foi dividido em diversas zonas de manejo, além da ZA, com o objetivo de melhorar a gestão, são elas: Zona Intangível (ZI); Zona Primitiva (ZP); Zona de Uso Extensivo (ZUEX); Zona de Uso Especial (ZUE); Zona Histórico-cultural; e Zona de Uso Intensivo.

Figura 1. Localização do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense



Fonte: IBGE (2020), ICMBIO (2020). Organização: os autores.

O PNPM está inserido no Ecossistema Pantanal, a maior área úmida tropical do mundo (LIBONATI *et al.*, 2021). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, corresponde ao tipo Aw, ou seja, clima quente e úmido sazonal, com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno (IBAMA, 2003). O Pantanal, localizado na bacia Alto Rio Paraguai, é uma planície deprimida, sujeita a inundações frequentes, principalmente entre novembro e abril. A estação seca se estende de maio a setembro, e a chuvosa, de outubro a abril. No PNPM, entretanto, devido às altitudes baixas e à baixa velocidade do escoamento de suas águas, os períodos de cheia e vazante acontecem de forma mais tardia, se comparada às outras regiões do Pantanal (POLAZ, 2013).

Em 24 de maio de 1993 foi atribuído ao PNPM o título de Sítio de Ramsar, identificando o Pantanal como área úmida de importância internacional. Este título foi outorgado na Convenção realizada na cidade iraniana de Ramsar, que resultou em um tratado intergovernamental de 1971, com o objetivo de promover a conservação e utilização racional das áreas úmidas a partir de cooperações internacionais. A atribuição deste título obriga o comprometimento da preservação da biodiversidade desta área úmida, prioridade na execução de políticas nacionais, além de benefícios como auxílio no desenvolvimento de ações visando a proteção do parque, potencialmente financeiros (MMA, 2021.)

Algumas atividades conflitantes ameaçam o PNPM, como a pesca, a coleta de iscas, caça e o fogo. O fogo utilizado na renovação de pastagens nas fazendas no entorno desta UC muitas vezes se alastra para dentro dos limites do PNPM. Como impactos causados pelo fogo, o Plano de Manejo aponta a modificação dos habitats e fitofisionomias, afetando a estrutura da biodiversidade da região. Além disso, o plano informa ainda que o período de maior risco de incêndio concentra-se nos meses de setembro a dezembro e os principais problemas para se controlar o fogo são a dificuldade de acesso e a falta de recursos.

Uma das Ações Gerenciais Gerais Internas do PNPM, na parte de pesquisa e monitoramento, é realizar estudos para determinar a frequência com que o fogo ocorre nos limites do PNPM e na Zona de Amortecimento, com destaque para as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) Penha e Acurizal (IBAMA, 2003).

## REVISÃO DA LITERATURA

O Pantanal é um ecossistema alimentado pelos rios afluentes da bacia do Alto Rio Paraguai, constituído por uma planície sazonalmente inundável. Esse fluxo de água possibilita complexas interações entre vegetação e tipos de solos e é fundamental para a biodiversidade (ALHO; SABINO, 2012). Devido a sua localização e complexidade, o ecossistema possui fortes características biogeográficas de outros biomas, como a da Amazônia, o do Cerrado e o da Mata Atlântica. É um complexo de campos inundáveis, savanas, cerradões, matas, entre diversas outras fitofisionomias que contribuem para uma grande diversidade de espécies que habitam o bioma (POLAZ, 2013).

O fogo no pantanal pode ter origem natural, como o causado por raios, ou por origem antrópica, seja ela acidental ou intencional (LIBONATI *et al.*, 2020). Durante a estiagem há um acúmulo de biomassa seca de fácil ignição, que, em contato com fogo, pode gerar incêndios de difícil controle (SORIANO *et al.*, 2020). O regime de queimadas também possui relação com regime de inundação, quando a biomassa acumulada durante o fluxo de inundação torna-se um material combustível para as queimadas (DAMASCENO-JÚNIOR *et al.*, 2021).

A principal atividade econômica do Pantanal é a pecuária de corte. O fogo é comumente utilizado para o manejo da vegetação, com o objetivo de eliminar gramíneas não consumidas pelos bovinos, espécies indesejadas ou realizar a rebrota promovida pelo fogo. A queima controlada é importante para evitar incêndios de grandes proporções, que frequentemente atingem fitofisionomias importantes para o refúgio de animais. Porém, este tipo de queima só pode ser realizado mediante autorização do IBAMA, respeitando condições como época do ano, condições climáticas no dia da queima e quantidade de combustível a ser queimado, entre outras (RODRIGUES, 2002 apud MATOS, 2014).

Alho e Sabino (2012) apontam que o fogo pode se tornar uma grande ameaça para o bioma. As queimas realizadas pelos fazendeiros se transformam em incêndios descontrolados, principalmente quando o fogo é colocado em áreas de pastagem; devido às áreas abertas, vegetação seca e a velocidade do vento podem contribuir para que os incêndios se espalhem para savanas, bosques e florestas. Os autores ainda apontam que a remoção da vegetação natural elimina abrigos e alimentos necessários para a vida selvagem. Apesar existir no Pantanal uma flora resistente ao fogo, este interfere na diversidade das plantas, causando o fenômeno de cerradização, ou seja, o aumento de espécies de Cerrado adaptadas ao fogo, o que pode eliminar espécies suscetíveis (POTT, 2000).

Mudanças climáticas também contribuem para o aumento dos incêndios. De acordo com Lázaro *et al.* (2020), o Pantanal Norte possui atualmente 13% a mais de dias sem chuva, quando comparado aos anos 1960; além disso, considerando-se os últimos 10 anos, a massa de água está 16% menor durante a estação de estiagem. De acordo com estes autores, essas mudanças podem resultar na perda de biodiversidade, acentuadas por pressões de origem antrópica.

A detecção das áreas com ocorrência de fogo, por meio de dados de sensoriamento remoto, é possível devido às diferenças na assinatura espectral da superfície queimada, quando comparada a assinatura da vegetação não queimada. Alguns fatores devem ser considerados para essa identificação, tais como, presença de nuvens, sombras, intensidade do fogo, entre outras. Portanto, de forma a identificar corretamente as áreas afetadas, é recomendado a utilização de regiões do espectro eletromagnético que destaquem e evidenciem diferenças entre as respostas espectrais de áreas queimadas e não queimadas. Libonati *et al.* (2021) apontam que a identificação das áreas queimadas por meio de sensores orbitais “é realizada através de canais localizados na região espectral no visível e no infravermelho, especificamente na região do vermelho, no infravermelho próximo e no infravermelho de onda curta” (p. 55).

Souza; Leite (2019) mensuraram as áreas queimadas em 2017 no Pantanal da Nhecolândia, a partir do sensor OLI, a bordo do satélite Landsat 8. Baseado no reconhecimento e vetorização das cicatrizes das queimadas, os autores elaboraram mapas e realizaram cálculos para a identificação da distribuição espacial e da quantidade de perda de área florestada pelas queimadas. Eles apontam a importância desses estudos ao analisar espacialmente as queimadas, pois torna possível a identificação de áreas com maior sensibilidade ao fogo, o que pode orientar a gestão nas tomadas de decisão.

O trabalho de Macedo *et al.* (2009) avaliou as queimadas no Pantanal nos municípios de Corumbá e Ladário, em maio de 2009, utilizando imagens do satélite Landsat TM 5. Os autores utilizaram uma composição RGB 5-4-3 para identificação das áreas que sofreram queimadas e delimitaram os polígonos das áreas queimadas. Os autores concluíram que a área queimada total foi de 47.774 hectares, afetando

diversas espécies de fauna e flora, além de gerar um aumento da procura da população por atendimento médico, por sintomas e problemas respiratórios.

