



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

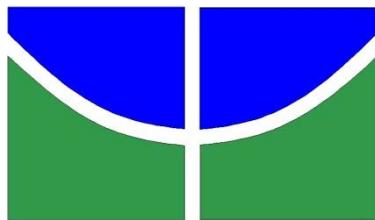
Impactos do fogo na Bacia Amazônica no estado de Mato Grosso

Danilo Guimarães Dantas

Brasília, 15 de abril de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

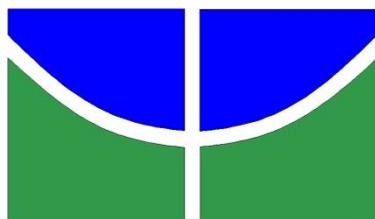
Impactos do fogo na bacia Amazônica no estado de Mato Grosso

Danilo Guimarães Dantas

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Brasília-DF, 15 de abril de 2022



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Impactos do fogo na bacia Amazônica no estado de Mato Grosso

Estudante: Danilo Guimarães Dantas

Matrícula: 14/0018794

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

MSc. Renato Nassau Lôbo
Difusão Consultoria Ltda.
Membro da Banca

Brasília-DF, 15 de abril de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

GD192i Guimarães Dantas, Danilo
Impactos do fogo na bacia Amazônica no estado de Mato Grosso / Danilo Guimarães Dantas; orientador Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi. -- Brasília, 2022.
47 p.

Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) --
Universidade de Brasília, 2022.

1. Geoprocessamento. 2. Amazônia. 3. Cerrado. 4. Queimadas. 5. Conservação. I. Aparecido Trondoli Matricardi, Eraldo, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DANTAS, D. G. (2022). IMPACTOS DO FOGO NA BACIA AMAZÔNICA NO ESTADO DE MATO GROSSO. Trabalho de conclusão de curso, **Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília**, Brasília, DF, 47 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Danilo Guimarães Dantas 1

TÍTULO: IMPACTOS DO FOGO NA BACIA AMAZÔNICA NO ESTADO DE MATO GROSSO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Florestal ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Danilo Guimarães Dantas
Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT
Universidade de Brasília (UnB)
Campus Darcy Ribeiro
CEP 70919-970 – Brasília – DF - Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Fernando e Marliene, por me apoiarem a todo momento e priorizarem minha educação apesar e acima de tudo;

A minha irmã, Fernanda, e sobrinhos, Laura e Miguel, por tornarem os dias mais leves ao longo do caminho;

Aos meus amigos, Raynie, Robert e Felipe, com os quais sei que posso contar;

Ao Rogério e a Annie, meus maiores exemplos no curso e como Engenheiros Florestais;

Ao meu ex-chefe, Renato Nassau Lôbo, e colegas de trabalho da Difusão Consultoria, por todo aprendizado e profissionalismo;

A todos meus colegas de curso, e agora colegas de profissão, que me ajudaram e que pude contribuir de alguma forma;

Aos professores, com os quais aprendi não somente minha profissão, mas também à me tornar um ser humano que busca sua melhor versão todos os dias;

E ao meu orientador, Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi, pessoa que me inspiro como profissional, pela disponibilidade em me guiar nesse trabalho e por tantas outras vezes durante a graduação.

RESUMO

IMPACTOS DO FOGO NA BACIA AMAZÔNICA NO ESTADO DE MATO GROSSO

A ocorrência do fogo nos biomas Amazônia e Cerrado brasileiro é um fenômeno de grande preocupação devido aos decorrentes impactos socioeconômicos e ambientais. No presente estudo, foram avaliadas as áreas impactadas por fogo na parte da bacia Amazônica inserida no território do estado de Mato Grosso, abrangendo uma área total de 594.426 quilômetros quadrados, com registros de altas taxas de ocorrência de fogo e desmatamento para fins agropecuários. Incluiu-se uma análise espaço-temporal da ocorrência de fogo em áreas de florestas e cerrado entre 2016 e 2021, avaliando a distribuição espacial do fogo nos municípios, os usos e coberturas da terra mais afetados, bem como a ocorrência de fogo dentro de Unidades de Conservação e Terras Indígenas da área de estudo. Utilizou-se classificação supervisionada de imagens do Sentinel-2, comparando com dados do uso e cobertura da terra produzidos pelo projeto Mapbiomas, com geoprocessamento implementado com código de execução na plataforma *Google Earth Engine*. Os resultados deste estudo indicam tendência de crescimento da ocorrência de incêndios na área estudada, sendo a vegetação do Cerrado a mais afetada. Dentre os usos da terra, a Pastagem foi o uso mais atingido por fogo, o que indica a preferência do uso do fogo para o manejo dessas áreas, que aumenta o risco de sua propagação para o interior de outras áreas e a ocorrência de incêndios florestais. No município com maior área atingida por fogo, encontra-se a Terra Indígena mais atingida, o que indica processos de ocupação ilegal nestas áreas protegidas por lei. É necessária a tomada de medidas de controle, combinadas com ações de prevenção e combate ao fogo, para reduzir os impactos causados pelos incêndios florestais em áreas de vegetação nativa na região Amazônica.

Palavras-Chave: Amazônia, Cerrado, Pastagem, queimadas, cobertura, uso da terra, conservação e Google Earth Engine.

ABSTRACT

IMPACTS OF FIRE IN THE AMAZON AND CERRADO OF MATO GROSSO

The occurrence of fire in the Brazilian Amazon and Cerrado biomes is a phenomenon of great concern due to its resulting socioeconomic and environmental impacts. In this study, the areas impacted by fires in the part of the Amazon basin within the territory of the state of Mato Grosso were assessed, covering a total area of 594,426 km² showing records of high rates of occurrence of fire and deforestation for agricultural purposes. This study included a spatiotemporal analysis of the occurrence of fires in forests and cerrado vegetation occurred between 2016 and 2021, analyzing the spatial distribution of fires in municipalities, the most affected land uses and covers, as well as the occurrence of fire within Indigenous Lands and Conservation Units in the study area. I applied supervised classification of Sentinel-2 images, comparing it with data from land use and coverage produced by the Mapbiomas project, and geoprocessing implemented using a programming code on the Google Earth Engine platform. This study results indicate an increasing trend of the occurrence of fires in the study area, where native Cerrado vegetation was the most affected by fires. The Pasture was the most affected land use type by fires, which indicates the preference of farmers to use fire as a management technique in that region, which increases of fire to spread to other areas causing several forest fires. In the municipality showing the largest area affected by fire, there was also the most affected by fire Indigenous Land, which indicates the occurrence of illegal occupation of those protected areas. It is necessary to take measures of fire control combined with prevention and fire-fighting actions, to reduce the impacts caused by forest fires in native vegetation in the Amazon region.