Moraes *et al.* (2017) utilizaram imagens MODIS para compreender a dinâmica de queimada no Pantanal no período de 2002 a 2015. Foi analisada a distribuição das médias mensais da incidência de focos de calor, calculadas a partir de produtos MODIS, para cada ano analisado. Chegou-se à conclusão, a partir da espacialização do fogo, que áreas com maior incidência de queima concentram-se em fazendas de gado, indicando ação antropogênica. Do total das áreas queimadas, 6% ocorreram em áreas de floresta, o que indica necessidade de atenção às autoridades, visto que essas áreas não possuem recuperação rápida, como as fitofisionomias de Cerrado.

## MATERIAL E METODOLOGIA

### MATERIAL

Esta pesquisa utilizou imagens multiespectrais dos sensores orbitais TM, ETM+ e OLI, a bordo, respectivamente, dos satélites Landsat 5, 7 e 8, relativas a todos os meses de cada ano da série de 1990 a 2020, a partir da disponibilidade em função do percentual de cobertura de nuvens.

As imagens foram obtidas na plataforma Google Earth Engine (GEE), cobrindo a área do parque e seu entorno. O GEE é uma plataforma de computação em nuvem lançada pela Google em 2010, que permite a aquisição e o processamento de grande quantidade de imagens, *on line*, de forma rápida e eficiente. O GEE apresenta um extenso conjunto de dados de sensoriamento remoto, incluindo-se imagens geradas pelos sistemas sensores da série Landsat. Nesta mesma plataforma é possível se obter, além das imagens em seu estado original e sem tratamento, e realizar operações de opções de pré-processamento e classificação digital de imagens (AMANI *et al.*, 2020).

A obtenção das cenas Landsat no GEE foi realizada por meio de um *script* em linguagem de programação *JavaScript*, desenvolvido especialmente para esta pesquisa. O *script* é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Código-fonte utilizado na etapa de seleção e coleta de dados orbitais em imagens dos sensores Landsat OLI, ETM+ e TM, na área do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, na plataforma Google Earth Engine

```
1 // Importa o shape da área de estudo
2 var ZA = ee.FeatureCollection("users/c214437/ZA");
3 var area = ZA;
4 Map.centerObject(area, 9); // centraliza o shape no mapa
5 Map.addLayer(area, {color: "#8a56e3"}, "Área de Estudo"); // addLayer adiciona o layer pra visualização no mapa
6
7 var L5 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C01/T1_SR")
8   .filterDate("2018-12-01", "2018-12-31")// Filtro de data
9   .filter(ee.Filter.lt("CLOUD_COVER", 100))// Filtro de nuvem
10  .filterBounds(area);
11 print('Coleção L8 sem algoritmo de nuvem:',L5);
12
13 //RECORTE P/ ÁREA DE ESTUDO
14 // Cria função clip para recortar a área de estudo
15 var clipper = function(image){
16   return image.clip(area);
17 };
18
19 var L5 = L5.map(clipper);//aplica a função de recorte para todas a coleção de imagens L8
20
21 //Cria uma lista com as imagens da coleção
22 var ListadeImagens = L5.toList(L5.size());
23 print('Lista de Imagens L5:',ListadeImagens);
24
25 //Seleciona imagens de interesse dentro da lista
26 var img0 = ee.Image(ListadeImagens.get(2));
27 var img1 = ee.Image(ListadeImagens.get(1));
28
```

Fonte: Organizado pelos autores, 2023

O *código-fonte* permitiu a seleção e a obtenção das imagens a partir de filtros baseados em datas e percentuais de cobertura de nuvens. Além disso, este código realiza o recorte geográfico da imagem, utilizando como referência os limites da área de estudo. Também por meio deste código-fonte foi possível *código-fonte* produzir três composições coloridas: uma composição cor verdadeira (4R/3G/2B para OLI e 3R/2G/1B para TM e ETM+) e duas composições falsa-cor (7R/5G/4B e 7R/6G/5B para OLI e 7R/4G/3B e 7R/5G/4B para TM e ETM+). Nestas composições coloridas foi possível realizar a identificação visual precisa das cicatrizes de queimadas ocorridas no parque.

O arquivo dos limites do parque, formato *shapefile*, foi obtido no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2020). A delimitação da área do bioma Pantanal, dos estados e municípios, foi realizada a partir de dados obtidos do IBGE (2020). A delimitação dos polígonos das zonas de manejo do parque foi realizada a partir do georreferenciamento do mapa e da descrição dos limites disponibilizados no Plano de Manejo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense (IBAMA, 2003).

## METODOLOGIA

O processamento digital de imagens foi realizado no *software* QGIS 3.20.1 (QGIS, 2022). Este software foi escolhido devido à quantidade de material e *plugins* atualizados disponíveis à comunidade de usuários deste sistema, e à gratuidade de sua licença. Para cada ano da série temporal de 1990 a 2020, correspondente ao período de estiagem, foi realizada a interpretação visual e a digitalização das cicatrizes de áreas com ocorrência de fogo em escala 1:50.000, em imagens em composições coloridas falsa-cor e cor verdadeira. Estas áreas digitalizadas foram convertidas posteriormente em arquivos vetoriais no formato poligonal.

Para a geração do mapa do índice reincidência da ocorrência de fogo (IRF) foi utilizada a metodologia desenvolvida por Messias e Ferreira (2019). Os arquivos vetoriais anuais dos polígonos de áreas com ocorrência de fogo foram convertidos em mapas binários no formato matricial, atribuindo-se aos seus respectivos pixels, os valores de 1,0 para áreas queimadas, e 0,0 para áreas não queimadas.

O índice de reincidência de fogo no pixel  $x,y$  ( $IRF_{x,y}$ ) foi calculado por meio da Equação 1, utilizando-se a ferramenta *Raster Calculator*, do QGIS.

$$IRF_{x,y} = (\sum_{i=1}^n Fi_{x,y})/31 \quad (\text{Eq. 1})$$

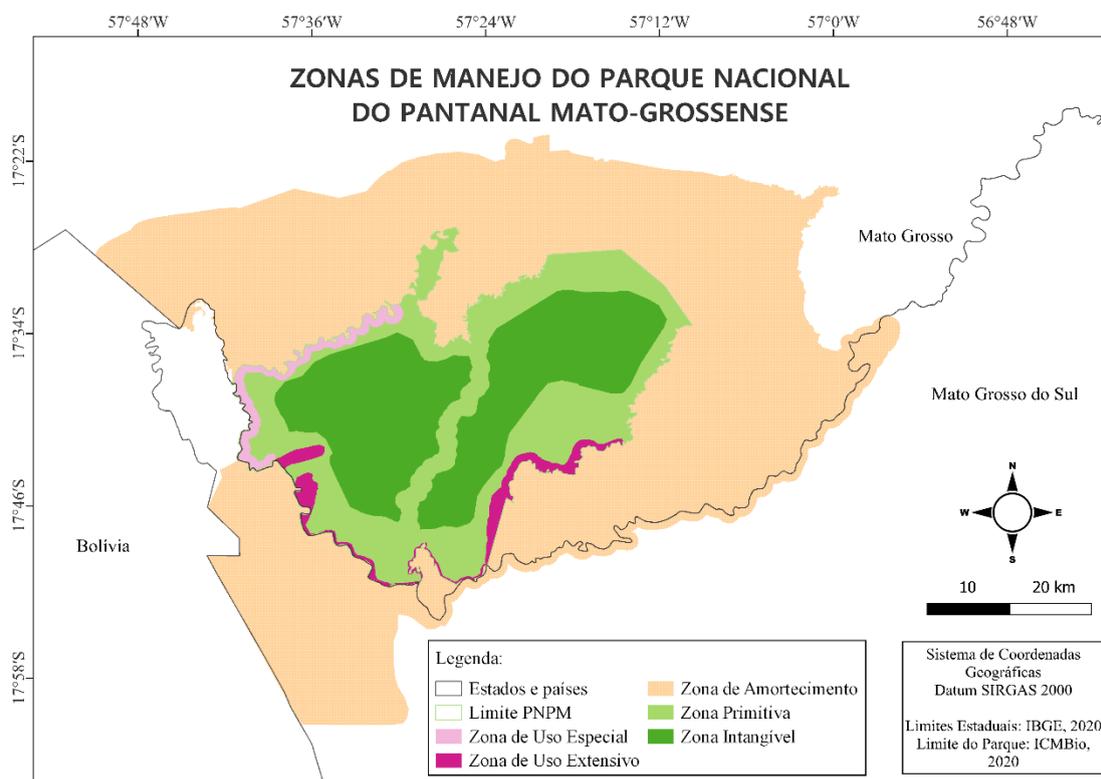
Na Equação 1,  $Fi_{x,y} = 1,0$ , se houve ocorrência de fogo no pixel  $x,y$  no ano  $i$ ; e  $Fi_{x,y} = 0,0$ , caso contrário.

A análise da distribuição espacial das áreas com ocorrência de fogo na Zona de Amortecimento, Zona Intangível, Zona Primitiva, Zona de Uso Extensivo e Zona de Uso Especial, foi realizada também no QGIS, a partir dos arquivos vetoriais poligonais das áreas com ocorrência de fogo mapeadas por meio das imagens orbitais.

Os polígonos das áreas com ocorrência de fogo foram sobrepostos aos polígonos das zonas de manejo, e em seguida, extraídos os valores dos seguintes parâmetros: área total de vegetação queimada no ano; número total de polígonos relativos às áreas com vegetação queimadas no ano e mediana das áreas de todos os polígonos no ano. A análise estatística foi utilizada na plataforma *Google Colaboratory*, que permite programação em nuvem em linguagem *Python*. Nesta plataforma foram gerados gráficos, utilizando-se as bibliotecas *Matplotlib* e *Seaborn*.

Para a análise da distribuição espacial da ocorrência de fogo por zonas de manejo, foi realizado o georreferenciamento do mapa das zonas de manejo (Figura 3) considerando-se apenas as zonas espacialmente mais representativas na escala 1:50.000, ou seja: Zona de Amortecimento (274.642,92 ha); Zona Intangível (65.696,96 ha); Zona Primitiva (58.641,09 ha); Zona de Uso Extensivo (6.688,10 ha) e Zona de Uso Especial (4.904,45 ha.).

Figura 3. Mapa das zonas de manejo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense



Fonte: adaptado de ICMBIO (2020). Organização: os autores.

A área total das zonas é de 410.573,52 ha. As principais características das zonas de manejo do PNPM são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Definições e características das zonas de manejo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense.

Zona de Amortecimento	Zona Intangível	Zona Primitiva
Área do entorno da Unidade de Conservação, conforme a Lei n.º 9.985/2000 Art. 2º inciso XVIII. Tem como objetivo diminuir os efeitos prejudiciais provenientes da intervenção humana na	Área com maior nível de conservação na UC, não sendo admitidas quaisquer modificações de origem humana, representando o mais elevado nível de preservação.	Refere-se à área onde houve uma intervenção humana mínima ou insignificante, abrigando espécies da flora e fauna, bem como fenômenos naturais de elevado valor científico.

UC, a partir de normas e restrições.	
<b>Zona de Uso Extensivo</b>	<b>Zona de Uso Especial</b>
Refere-se à área composta principalmente por espaços naturais, podendo exibir algumas modificações causadas pela intervenção humana.	Trata-se da área designada para acomodar as instalações de gestão, manutenção e serviços essenciais da Unidade de Conservação, incluindo estruturas habitacionais, oficinas e outros elementos necessários.

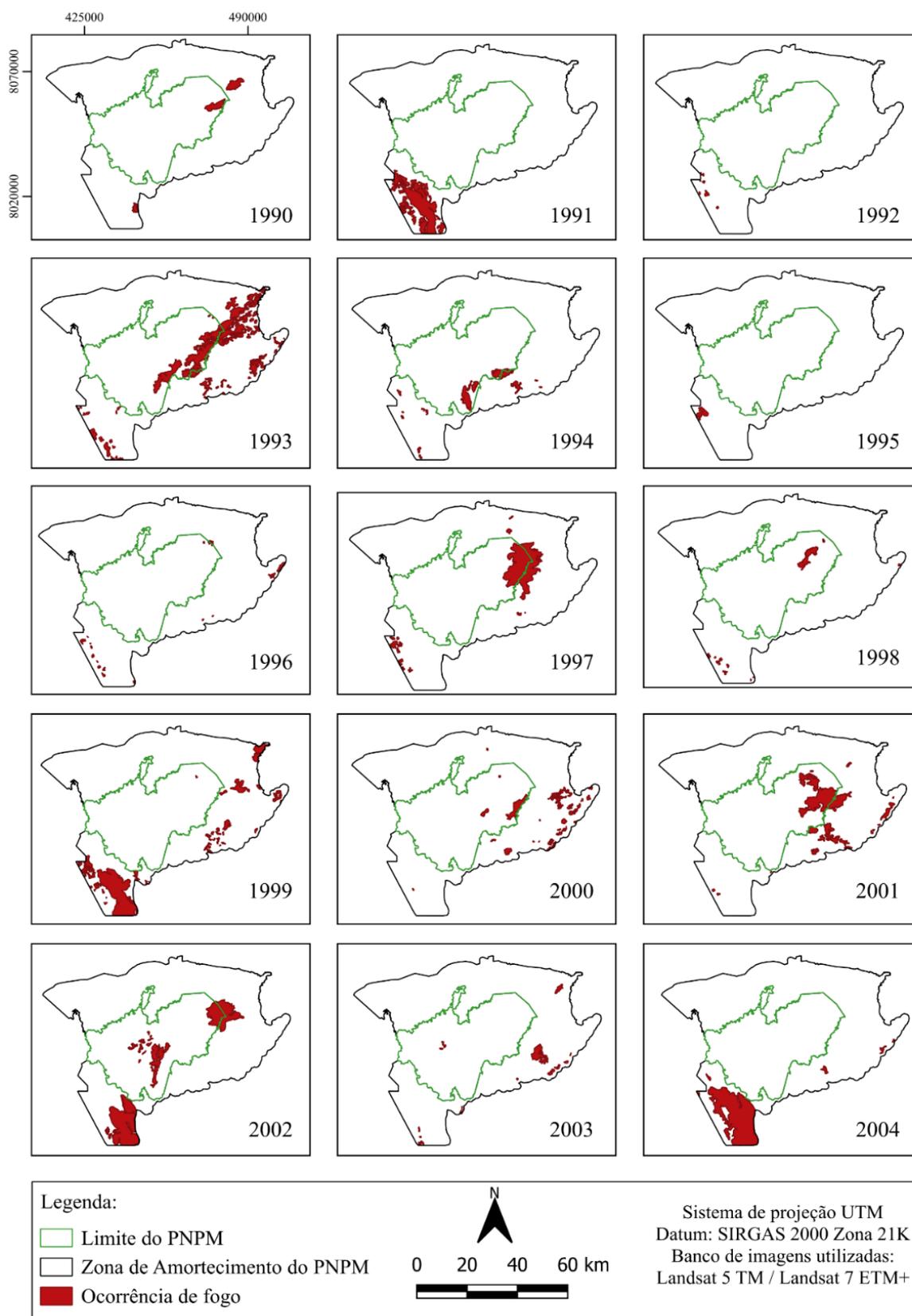
Fonte: adaptado de ICMBIO (2020) e IBAMA (2021). Organizado pelos autores, 2023