Keywords: Amazon, Cerrado, Pasture, burning, cover, land use, conservation, and Google Earth Engine.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. O problema e questões de pesquisa	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Bioma Amazônico	13
3.1.1. Importância	14
3.1.2. Amazônia Legal	15
3.2. Bioma Cerrado	17
3.3. Uso do fogo	18
3.3.1. Impactos causados	18
3.4. Unidades de Conservação	19
3.5. Terras Indígenas	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Caracterização da área de estudo	23
4.2. MapBiomas	23
4.3. Sentinel-2	24
4.4. Processamento de dados na Plataforma Google Earth Engine – GEE	25
4.5. Análise espaço-temporal de queimadas em usos e cobertura de solo distintos	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. Análise da acurácia	26
5.2. Dinâmica de queimadas entre 2016 e 2021	27
5.2.1. Incidência nos biomas	28
5.2.2. Uso e cobertura do solo atingidos por fogo	32
5.2.3. Municípios mais atingidos	33
5.2.4. Relação das queimadas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas	35
5.3. Análise da frequência	37
6. CONCLUSÃO	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
8. APÊNDICES	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do bioma Amazônia em território brasileiro.....	14
Figura 2. Divisão político-administrativa dos estados que compõem a Amazônia Legal brasileira.....	16
Figura 3. Localização do bioma Cerrado no território brasileiro.....	17
Figura 4. Localização das Unidades de Conservação e Terras Indígenas inseridas na bacia Amazônica dentro do estado de Mato Grosso.....	21
Figura 5. Localização da área de estudo no estado de Mato Grosso, com destaque para as áreas ocupadas pelos biomas Amazônia e Cerrado.....	22
Figura 6. Áreas atingidas por fogo na área e período (2016 a 2021) de estudo.....	26
Figura 7. Valores de área queimada para as fitofisionomias dos biomas Amazônia e Cerrado na área e período do estudo com dados derivados do Sentinel-2.....	27
Figura 8. Áreas queimadas nas Terras Indígenas e Unidades de Conservação na área do estudo entre 2016 e 2021.....	35
Figura 9. Recorrência do fogo entre 2016 e 2021 na área do estudo, com os biomas Amazônia e Cerrado ao fundo.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação das Unidades de Conservação presentes na área de estudo.....	20
Tabela 2. Relação das Terras Indígenas presentes na área de estudo.....	22
Tabela 3. Classes de Cobertura e Uso da Terra, Coleção 5 do MapBiomias.....	24
Tabela 4. Áreas de cada cobertura de terra atingida pelo fogo na área e período de estudo...	28
Tabela 5. Área queimada estimada (km ² e %) nos municípios mais atingidos por fogo nos biomas Amazônia e Cerrado na área de estudo entre 2016 e 2021.....	30
Tabela 6. Área queimada estimada (km ² e %) nos municípios mais atingidos por fogo no bioma Amazônico na área de estudo entre 2016 e 2021.....	31
Tabela 7. Área queimada estimada (total e %) nos municípios mais atingidos por fogo no bioma Cerrado na área de estudo entre 2016 e 2021.....	32
Tabela 8. Área queimada estimada (total e %) nos municípios com pastagens mais atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.....	32
Tabela 9. Área queimada estimada (total e %) nos municípios mais atingidos por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.....	34
Tabela 10. Área queimada estimada total e relativa (%) nas Unidades de Conservação atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.....	35
Tabela 11. Área queimada estimada total, % e relativa (%) nas Terras Indígenas mais atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.....	36
Tabela 12. Frequência da ocorrência do fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.....	39

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais constituem um dos ecossistemas mais desenvolvidos e ao mesmo tempo mais ricos em espécies do planeta, incluindo florestas úmidas/perenifólias altamente estratificadas, ocupando zonas próximas ao Equador, com precipitações que excedem os 2.000 mm anuais. Na América do Sul, esse ecossistema encontra-se nas bacias do Amazonas e do Orinoco. Ainda que ocupem originalmente 17 milhões de quilômetros quadrados e, apesar de toda sua importância, as florestas tropicais continuam sendo destruídas de forma ampla e intensa (DA SILVA, 2009). Ressalta-se que a Floresta Equatorial cumpre uma função fundamental para o equilíbrio ambiental, principalmente no que diz respeito às condições climáticas e ao ciclo da água (ORELLANA, 2020).

A Amazônia é a região de maior biodiversidade do planeta. Por isso, tem papel central na luta pela conservação da biodiversidade e no controle do aquecimento global (DA SILVA, 2010). É o maior de todos os biomas brasileiros e está inserida em outros 8 países do norte da América do Sul (DA SILVA, 2010). A diversidade de sua vegetação nativa é muito grande. São 22 tipos de formações florestais diferentes, além de uma dezena de vegetações campestres, não florestais e mistas. O domínio do bioma amazônico avança por cerca de 4.199.249 km² (DE MIRANDA et al., 2020), abrangendo praticamente toda a região Norte do país, além de parte do Centro-Oeste no estado do Mato Grosso e Nordeste no estado do Maranhão (MARTHA JÚNIOR et al., 2011).

O termo Amazônia teria sua origem com Orellana, tido como o primeiro explorador a navegar o principal rio da região, ainda em 1542. Teria combatido com índias guerreiras e desacompanhadas, as quais denominou de Amazonas (COSTA, 2002), em referência à lendária nação de mulheres guerreiras da mitologia grega. O rio passaria a se chamar rio das Amazonas (BARROS, 2000), ou rio Amazonas e daria origem ao nome da região e ao bioma.

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia (MMA, 2022). Há fitofisionomias savânicas no bioma Cerrado, a mais rica flora dentre as savanas do mundo, com mais de 7.000 espécies e com alto nível de endemismo (MVC, 2015). Este é adaptado aos diferentes climas presentes em toda sua extensão e é adaptado ao fogo, desde que em anos intermitentes. Assim, o uso do fogo para a abertura de áreas virgens e para estimular o rebrotamento das pastagens, atividade comumente empregada, é prejudicial, pois causa perda de nutrientes, compactação, erosão dos solos e degradação da biota nativa (KLINK, 2005).

Há projeções de uma situação mais permanente de aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico equatorial e do Oceano Atlântico equatorial norte, com consequências diretas sobre a diminuição das taxas de precipitação na Amazônia, que pode levar a formação de um novo clima, comparável a ecossistemas de vegetação típica de savana (CÂNDIDO, 2007). A precipitação está diretamente ligada à quantidade de incêndios florestais (WHITE et al., 2011).

Relatório do IPCC de 2022 alerta para necessidade de tomada de ações urgentes para lidar com efeitos da mudança climática em curso, que podem ser irreversíveis se tais ações não forem tomadas, como a perda de estoques de carbono em importantes biomas ao redor do mundo (LI et al., 2022). Segundo o relatório, aproximadamente 3.3 bilhões de pessoas vivem em países com alta vulnerabilidade humana às mudanças climáticas, entre eles o Brasil, e os atuais padrões de desenvolvimento não são sustentáveis e têm nos direcionado a um cenário catastrófico (IPCC, 2022).

O relatório também afirma que se ações de curto prazo para limitar o aquecimento global a 1,5 °C fossem implementadas, contribuiriam para reduzir substancialmente as perdas e danos projetados em comparação com níveis mais altos de aquecimento (IPCC, 2022). Se o aquecimento global exceder 1,5 °C nas próximas décadas, há previsões de que enfrentaremos riscos ambientais adicionais. A depender da magnitude e duração desse incremento, alguns impactos serão irreversíveis mesmo com posterior redução (IPCC, 2022).

1.1. O problema e questões de pesquisa

A bacia Amazônica tem sido objeto de forte pressão antrópica com a finalidade de expansão agrícola, pecuária, urbana e mineral. Embora predomine a ocorrência de florestas tropicais, a bacia Amazônica é composta por diversas formações vegetais, incluindo formações savânicas. O uso do fogo em atividades antrópicas tem levado ao aumento da propagação e ocorrência do fogo em áreas de vegetação natural, tanto do Cerrado quanto da Amazônia. As áreas atingidas por fogo têm sido monitoradas usando sistemas de baixa resolução espacial (INPE - BD Queimadas, 2022) e monitoramento por satélite até 2020 (Projeto Mapbiomas Fogo).