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4 e 5 mostram a distribuição espaço-temporal das áreas com ocorrência de fogo no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, respectivamente no período de 1990 a 2004 e no período de 2005 a 2020. Nestas figuras observa-se que a presença de áreas com ocorrência de fogo varia com diferentes intensidades anuais. Em alguns anos, como 1992, 2006, 2007, 2010 e 2011, as áreas com ocorrência de fogo e sua distribuição espacial não foram espacialmente expressivas. Entretanto, nos demais os anos da série analisada observou-se maiores áreas com ocorrência de fogo, com destaque para 2019 e 2020, quando ocorreram os maiores valores na série histórica.

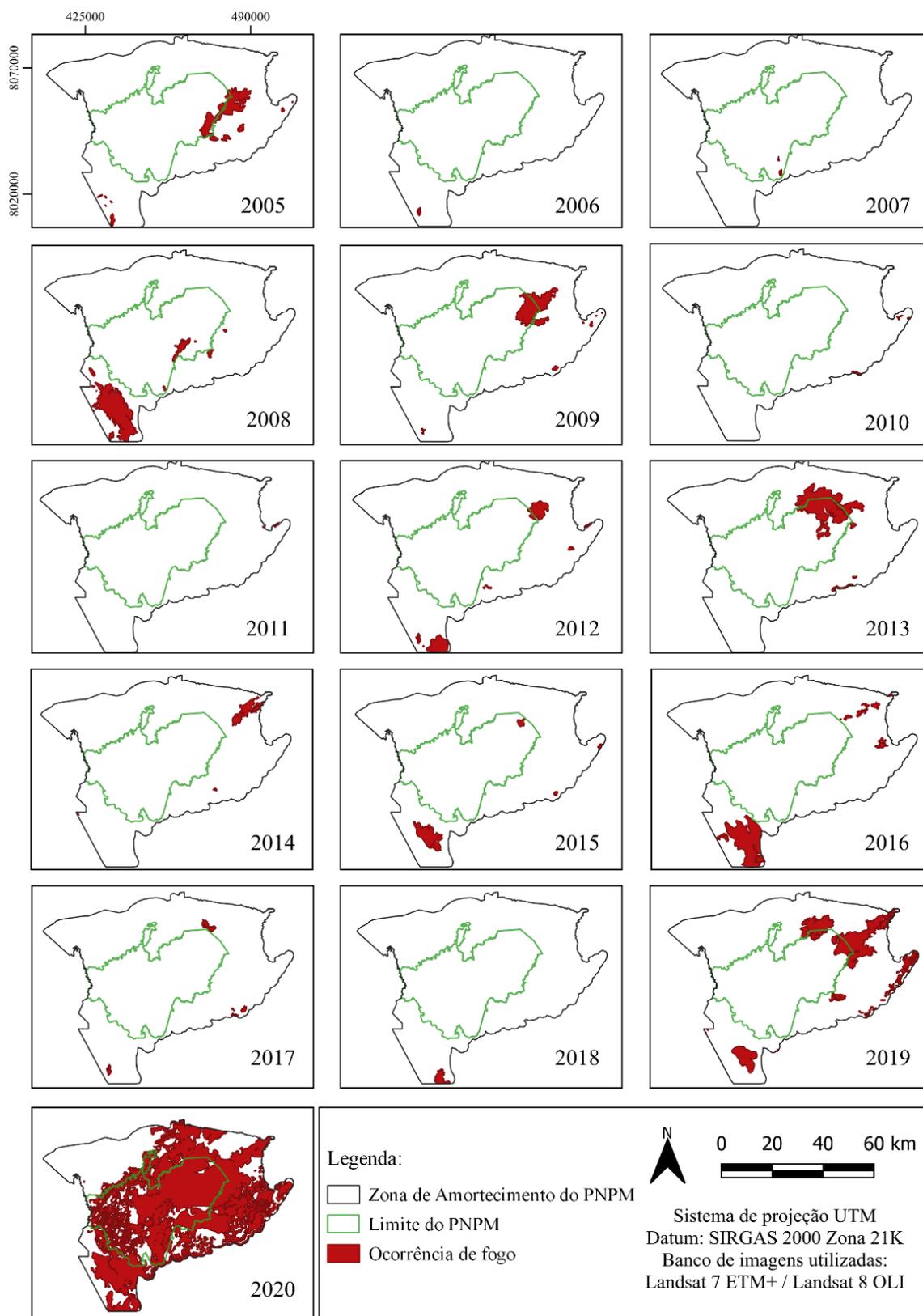
Considerando-se os limites internos do PNPM, as áreas com ocorrência de fogo em 2019 e 2020 representaram, respectivamente, 3,78 e 77,83% da área total do Parque. Se considerarmos na análise a área do PNPM somada à área Zona de Amortecimento, a superfície de ocorrência de fogo representou 8,68% em 2019 e 59,83% em 2020.

Figura 4. Distribuição espaço-temporal das áreas queimadas durante incêndios ocorridos entre 1990 e 2004, no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Figura 5. Distribuição espaço-temporal das áreas queimadas durante incêndios ocorridos entre 2005 e 2020, no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense.