Diante da problemática exposta, buscou-se no presente estudo avaliar as áreas impactadas por fogo na parte da bacia Amazônia inseridas no estado do Mato Grosso, uma região de fronteira do desmatamento nas últimas décadas, usando dados do satélite Sentinel-2, norteado pelas seguintes questões de pesquisa:

1. Qual a área atingida por fogo na parte da bacia Amazônia inserida no estado de Mato Grosso, entre 2016 e 2021? Qual a ocorrência de fogo dentro de áreas protegidas?
2. Qual a recorrência de fogo na área de estudo? Onde estão localizadas as áreas com maior frequência de fogo? Quais os usos da terra mais atingidos?
3. Qual a acurácia da classificação das áreas atingidas por fogo usando dados do satélite Sentinel-2?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar as áreas atingidas por fogo na parte da bacia Amazônica inserida no território do estado de Mato Grosso, observando o local da ocorrência, a frequência e identificando os tipos de usos e cobertura da terra mais atingidos.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar a área atingida por fogo na área de estudo, utilizando dados derivados do satélite Sentinel-2;
- Verificar a dinâmica espaço-temporal da ocorrência do fogo;
- Identificar usos e cobertura da terra mais atingidos pelo fogo;
- Identificar as regiões, dentro da área de estudo, que tiveram maior frequência de ocorrência do fogo no período de estudo;
- Quais as Unidades de Conservação e Terras Indígenas afetadas pelo fogo no período de estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Bioma Amazônico

O bioma Amazônico tem 4.199.249 quilômetros quadrados e representa 49,3% do território brasileiro. É o maior dos biomas brasileiros e sua diversidade de vegetação nativa é imensa. São 22 tipos de formações florestais diferentes, que representam 90,4% do bioma, além de várias formações campestres, não florestais e mistas. (DE MIRANDA et al., 2020) A floresta é monitorada anualmente, em relação ao desmatamento por corte raso, pelo Programa Prodes do INPE (PRODES, 2021). Desde os primeiros desmatamentos até os dias atuais, a área total desmatada, acumula uma superfície de 743.100 quilômetros quadrados, equivalentes a 19,6% da parte florestal do bioma Amazônia e a 17,7% de sua extensão total (DE MIRANDA et al., 2020; INPE - BD Queimadas, 2022).

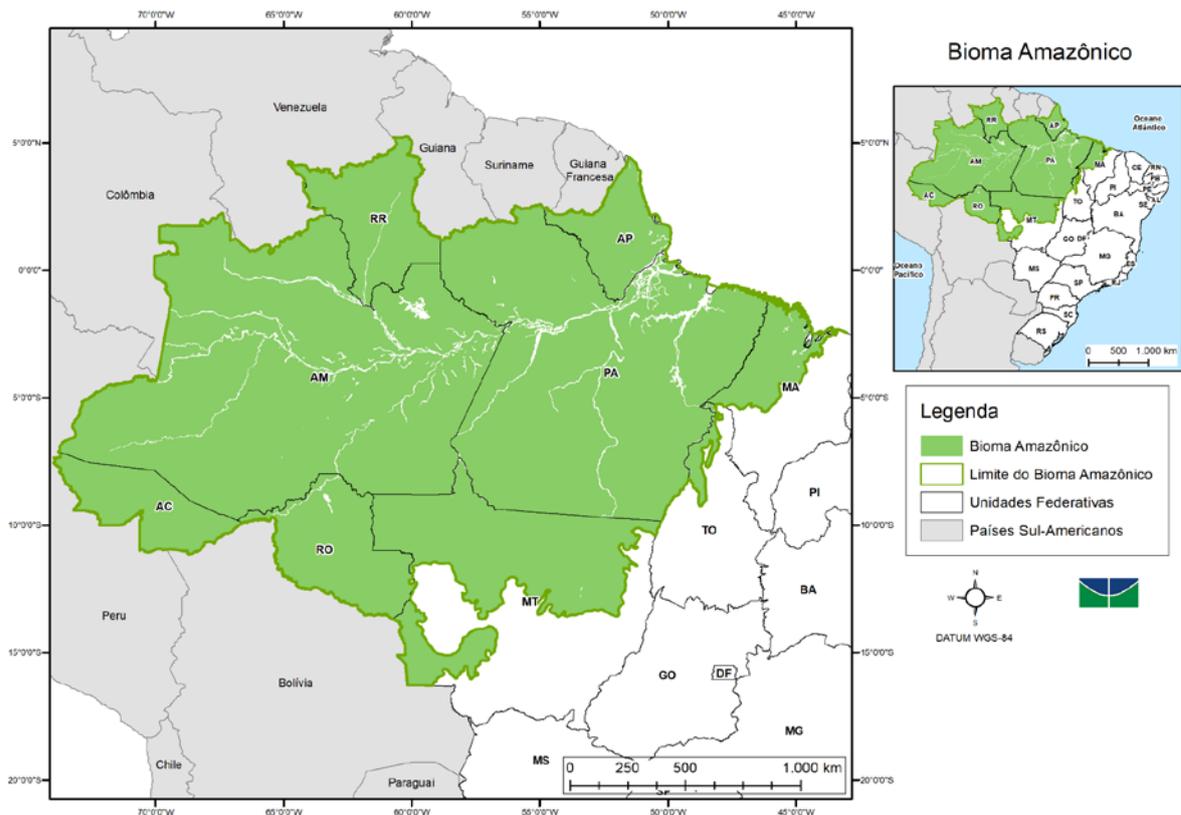


Figura 1. Localização do bioma Amazônia em território brasileiro. Fonte: IBGE e MMA (2022).

Assim como outros biomas brasileiros, a Amazônia tem sofrido com o desmatamento e degradação da vegetação nativa que, associado a entrada de fogo e a ocorrência de incêndios florestais, agrava o potencial do bioma à savanização (COCHRANE et al., 1999). Estudos de alteração do uso e cobertura da terra de biomas brasileiros têm sugerido a possibilidade de savanização de parte da Amazônia até o final deste século (CÂNDIDO, 2007). Esta hipótese se deve a vários fatores, sendo que o avanço sob a floresta é o principal deles, o qual é agravado pelo processo de mudança climática em curso e seus efeitos (CÂNDIDO, 2007).

3.1.1. Importância

As florestas da Amazônia brasileira têm importância ecológica pois correspondem a 1/3 das florestas tropicais remanescentes do mundo (ANWAR; STEIN, 2012), possuindo a mais elevada biodiversidade, maior banco genético e 1/5 da disponibilidade mundial de água potável (IBGE, 2011). Mudanças nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para e da região e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, não somente sobre a Amazônia, mas em outras partes do país, da América do Sul e do mundo (CORREIA, 2007).

A Amazônia exerce um importante efeito sobre o clima do continente, pois há grande efeito de evapotranspiração da região que é carregada para as regiões ao sul, pelos chamados rios voadores (BEATRIZ, 2020). A Floresta Amazônica funciona basicamente como uma bomba de água natural, que abastece o restante do Brasil e os impactos do desmatamento são sentidos na diminuição de chuvas nas regiões centro-oeste, sudeste e Sul (BEATRIZ, 2020). Além disso, o desmatamento e queimadas alteram o clima e influenciam diretamente no aquecimento global, pois a floresta desempenha importante função de distribuição do calor da Terra pelas massas de ar (RAMOS, 2021).

3.1.2. Amazônia Legal

A Amazônia Brasileira passou a ser chamada de Amazônia Legal a partir da criação da Lei Federal em 1953 pelo Governo Federal, com motivações políticas e objetivo de desenvolvimento econômico-socioambiental da região. Com a lei, a área passou a abranger 5.016.136 quilômetros quadrados (cerca de 59% do país) e conter 20% do bioma cerrado, além de todo o bioma Amazônia em território nacional. Compreende, em sua totalidade, todos os Estados em que o Bioma Amazônico está presente e, parcialmente, o Estado do Maranhão (MARTHA JÚNIOR et al., 2011).