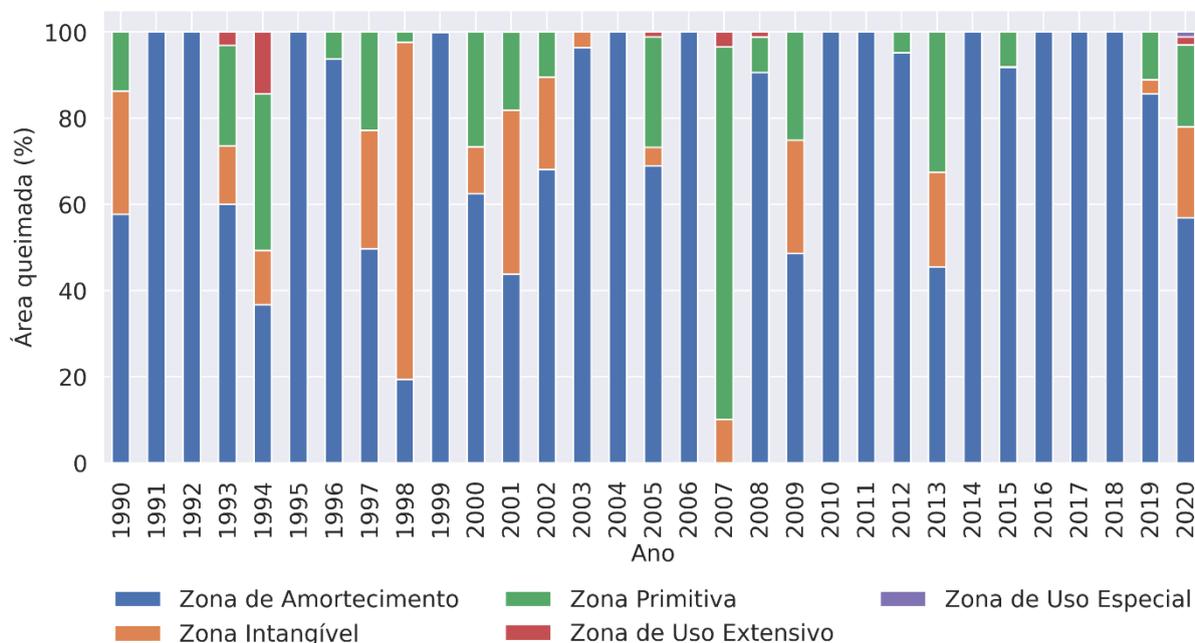


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

A Figura 6 representa o diagrama dos percentuais de áreas com ocorrência de fogo, por zona de manejo. No diagrama observa-se que a zona de amortecimento foi a zona de manejo mais afetada pelos incêndios. Em onze anos da série analisada a ocorrência de fogo se deu apenas na zona de amortecimento; além disso, foi registrada ocorrência das queimadas nesta zona em todos os anos do recorte temporal.

Entre 1990 e 2000 ocorreram quatro anos em que toda a área da Zona de Amortecimento foi queimada, enquanto no período de 2010 e 2020 este valor aumentou para seis anos. Observa-se também na Figura 6 que em 1998 a Zona Intangível apresentou o maior percentual de área queimada; em 2007 a maior proporção de fogo se deu na Zona Primitiva, e neste ano, a Zona de Amortecimento não foi atingida. Em 1994 o fogo atingiu quatro das cinco zonas de manejo, excetuando-se a Zona de Uso Especial.

Figura 6. Percentual de áreas com ocorrência de fogo por classe de zoneamento do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, entre 1990 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Esse fato demonstra a atenção que deve ser direcionada à zona para planos de mitigação do fogo. A Zona Primitiva e Zona Intangível ocupam a segunda e terceira posição no total de áreas com ocorrência de fogo, sendo áreas de destaque pela incidência e tamanho das áreas queimadas. As Zonas de Uso Especial e de Uso Extensivo foram as menos afetadas, atingidas por apenas, respectivamente, em um e em sete anos da série temporal.

No período de 1990 a 2020 o PNPM, incluindo a área da Zona de Amortecimento, apresentou 590.720,12 ha de sua área atingida pelo fogo. Este valor correspondeu a uma média anual de 19.055,48 ha.

Analisando-se a Tabela 1 observa-se que a Zona de Amortecimento apresentou, em média, 74,63% de toda a sua área com ocorrência de fogo do PNPM, seguida pela Zona Primitiva (12,89%) e Zona Intangível (11,62%). Nas demais zonas (Zona de Uso Extensivo e Zona de Uso Especial) o percentual médio de área

queimada no período atingiu menos de 1%.

Tabela 1. Percentual em área queimada por zona de manejo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, por ano da série histórica de 1990 a 2020.

*ZA – Zona de Amortecimento; ZI – Zona Intangível; ZP – Zona Primitiva; ZUEX – Zona de Uso Extensivo; ZUE – Zona de Uso Especial.*

<b>Ano</b>	<b>ZA</b>	<b>ZI</b>	<b>ZP</b>	<b>ZUEX</b>	<b>ZUE</b>	<b>Total</b>
1990	1,34	66,54	32,12	0,00	0,00	100,00
1991	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1992	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1993	60,01	13,56	23,25	3,18	0,00	100,00
1994	36,69	12,61	36,27	14,43	0,00	100,00
1995	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1996	93,70	0,00	6,30	0,00	0,00	100,00
1997	49,64	27,53	22,83	0,00	0,00	100,00
1998	19,43	78,11	2,46	0,00	0,00	100,00
1999	99,86	0,09	0,05	0,00	0,00	100,00
2000	62,49	10,84	26,66	0,00	0,00	100,00
2001	43,79	38,08	18,11	0,02	0,00	100,00
2002	68,00	21,52	10,48	0,00	0,00	100,00
2003	96,28	3,72	0,00	0,00	0,00	100,00
2004	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2005	68,92	4,28	25,67	1,12	0,00	100,00
2006	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2007	0,02	10,15	86,32	3,51	0,00	100,00
2008	90,55	0,01	8,18	1,27	0,00	100,00
2009	48,59	26,25	25,15	0,00	0,00	100,00
2010	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2011	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2012	95,10	0,00	4,90	0,00	0,00	100,00
2013	45,53	21,84	32,63	0,00	0,00	100,00
2014	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2015	91,76	0,14	8,10	0,00	0,00	100,00
2016	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2017	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2018	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2019	85,60	3,28	11,12	0,00	0,00	100,00
2020	56,27	21,60	19,08	1,86	1,19	100,00
<b>Média</b>	<b>74,63</b>	<b>11,62</b>	<b>12,89</b>	<b>0,82</b>	<b>0,04</b>	<b>100,00</b>

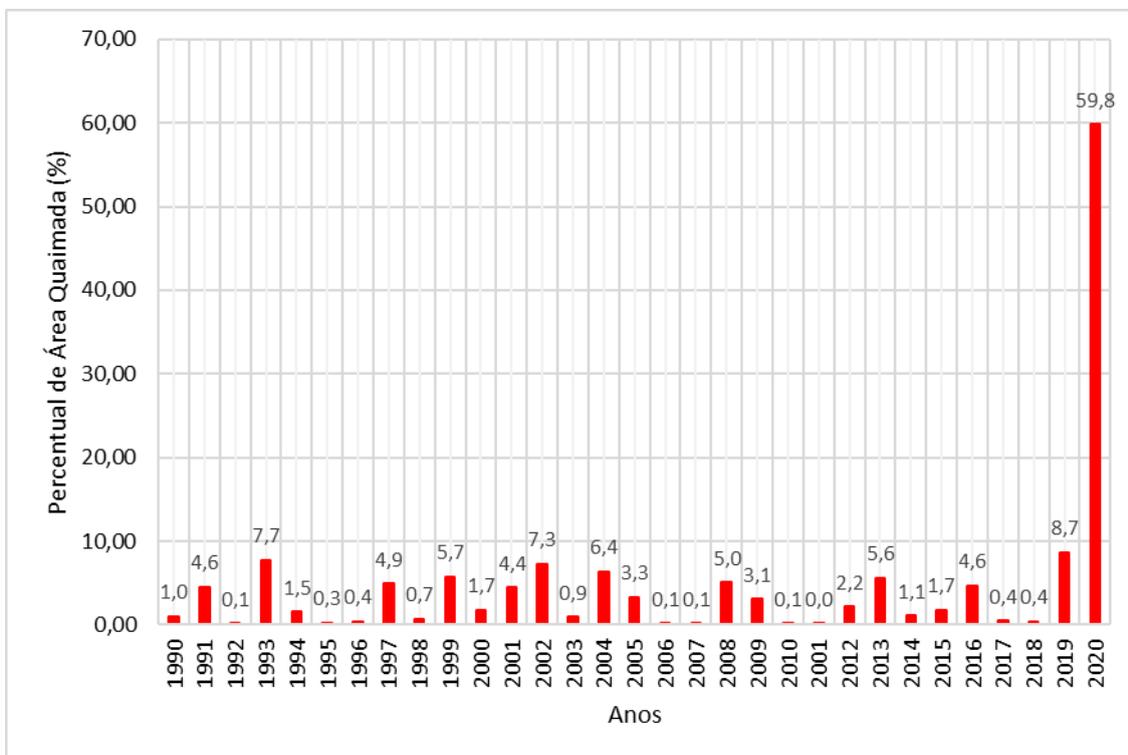
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

Em 1994, 1997, 2001, 2009, 2013 e 2020 foi constatada expressiva ocorrência de fogo em outras zonas do PNPM. Destaca-se a grande percentual de áreas de fogo em apenas algumas zonas, como ocorreu em 1998, quanto 78% da área atingida pelo fogo se deu somente na Zona Intangível, área de conservação prioritária do PNPM. Em 2007 observou-se que 86% das áreas queimadas ocorreu na Zona Primitiva.

A Figura 7 mostra a porcentagem da área da Zona de Amortecimento atingida

por queimadas no período de 1990 a 2020. Nota-se que entre 1990 e 2019 o percentual de área queimada não ultrapassou 10% da Zona de Amortecimento. Porém, em 2020 a proporção aumentou para 59,80%, valor nunca atingido desde o início da série, em 1990.

Figura 7. Percentual de área queimada dentro da Zona de Amortecimento do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, entre 1990 e 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

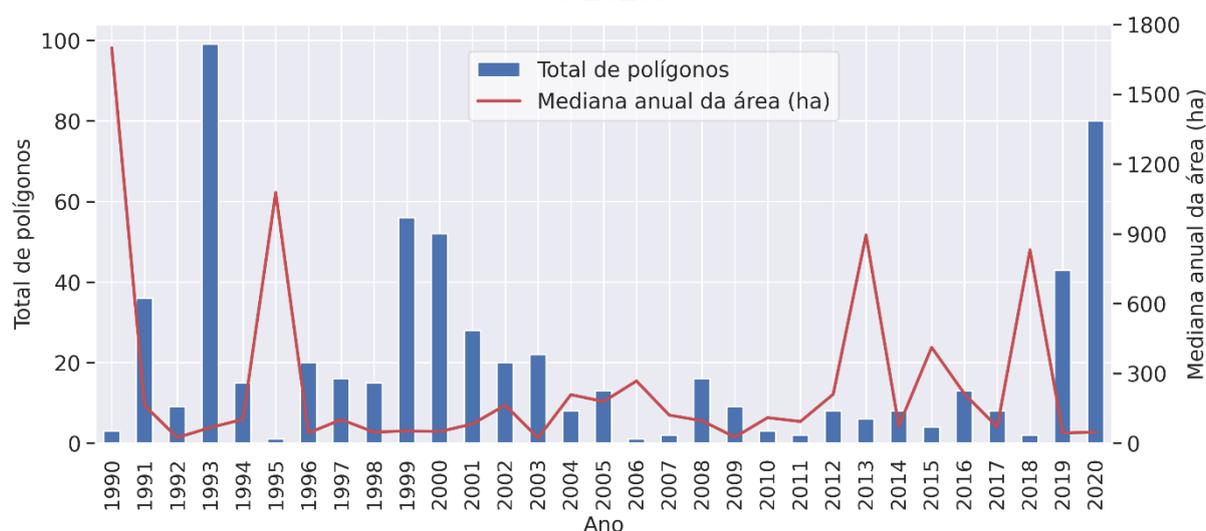
Os dados obtidos nesta pesquisa, relativos ao total de áreas atingidas pelo fogo em 2020, mostram a gravidade dos incêndios ocorridos no bioma do Pantanal na história recente. Dentre os possíveis fatores causadores deste fenômeno, podem estar o agravamento das secas, a crise política do Brasil, que, através do enfraquecimento da ciência, a flexibilização da legislação ambiental e da fragilidade na aplicação de leis, experimentou uma realidade de perda de biodiversidade e impacto nos ecossistemas (MAGNUSSON *et al.*, 2018). Leal Filho *et al.* (2021) apontam também a precarização do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que perdeu metade da equipe de funcionários que atuavam na fiscalização ambiental desde 2019. Esse fator contribuiu para a menor fiscalização e para a queda nas aplicações de multa, ocasionando o aumento nos incêndios criminosos durante a estação seca. No estado do Mato Grosso, por exemplo, houve um registro de apenas 173 multas ambientais em 2020, 52% a menos que em 2019 (LEAL FILHO *et al.*, 2021).

Além dos interesses comerciais, há falta de monitoramento devido a um número limitado de inspetores. O número de autos de infração é um dado importante que pode traduzir o esforço do governo em punir quem comete crimes ambientais. Quanto menor a frequência de inspetores do governo em campo, maior a sensação de impunidade para responsabilizar os infratores. (LEAL FILHO *et al.*, 2021, p. 33).

A Figura 8 mostra o número total de polígonos de fogo e o valor da mediana das áreas destes polígonos, por ano da série histórica analisada. Os anos que apresentaram os maiores números de polígonos de ocorrência de fogo foram 1993, 1999, 2000, 2019 e 2020, quantidade superior à média histórica do período. Entretanto, nestes anos foram observados valores menores da mediana das áreas dos polígonos. Isso pode indicar que a maior frequência de pequenas áreas queimadas pode estar associada a atividades de manejo da pastagem em fazendas próximas ao PNPM.

Os anos de 1990, 1995, 2013 e 2018 apresentam maiores valores da mediana das áreas dos polígonos, associadas a menor número de polígonos de fogo. Este fato pode estar associado à ocorrência de grandes incêndios contínuos, que consumiram maior área de vegetação, talvez por razões meteorológicas ou devido ao fogo não controlado. Ainda com base no diagrama da Figura 8, constata-se que o ano de 2020 apresentou uma quantidade e tamanho de polígonos similares às de 2013, isto é, grande número de incêndios que ocuparam individualmente áreas menores.

Figura 8. Número de polígonos de ocorrência de fogo e mediana anual das áreas dos polígonos no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, no período de 1990 a 2020.