A região foi descrita pela Lei Federal nº 1.806 de 06 de janeiro de 1953, Artigo 2º:

"A Amazônia brasileira, para efeito de planejamento econômico e execução do plano definido nesta lei, abrange a região compreendida pelos Estados do Pará e do Amazonas, pelos territórios federais do Acre, Amapá, Guaporé e Rio Branco, e ainda, a parte do Estado de Mato Grosso a norte do paralelo 16º, a do Estado de Goiás a norte do paralelo 13º e do Maranhão a oeste do meridiano de 44º."

Em 1966, pela Lei Federal nº 5.173 de 27 de outubro de 1966, Artigo 2º, o conceito de Amazônia Legal é reinventado para fins de planejamento:

"A Amazônia para efeitos desta lei, abrange a região compreendida pelos Estados do Acre, Pará e Amazonas, pelos Territórios Federais do Amapá, Roraima e Rondônia, e ainda pelas áreas do Estado de Mato Grosso a norte do paralelo 16º, do Estado de Goiás a norte do paralelo 13º e do Estado do Maranhão a oeste do meridiano de 44º."

Assim, pelo artigo 45 da Lei complementar nº 31, de 11 de outubro de 1977, a Amazônia Legal tem seus limites ainda mais estendidos:

“A Amazônia, a que se refere o artigo 2º da lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1966, compreenderá também toda a área do Estado de Mato Grosso.”

E, por fim, com a Constituição Federal de 05 de outubro de 1988, Artigos 13º e 14º, é criado o Estado do Tocantins e os territórios federais de Roraima e do Amapá são transformados em Estados Federados:

“Art. 13 É criado o Estado do Tocantins, pelo desmembramento da área descrita neste artigo, dando-se sua instalação no quadragésimo sexto dia após a eleição prevista no § 3º, mas não antes de 1º de janeiro de 1989.”

“Art. 14 Os Territórios Federais de Roraima e do Amapá são transformados em Estados federados, mantidos seus atuais limites geográficos.”



Figura 2. Divisão político-administrativa dos estados que compõem a Amazônia Legal brasileira. Fonte: IBGE (2022).

3.2. Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (FELFILI, 2001) e conhecido como o berço das águas, pois abriga as nascentes de vários importantes rios brasileiros, abastecendo um total de oito bacias hidrográficas (SOUZA, 2019), além de ser uma das savanas mais ricas em espécies do planeta (DAMASCOS, 2005). O bioma Cerrado abrange uma área de mais de dois milhões de quilômetros quadrados, com a maior parte de sua área localizada no Planalto Central do Brasil (RIBEIRO et al., 1998). A região dos Cerrados se estende de forma contínua pelos estados de Goiás e Tocantins, o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e, ainda, em áreas disjuntas nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, no Paraná (RIBEIRO et al., 1998). Historicamente a vegetação do Cerrado é condicionada pelo clima, características físico-químicas do solo, fogo, profundidade do lençol freático e mais recentemente, por atividades antrópicas como criação de gado, desmatamento e agricultura (RIBEIRO et al., 1998).

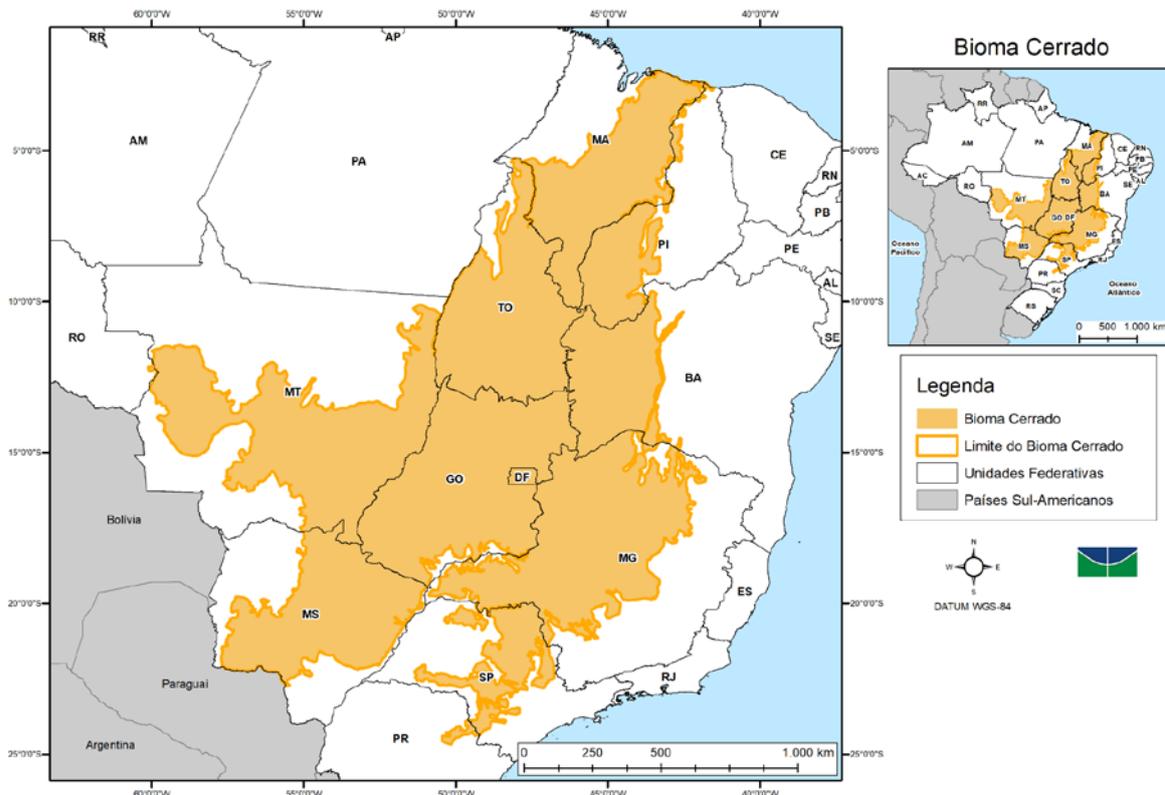


Figura 3. Localização do bioma Cerrado no território brasileiro. Fonte: IBGE e MMA (2022).

O bioma está ficando mais quente e seco e pode atingir seu colapso ecossistêmico. É o que mostra o estudo de Hofmann (2021), e tem como principal causa o crescimento da atividade agropecuária nas últimas décadas. Cerca da metade da área do bioma Cerrado já foi desmatada,

sendo que 40% da sua área total é ocupada por áreas de pastagem e culturas agrícolas (SANO et al., 2008), e 90% destas é composta por soja (CARNEIRO FILHO, 2016). Mais de 70% da soja produzida no Brasil é exportada (APROSOJA, 2021).

3.3. Uso do fogo

O fogo é tido como um instrumento de manejo da terra usado na agricultura e pecuária. Traz uma série de facilidades e benefícios ao produtor, pois prepara a terra para o cultivo, além de ser barato e acessível (CABRAL, 2013). É comumente empregado como técnica de gerenciamento para limpar a terra de detritos de madeira e ervas daninhas invasoras, e como promotor do aumento da fertilidade dos solos, pois provoca a queima da cobertura vegetal (COUTINHO, 2005). Apesar de parte dos nutrientes serem volatilizados, uma boa parte é depositada no solo sob a forma de cinzas, aumentando a quantidade de nutrientes disponíveis para o crescimento e desenvolvimento das culturas (COUTINHO, 2005). No entanto, esse aumento da fertilidade é temporário. Os rendimentos oriundos dos cultivos frequentemente declinam entre um e três anos após a derrubada da floresta (CABRAL, 2013). Apesar de atividades distintas, o desmatamento e as queimadas estão associados, pois após a derrubada de uma floresta, quase sempre há a queima do material vegetal restante (GONÇALVES et al., 2012).