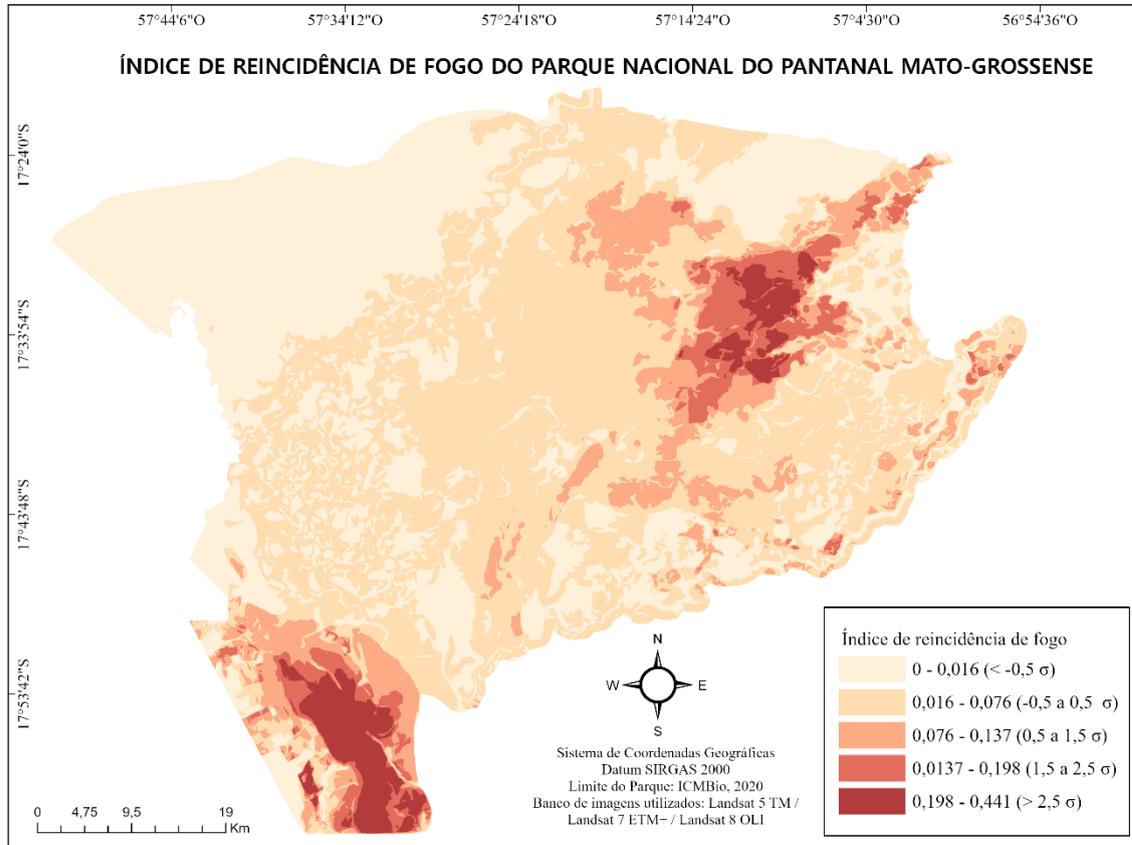


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

## ANÁLISE DO ÍNDICE DE REINCIDÊNCIA DE FOGO NO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE NO PERÍODO DE 1990 A 2020

O mapa do índice reincidência de fogo (IRF), apresentado na Figura 9, mostra a distribuição espacial das áreas anuais atingidas pelo fogo no PNPM durante a série histórica dos 31 anos, sobrepostas e acumuladas de 1990 a 2020.

Figura 9. Mapa do índice de reincidência de fogo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023

O mapa da Figura 9 mostra que as áreas que apresentaram os maiores valores de índice de reincidência de fogo situam-se na porção nordeste e extremo sudoeste do PNPM. Na Zona de Amortecimento foram constatados os maiores valores do IRF e com alta variabilidade. A área situada no noroeste da Zona de Amortecimento apresentou, de forma homogênea, os menores valores de reincidência, explicados provavelmente devido à presença dos maiores corpos hídricos perenes desta zona.

Na área nordeste da Zona de Amortecimento foram observados valores de IRF acima da média, variando de 0,198 a 0,441. Essa área situa-se, parcialmente, na RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) Estância Dorochê, onde há a menor frequência de rios e lagos, o que pode ter favorecido a propagação do fogo. De acordo com o Plano de Manejo do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense (IBAMA, 2003), os incêndios nesta área são ocasionados por atividades agropecuárias e de extração de mel, realizadas em fazendas próximas do PNPM.

Outra área com valores de IRF acima da média (IRF entre 0,198 e 0,441) é aquela situada no sudoeste da Zona de Amortecimento, com extensa superfície, na Serra do Amolar (Planalto Residual do Amolar), a única serra situada no interior do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense e da Zona de Amortecimento. Essa serra se distribui em altitudes em torno de 900 metros, contrastando com o restante do PNPM, que apresenta de terras baixas e planas (POLAZ, 2013). As altas altitudes impossibilitam a inundação da área, o que favorece a grande diversidade da flora. A vegetação desta área é composta pelas fitofisionomias de campo cerrado e campo

rupestre, com grande abundância de combustível natural, que, quando atingida pelo fogo, torna o seu controle muito difícil, agravado pela dificuldade de acesso à Serra do Amolar.

Nesta mesma área localizam-se as RPPNs Acurizal e Fazenda Penha, que foram atingidas pelo fogo em diversos anos da série histórica: 1990, 1991, 1999, 2002, 2004, 2008, 2012, 2016 e 2020. Essas reservas são estratégicas para o combate aos incêndios. Foi constatado também a presença de polígonos com bordas retilizadas, no extremo sudoeste da Zona de Amortecimento, que apresentaram IRF acima da média (IRF = 0,198 ou superiores a 0,441). A regularidade das bordas destes polígonos indica o uso e ocupação da terra por atividades agropecuárias, o que reforça a necessidade de se “incentivar a utilização de técnicas alternativas de manejo agrícola e pastoril, de forma a minimizar a ocorrência de incêndio no Parque” (p. 352, IBAMA, 2003).

Os menores valores de IRF foram identificados em áreas onde há a presença de lagos perenes, nas zonas de manejo Intangível e Primitiva. Nestes locais só foram identificadas áreas com ocorrência de fogo em 2020 – ano que apresentou maior frequência de incêndios em todo o PNPM. A Zona Intangível é caracterizada pelo alto grau de conservação e monitoramento ambiental, não sendo permitido quaisquer alterações humanas.

A Zona Primitiva configura-se como uma zona de transição entre a Zona Intangível e Zona de Uso Extensivo, onde as intervenções humanas são mínimas. Dentro da Zona Primitiva há uma importante área estratégica interna, denominada Base Retiro do Caracará, cujo principal objetivo é o combate a incêndios; essa base está em local estratégico para o controle do fogo, pois situa-se em uma área onde os valores do IRF são maiores que 0,258.

A Zona de Uso Extensivo apresenta valores de IRF entre 0 e 0,016. Esta zona não está identificada no Plano de Manejo do PNPM como de atenção para o combate ao fogo. O estudo de Araújo *et al.* (2017) mostrou a ocupação de pecuária e agricultura próxima a áreas com IRF acima da média nessa zona. Esse fato reitera a necessidade de fiscalização das fazendas situadas no entorno e dentro da Zona de Amortecimento.

A Zona de Uso Especial, por fim, apresentou os menores valores de reincidência ( $0,0 < IRF < 0,137$ ). Essa zona, que possui edificações destinadas a atividades administrativas e à manutenção do PNPM, foi atingida pelo fogo apenas em 2020. O fato de não ter ocorrido fogo na quase totalidade dos anos da série histórica provavelmente se deva ao fato de ela estar localizada próxima a corpos hídricos perenes e a matas ciliares, o que pode ter contribuído como barreira à propagação do fogo. Apesar do baixo valor de IRF constatado nesta zona, a gravidade dos incêndios de 2020 é um alerta para a preparação ao combate ao fogo também nesta zona, além, é óbvio, das demais zonas do PNPM, visto que, a partir da intensificação das secas e da perspectiva de mudanças climáticas, os eventos de fogo poderão se tornar ainda mais frequentes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que o fogo pode ser considerado um importante fator de perturbação para o Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense e de sua Zona de Amortecimento, e pode ameaçar a biodiversidade do local, caso novos eventos como os ocorridos em 2020 venham a se repetir. Mesmo apresentando grande quantidade de corpos hídricos perenes e um ciclo regular de inundação, o PNPM sofreu episódios de incêndios em todos os anos da série histórica analisada, com destaque para 1993,

2002, 2019, e, principalmente 2020.

Observou-se que a área, a quantidade e o número de polígonos com vegetação queimada no PNPM em 2020 atingiram valores nunca observados durante toda a série histórica investigada. A área de vegetação queimada no PNPM cresceu de 3,78% em 2019, para 77,38% em 2020, quando o fogo atingiu extensão inédita na história recente. Na Zona de Amortecimento este crescimento foi de 8,7% em 2019 para 59,9% em 2020.