3.3.1. Impactos causados

O entendimento da dinâmica do fogo é fundamental no contexto das mudanças climáticas e nos processos de degradação florestal (MATRICARDI, 2013). Os desmatamentos e as queimadas são duas das maiores questões ambientais enfrentadas pelo Brasil (GONÇALVES et al., 2012). Pelo fato de o Mato Grosso ser o segundo maior produtor de madeira em tora da Amazônia (MORETTI, 2018), torna-se extremamente importante monitorar a ocorrência de incêndios para que se evitem impactos ao setor florestal e ao meio ambiente.

Como o declínio do cultivo ocorre entre um e três anos após a derrubada e queima da floresta (CABRAL, 2013; GONÇALVES et al., 2012), a cada ano o agricultor se vê na necessidade de desmatar uma nova área de floresta para garantir sua subsistência, o que gera um comportamento cíclico de derrubada, fragmentação da floresta e abandono de terras improdutivas, com solo exposto à ação erosiva (CABRAL, 2013).

Quando o fogo é usado em áreas florestais fragmentadas e expostas pelo desmatamento, o material remanescente destes aumenta a chance de espalhar fogo por todas as florestas

fragmentadas na região amazônica (ALENCAR et al., 2004). Visto que a maioria das plantas de floresta tropical úmida não são adaptadas ao fogo (UHL et al., 1990), a mortalidade é muito alta sob tal situação (GERWING, 2002). Assim, as consequências de incêndios florestais podem ser devastadoras para florestas tropicais úmidas como a Amazônia (UHL et al., 1990), assim como para o Cerrado (PEREIRA, 2004).

3.4. Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UC's), são definidas pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC, entidade responsável pela formulação de normas, critérios, gestão, implantação e criação destas, a partir da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Art. 2º, inciso I, que as declara como:

“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.”

Com isso, é possível subdividir em duas categorias distintas, sendo: Unidades de Uso Sustentável e Unidades de Proteção Integral. Definindo seus objetivos no Artigo 2º, inciso VI.

Os de Unidades de Conservação de Proteção Integral:

“manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.”

O mesmo Artigo 2º, inciso XI, traz os objetivos das Unidades de Conservação de Uso Sustentável:

“exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável;”

O Artigo 8º dessa mesma lei divide as Unidades de Proteção Integral em seis categorias, são elas: Estação Ecológica (ESEC), Reserva Biológica (REBIO), Parque Nacional (PARNA) e Parque Estadual (PES), Parque Natural Municipal (PNM), Monumento Natural (MN) e Refúgio de Vida Silvestre (RVS). Já o artigo 14º define as Unidades de Uso Sustentável nas seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna (RF), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

O bioma Amazônia, existente no Estado do Mato Grosso, objeto do presente estudo, conta com dezesseis Unidades de Conservação, que somam 45.035 quilômetros quadrados (ISA, 2022). Já o bioma Cerrado, presente no Estado do Mato Grosso, também objeto do estudo, conta com vinte e cinco Unidades Conservação, que somam 18.505 quilômetros quadrados (ISA, 2022). Na área de estudo, há trinta e quatro Unidades de Conservação, com área de 55.865 quilômetros quadrados. Estão presentes na área de estudo as Unidades de Conservação mostradas na tabela a seguir.

Tabela 1. Relação das Unidades de Conservação presentes na área de estudo.

Unidades de Conservação	
APA das Cabeceiras do Rio Cuiabá	PNM Claudino Francio
APA do Salto Magessi	PNM Colonizador Jose Bianchini
ESEC do Rio Flor Do Prado	PNM Florestal De Sinop
ESEC do Rio Ronuro	PNM Jardim Botânico
ESEC Rio Roosevelt	PNM Paulo Viriato Corrêa Da Costa
FES Aripuanã	PNM Vale Do Esperança
FES Manicoré	RDS Aripuanã
FES Sucunduri	RDS Bararati
Parna do Juruena	RVS de Colíder
Parna dos Campos Amazônicos	REBIO Culuene
PES Cristalino	REBIO do Jaru
PES Do Xingu	RESEX do Guariba

Unidades de Conservação	
PES Guariba	RESEX Guariba-Roosevelt
PES Igarapés do Juruena	RPPN Cristalino I
PES Serra Ricardo Franco	RPPN Cristalino III
PES Serra Santa Bárbara	RPPN Fazenda Loanda
PES Sucunduri	RPPN Peugeot-Onf-Brasil
PES Tucumã	

3.5. Terras Indígenas

No Brasil, atualmente, existem 726 Terras Indígenas em diferentes fases do procedimento demarcatório, segundo o Instituto Socioambiental. O Estatuto do Índio, Lei 6.001 de 1973, Artigo 22 aborda as terras ocupadas como:

“Cabe aos índios a posse permanente das terras que habitam e o direito ao usufruto exclusivo das riquezas naturais e de todas as utilidades naquelas terras existentes.”

Nos termos da legislação vigente (CF/88, Lei 6001/73 – Estatuto do Índio, Decreto n.º 1775/96 - Demarcação das terras indígenas), as Terras Indígenas são divididas em 4 grupos, as Tradicionalmente Ocupadas, Reservas Indígenas, Terras Dominais e Interditadas.

O Estado do Mato Grosso tem atualmente setenta e cinco Terras Indígenas com 134.731 quilômetros quadrados, a maior parte delas tradicionalmente ocupadas. A área de estudo conta com quarenta e cinco Terras Indígenas, que somam 119.860 quilômetros quadrados. São quarenta e quatro Tradicionalmente Ocupadas e uma Reserva Indígena. Estão presentes na área de estudo as Terras Indígenas mostradas na tabela a seguir.

Tabela 2. Relação das Terras Indígenas presentes na área de estudo.

Terras Indígenas			
Apiaká-Kayabi	Japuira	Pareci	Serra Morena
Arara do Rio Branco	Juininha	Parque do Aripuanã	Sete de Setembro
Aripuanã	Kayabi	Parque do Xingu	Taihantesu
Bakairi	Lagoa dos Brincos	Pequizal	Terena Gleba Iriri
Batovi	Marãiwatsédé	Pequizal do Naruvôtu	Tirecatinga
Capoto/Jarina	Marechal Rondon	Pimentel Barbosa	Ubawawe
Chão Preto	Menkragnoti	Pirineus de Souza	Urubu Branco
Enawenê Nawê	Menku	Rio Formoso	Utiariti
Erikpatsa	Nambikwara	Roosevelt	Vale do Guaporé
Escondido	Panará	Santana	Wawi
Igarapé Lourdes	Parabubure	Sararé	Zoró
Irantxe			

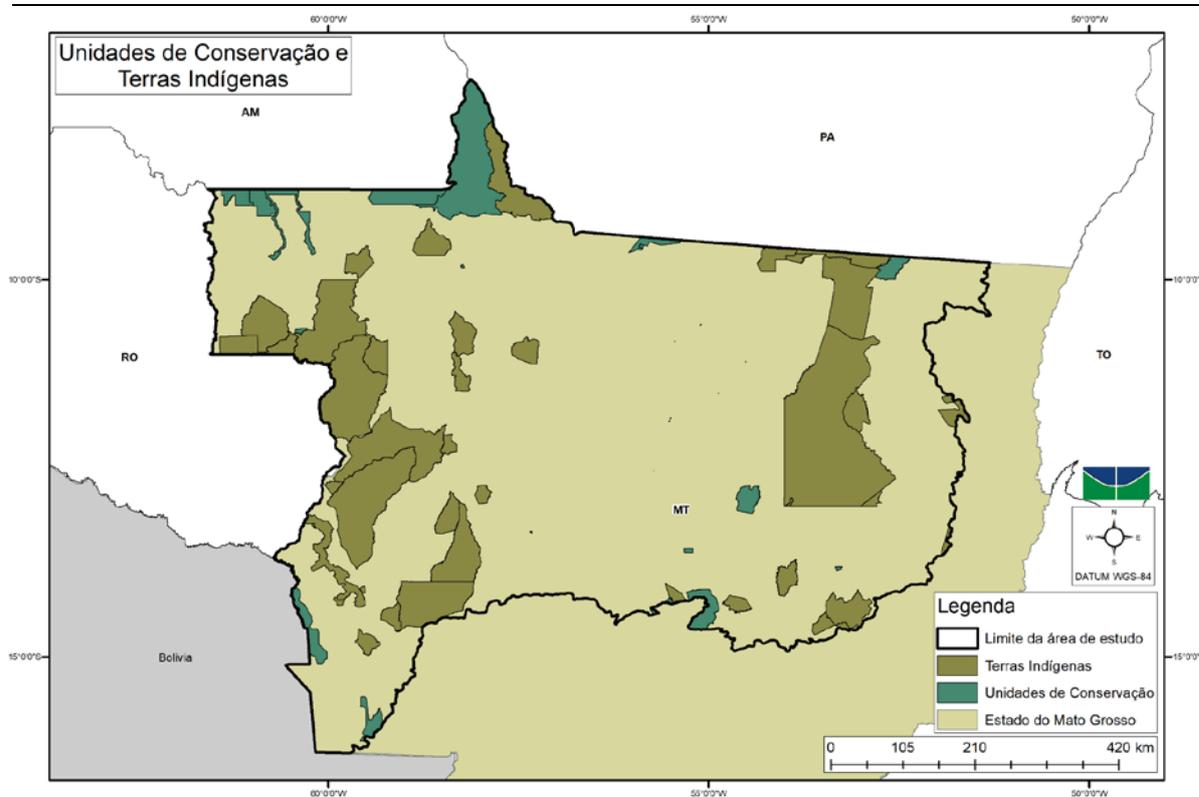


Figura 4. Localização das Unidades de Conservação e Terras Indígenas inseridas na bacia Amazônica dentro do estado de Mato Grosso. Fonte: IBGE e ISA (2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

O Mato Grosso é o terceiro maior Estado brasileiro, com 903.207 quilômetros quadrados. Desses, 562.294 quilômetros quadrados são originalmente cobertos por vegetação nativa, sendo 393.012 quilômetros quadrados de fitofisionomias de Floresta Amazônica e 169.281 quilômetros quadrados de formações do Cerrado. Há ainda 330.484 quilômetros quadrados destinados para agricultura, pastagens, silvicultura, mineração e áreas urbanas.

A área do presente estudo corresponde ao recorte da bacia Hidrográfica Amazônica presente no Estado de Mato Grosso, com área de 594.426 quilômetros quadrados. A parte da bacia Amazônica inserida no estado de Mato Grosso inclui partes dos biomas Amazônico e Cerrado, com área de 393.012 quilômetros quadrados, e Cerrado com área de 201.414 quilômetros quadrados (Figura 5).

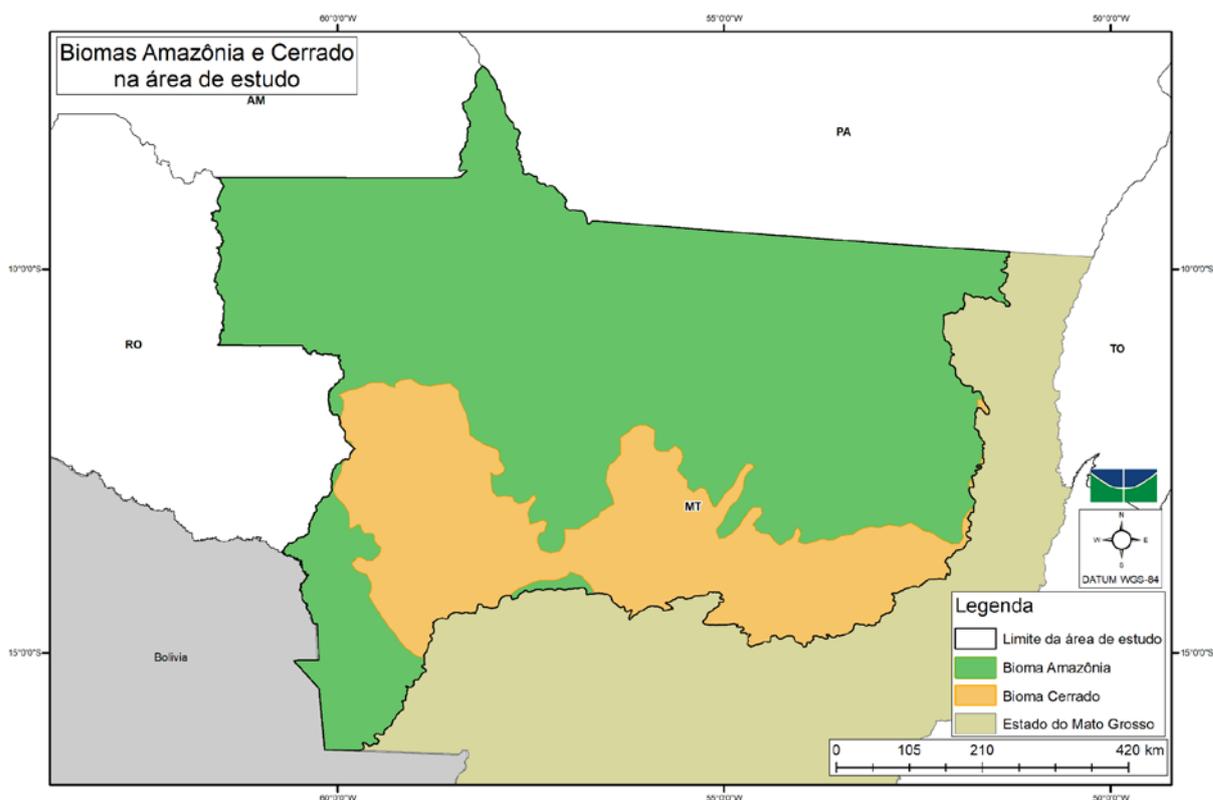


Figura 5. Localização da área de estudo no estado de Mato Grosso, com destaque para as áreas ocupadas pelos biomas Amazônia e Cerrado.

4.2. MapBiomias

O MapBiomias é um projeto com o objetivo de mapear a dinâmica de uso e cobertura do solo em todos os biomas brasileiros, para gerar um banco de dados acessível e de baixo custo,

com temas transversais como dados de emissão de gases, pastagem, agricultura, zona costeira, áreas urbanas e fogo (MAPBIOMAS, 2021).

Produz mapas de uso e cobertura do solo em parceria com o GEE (Google Earth Engine), em séries anuais, no formato matricial (pixel de 30x30m), com série histórica de 36 anos, desde 1985 até os dias atuais. Os mosaicos do uso e cobertura da terra possuem até 36 camadas de informações anuais do uso e cobertura da terra (MAPBIOMAS, 2021).

O estudo das diversas coberturas e usos de terra do projeto MapBiomias é realizado a partir de 6 classes principais com suas respectivas subclasses (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de Cobertura e Uso da Terra, Coleção 5 do MapBiomias.