A proporção de áreas com vegetação queimada e os valores do índice de reincidência de queimadas muito acima da média, observados na Zona de Amortecimento, quando comparados aos das outras zonas do PNPM, evidenciam a necessidade de atenção especial e de implantação de programas de vigilância e mitigação do fogo nesta zona. A identificação de incêndios na Serra do Amolar é outro dado importante identificado em nossa pesquisa, que mostra um problema que pode se agravar, em razão da dificuldade de acesso para o combate do fogo nesta área. Recomenda-se, portanto, que se reúnam esforços para aumentar o número de postos estratégicos de combate ao fogo no entorno desta área, para que este não se espalhe para o interior do PNPM.

Identificou-se também que a Zona Intangível e a Zona Primitiva sofreram com queimadas em diversos anos da série temporal, com destaque para 1998 e 2007. Estas zonas apresentaram índice de reincidência acima da média em sua porção nordeste, e, por isso, necessitam também da implantação de novos pontos estratégicos para o combate aos incêndios.

A Zona de Uso Especial e a Zona de Uso Extensivo foram as menos atingidas pelo fogo durante o período de análise, com exceção para 2020. Contudo, dado ao cenário de mudanças climáticas, ao aumento no número de meses da seca verificados no bioma do Pantanal e à diminuição do ritmo de inundação no Pantanal, estima-se a possibilidade do aumento das áreas a serem atingidas pelo fogo nos próximos anos.

Pelo exposto acima, entende-se que as equipes de brigada de combate ao fogo no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense devem estar preparadas para combater incêndios em todas as suas zonas. O aumento na fiscalização em fazendas situadas nas proximidades do PNPM e na Zona de Amortecimento, são imprescindíveis para que as queimadas ilegais sejam evitadas. Além disso, é pertinente a implantação local de projetos de conscientização para manejo de atividades agropecuárias que não utilizem o fogo como prática.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, C.; SABINO, J. Seasonal Pantanal flood pulse: implications for biodiversity. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 4, p. 958-978, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8249>>. Acesso em: abr. 2021.

AMANI, M.; GHORBANIANI, A.; AHMADI, S.; KAKOOEI, M. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 13, p. 5326-5350, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9184118>. Acesso em: fev. 2022.

ARAÚJO, D. S.; SOBRINHO, A. C. G.; COORDEIRO T. F. Contribuições para o estudo do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, com a utilização de sensoriamento

remoto. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 6352-6359, 2017.

DAMASCENO-JÚNIOR, G. A.; ROQUE, F. O.; GARCIA, L. C.; RIBEIRO, D. B. et al. Lessons to be learned from the wildfire catastrophe of 2020 in the Pantanal wetland. **Wetland Science & Practice**, v. 38, n. 2, p. 107-115, 2021.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnapantanalmatogrossense/index.php>. Acesso em: mar. 2021.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de manejo do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense**, Brasília/DF 2003. 504 p. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-conservacao/parna\\_matogrossense.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-conservacao/parna_matogrossense.pdf)> Acesso em: abr. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas territoriais**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso: mar. 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento dos Focos Ativos por Bioma**. 2020. Disponível em: <[http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas\\_estados/](http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/)>. Acesso em: abr. 2021.

LASA - LABORATÓRIO DE APLICAÇÕES DE SATÉLITES AMBIENTAIS. **Área queimada – Pantanal 2020**. 2020. Disponível em: <[www.lasa.ufrj.br/noticias/area-queimada-pantanal-2020/](http://www.lasa.ufrj.br/noticias/area-queimada-pantanal-2020/)>. Acesso em: mar. 2021.

LEAL FILHO, W.; AZEITEIRO, U. M.; GOMES, B. M. F.; SALVIA, A. Fire in paradise: why the Pantanal is burning? **Environmental Science & Policy**, v. 123, p. 31-34, 2021.

LIBONATI, R.; PERES, L.; CARVALHO, L. A. S.; DECAMARA, C. C. Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. **Nature**, v. 588, n. 7837, p. 217-219, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-020-03464-1>>. Acesso em: abr. 2021.

LIBONATI, R.; PEREIRA, A.A.; SANTOS, F. L. M.; RODRIGUES, J.A.; SETZER, A. W. Sensoriamento remoto de áreas queimadas no Brasil: progressos, incertezas, desafios e perspectivas futuras. In: SETZER, A. W.; FERREIRA, N. J. (org.). **Queimadas e Incêndios Florestais mediante monitoramento orbital**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. Cap. 2. p. 1-296.

LÁZARO, W. L.; OLIVEIRA-JR, E. S.; SILVA, C. J.; CASTRILLON, S. K. Climate change reflected in one of the largest wetlands in the world: an overview of the Northern Pantanal water regime. **Acta Limnol. Bras.**, Rio Claro, v. 32, e. 104, 2020.

MACEDO, H. A.; SILVA, A.; NEVES, S. M. A.; NEVES, R. J. **Avaliação das queimadas no Pantanal do Paraguai na região de Corumbá e Ladário, MS no período de maio de 2009.** Disponível em: <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2009/cd/p151.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

MAGNUSSON, W. E.; GRELE, C. V.; MARQUESM, M. C. M.; ROCHA, C. F. D. *et al.* Effects of Brazil's political crisis on the science needed for biodiversity conservation. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 163, 2018.

MATOS, N. M. **Incêndios florestais no bioma pantanal:** Dinâmica espacial e temporal entre 2003 e 2013. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília. Brasília, p. 107. 2014. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/10146>>. Acesso em: abr. 2021.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. C. Análise da distribuição espacial das queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra (MG), entre 1984 e 2017. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p. 52-71, 2019.

MORAES, E. C.; MATAVELI, G. A. V.; SANTOS, P. R.; SILVA, B. Estudo da dinâmica de queimada no bioma Pantanal no período de 2002 a 2015. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3423-3430, 2017.

MORELLI, F.; SETZER, A.; JESUS, S.C. Focos de queimadas nas unidades de conservação e terras indígenas do Pantanal, 2000-2008. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, p. 7-11, 2009.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2021. **Sítios Ramsar**, [s.d]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/processo-eletronico/item/8564.html>>. Acesso em: abr. 2021.

PCBAP. PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Diagnóstico dos meios físicos e bióticos: meio biótico**. Brasília, DF. 400p. 1997.

POLAZ, C. N. M. **Caracterização da ictiofauna e aplicação do índice de integridade biótica no Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense, Poconé, MT.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 175. 2013

POTT, A. Dinâmica da vegetação do Pantanal. **Tópicos atuais em Botânica**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, p. 172-182, 2000.

QGIS 2022. **QGIS Geographic Information System:** Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

RODRIGUES, C. A. G.; CRISPIM, S. M. A.; FILHO, J. A. C. **Queimada controlada no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002.

SOUZA, J. W. F. de; LEITE, E. F. Determinação da área queimada no Pantanal da Nhecolândia no ano de 2017. **Biodiversidade Brasileira. BioBrasil**, n. 1, p. 144-144, 2019. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/images/wildfire/posteres/ID938.pdf>>. Acesso em: abr. 2021.

SORIANO, B. M. A.; CARDOSO, E. L.; TOMAS, W. M.; SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A. et al. **Uso do fogo para o manejo da vegetação no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2020. 18 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214625/1/Uso-fogo-manejo2020.pdf>>. Acesso em: abr. 2020.