Classes de Cobertura e Uso da Terra	
1. Floresta	2. Formação Natural não Florestal
Floresta Natural	Campo Alagado e Área Pantanosa
Formação Florestal	Formação Campestre
Formação Savânica	Apicum
Mangue	Afloramento Rochoso
Floresta Plantada	Outras Formações não Florestais
3. Agropecuária	4. Área não vegetada
Pastagem	Praia e Duna
Agricultura	Infraestrutura Urbana
Lavoura Temporária	Mineração
Soja	Outras Áreas não Vegetadas
Cana-de-açúcar	5. Corpo D'água
Outras Lavouras Temporárias	Rio, Lago e Oceano
Lavoura Perene	Aquicultura
Mosaico de Agricultura e Pastagem	6. Não observado

Fonte: MapBiomias, 2021.

4.3. Sentinel-2

O Programa Copernicus é uma iniciativa ambiciosa liderada pela Comissão Europeia em parceria com a Agência Espacial Europeia (ESA), que disponibiliza dados dos satélites da série Sentinel. Os Sentinels são uma constelação de satélites desenvolvidos pela ESA para operacionalizar o programa Copernicus, que inclui imagens de radar do Sentinel-1A e 1B, imagens ópticas de alta resolução de Sentinel-2A e 2B, dados de oceano e terra adequados para

monitoramento ambiental e climático do Sentinel-3, bem como dados de qualidade do ar do Sentinel-5P (ESA, 2021).

A missão Sentinel-2 (S2) coleta imagens multiespectrais de alta resolução úteis para uma ampla gama de aplicações com uma frequência global de 5 dias. O S2 Multispectral Instrument (MSI) tem amplitude amostral de 13 bandas espectrais: visível e infravermelho próximo (NIR) com resolução espacial de 10 metros e infravermelho de onda curta (SWIR) a 20 metros, e bandas atmosféricas a 60 metros de resolução espacial (ESA, 2021).

A ESA disponibiliza dados gratuitos para avaliar o estado e a mudança de vegetação, solo e cobertura de água, mudança de cobertura de terra, bem como risco humanitário e de desastres. As imagens dos satélites da série Sentinel-2 estão disponíveis desde 2015, em vários níveis de correção geométrica, radiométrica e atmosférica (GEE, 2021).

No presente estudo, utilizou-se imagens Sentinel-2, ortorretificadas em reflectância no topo da atmosfera, adquiridas no fim do período da seca (fim de setembro a início de outubro) na região de estudo. Utilizou-se as bandas do visível (azul, verde, vermelho) e do infravermelho (próximo, médio e distante), em resolução espacial variável de 10 m a 20 m por pixel. Os dados foram acessados e processados usando a plataforma Google Earth Engine, descrita a seguir.

4.4. Processamento de dados na Plataforma Google Earth Engine – GEE

A plataforma Google Earth Engine (GEE) possibilita o processamento e análise de dados geoespaciais, utilizando um acervo de cerca de quarenta anos de imagens de satélite, para uso em diversos fins, como acadêmicos, governamentais e corporativos. A GEE disponibiliza mais de 4.000 novas imagens de satélite diariamente em um arquivo de domínio público em escala global. Conta com uma infraestrutura computacional para armazenamento, além de fornecer ferramentas que viabilizam o processamento, análise e visualização de uma grande quantidade de dados (GEE, 2021). Seu acervo conta com mais de 200 dados públicos, 5 milhões de imagens de satélite e aproximadamente 17 petabytes de dados, além de mais de seis anos de imagens de satélite das missões Sentinel-2.

Para classificar as áreas atingidas por fogo na área e período de estudo, foram utilizadas imagens Sentinel-2 georreferenciadas e corrigidas na Reflectância do Topo da Atmosfera. A acurácia da classificação resultante do classificador Random Forest foi avaliada usando um script específico no GEE para gerar uma Matriz de Confusão, onde são estimadas a Acurácia Global, a acurácia do produtor (que estima os erros de omissão) e a acurácia do usuário (que

estima os erros de comissão). A checagem da classificação para gerar a matriz de confusão foi feita com a experiência e conhecimento de observações de campo de áreas atingidas e não atingidas por fogo na área de estudo.

4.5. Análise espaço-temporal de queimadas em usos e cobertura de solo distintos

O estudo temporal de queimadas em diferentes usos e coberturas de solo foi realizado anualmente, no fim do período de seca (fim de setembro a início de outubro) na região de estudo, entre 2016 e 2021, a partir da classificação supervisionada por meio de imagens do Sentinel-2, acessadas na plataforma GEE, comparado com os usos e cobertura do solo classificados pelo projeto MapBiomas. Foram analisadas as 6 classes e suas respectivas subclasses, identificando as classes existentes na área de estudo, e dentre estas, quais usos e coberturas foram atingidos por fogo, bem como, a frequência de incidência durante o período estudado.

As classes prioritárias para o estudo foram definidas pela presença de área atingidas por fogo ao longo dos anos e abrangem as classes: “Floresta” e “Formação Natural não Florestal”, especificamente as subclasses: “Formação Florestal” e “Campo Alagado e Área Pantanosa”, “Formação Savânica” e “Formação Campestre”, que representam as diferentes fitofisionomias dos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente. Também foi avaliada a classe de uso da terra “Agropecuária” de forma mais específica, incluindo as subclasses: “Pastagem”, “Soja”, “Cana”, “Outras Lavouras Temporárias” e “Mosaico de Agricultura e Pastagem”.

Para estimar a área das classes de uso e cobertura do solo afetados pelo fogo, foi quantificado o número de pixels que apresentaram áreas queimadas a cada ano e multiplicado pela área ocupada por cada pixel (0,09 ha), oriundo dos dados do projeto MapBiomas, com resolução espacial de 30m. Esse cálculo, assim como todos os outros, foram feitos utilizando um script específico para cálculo de área de imagens disponível para o processamento na plataforma Google Earth Engine.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise da acurácia

A avaliação da acurácia do classificador Random Forest, usando imagens Sentinel-2 indica uma acurácia global de 96,9% para detecção de incêndios florestais na área estudada,

com erros de comissão (superestimativa) e omissão (subestimativa) 7% e 5% para detecção de áreas queimadas, respectivamente.

5.2. Dinâmica de queimadas entre 2016 e 2021

A área total atingida por fogo na área e período de estudo foi de 50.979 quilômetros quadrados, distribuída em diferentes coberturas vegetais nativas da Amazônia e do Cerrado, e em diferentes usos da terra como pastagem, e, em menor quantidade, em variações de agricultura.

Os gráficos apresentam linha de tendência logarítmica, pois esta apresenta melhor ajuste a grande taxa de alteração dos dados entre os anos do período do estudo. A área total atingida por fogo em cada ano desta análise está apresentada na figura a seguir.

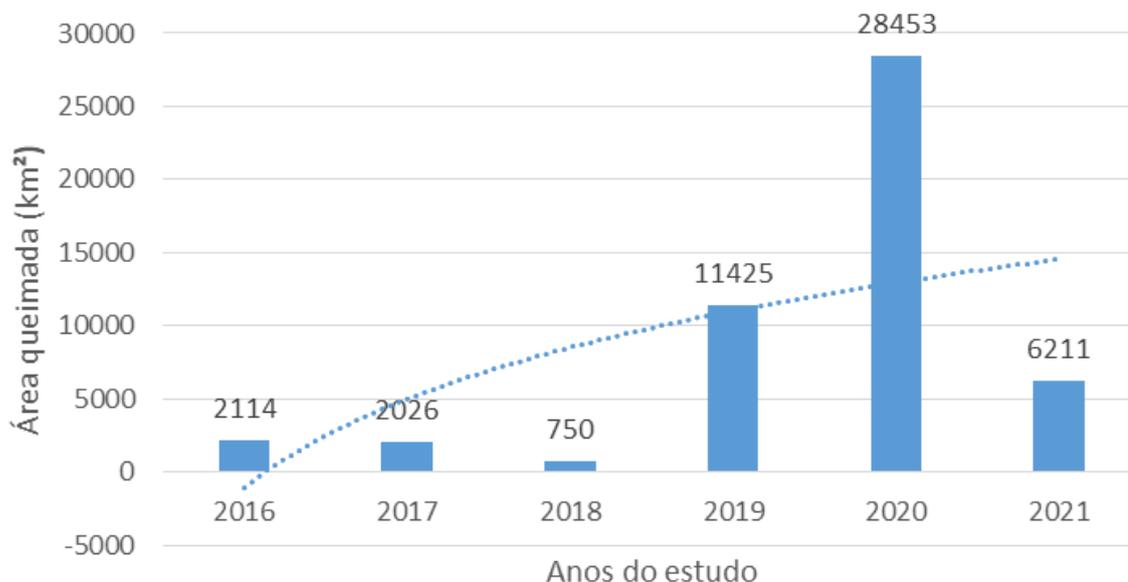


Figura 6. Áreas atingidas por fogo na área e período (2016 a 2021) de estudo.

No presente estudo, observou-se resultados similares ao observado por Dias (2019), onde houve registro de menor ocorrência de fogo em 2018 comparado com anos anteriores, não só no Mato Grosso como no estado do Pará, onde tradicionalmente ocorrem muitas queimadas. Essa diminuição para o ano de 2018 pode ser explicada, entre outras possíveis razões, por fatores climáticos, principalmente, pela quantidade de precipitação ocorrida neste ano. Nesse mesmo ano houve o registro de ocorrência moderada do fenômeno climático conhecido como La Niña, que causa mudanças na precipitação (CPTEC/INPE, 2016). A diminuição das áreas de ocorrência de fogo não parece ter relação com a quantidade de área desmatada, visto que estas áreas se mantiveram aproximadamente constante entre 2016 e 2018 no estado de Mato Grosso (PRODES, 2021).

Houve aumento das queimadas a partir de 2019 e um pico no ano de 2020, com incêndios que vinham consideravelmente controlados até então. Esse aumento tem como possível e principal fator de contribuição, o novo cenário político estabelecido a partir de 2019, de maior impunidade, permissividade a queima e desmatamento com a atenuação das ações de fiscalização ambiental. É provável que a diminuição dos incêndios em 2018 esteja relacionada a fatores climáticos variáveis anualmente, que impediram a maior ocorrência e propagação do fogo na área de estudo.

5.2.1. Incidência nos biomas

Para o cálculo de área atingida por fogo nos biomas Amazônia e Cerrado, o MapBiomas faz a separação entre fitofisionomias presentes nestes: Formação Florestal e Área pantanosa/Campo Alagado para Amazônia e Formação Savânica e Formação Campestre para Cerrado. Assim, a área total atingida pelo fogo na Amazônia e Cerrado foi de 37.392 quilômetros quadrados, e os valores se encontram especificados por fitofisionomia e ao longo do período do estudo na tabela e figura a seguir.

Tabela 4. Áreas de cada cobertura de terra atingida pelo fogo na área e período de estudo.

Bioma	Fitofisionomia	Total (km²)	
Amazônia	Formação florestal	6.267	8.237
	Área pantanosa	1.970	
Cerrado	Formação savânica	17.947	29.155
	Formação campestre	11.208	

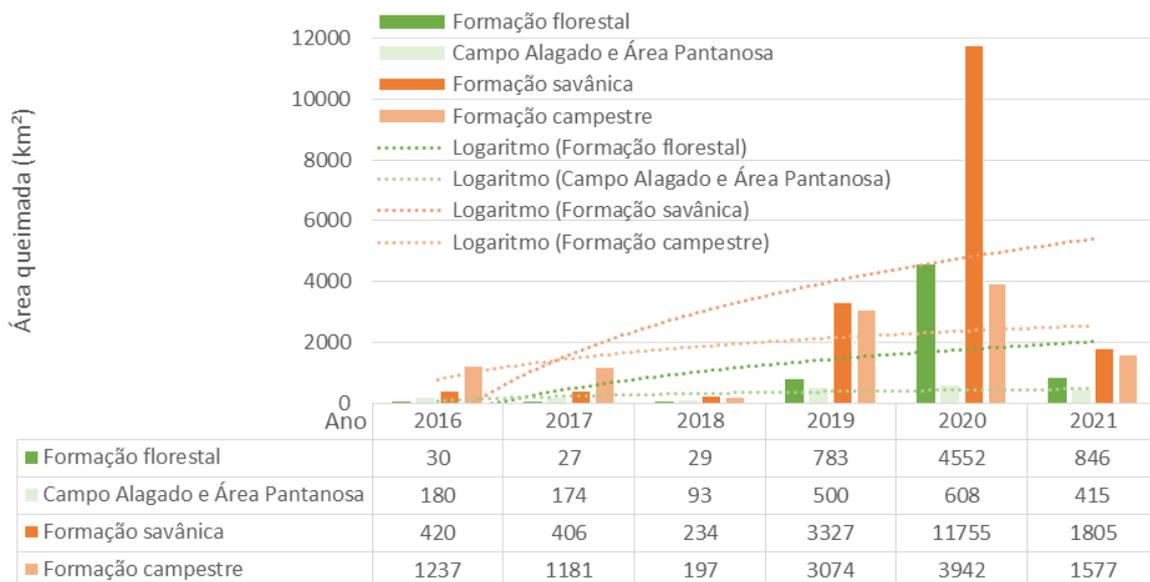


Figura 7. Valores de área queimada para as fitofisionomias dos biomas Amazônia e Cerrado na área e período do estudo com dados derivados do Sentinel-2.

Os resultados desta análise indicam tendência de crescimento da ocorrência do fogo em formações vegetais típicas dos biomas Cerrado e Amazônia. Isto pode estar relacionado ao avanço das fronteiras agrícolas e pastagens observado na Amazônia e Cerrado (ALENCAR et al., 2020).

Na Amazônia, a Formação Florestal representou 16,8% de vegetação nativa queimada, enquanto a formação “Área Pantanosa e Campo Alagado” representou 5,3% da vegetação nativa queimada, com menor incidência do fogo por ser uma fitofisionomia úmida durante parte do ano (CORREIA, 2007).

Dentre as tipologias típicas do Cerrado presentes na área de estudo, a incidência do fogo foi maior na Formação Savânica (48% da área nativa queimada). Nesta formação, é comum se observar altas temperaturas e menor índice de umidade relativa do ar durante o período seco do ano, o que facilita a ignição do fogo (SOARES, 1998), além de grande quantidade de biomassa seca, que é combustível (COUTINHO, 2000). A Formação Campestre representou a segunda maior incidência de fogo em vegetação nativa, com 30%.

Assim, diferente da conclusão do estudo de Dias (2019), no presente estudo observamos que a vegetação típica do Cerrado foi a mais atingida por fogo na área e período de estudo. Estimou-se que 78% da vegetação nativa queimada estava inserida no bioma Cerrado, enquanto 22% da vegetação nativa queimada estava localizada no bioma Amazônico.

Similar ao estudo de Dias, o Instituto Centro de Vida estimou que 65% dos incêndios florestais ocorridos em 2021 estavam localizados no bioma Amazônico, enquanto 33%

ocorreram no Cerrado (ICV, 2021). Esta diferença pode estar relacionada à área do presente estudo, que compreendeu parte do território do estado de Mato Grosso, enquanto a área do estudo do ICV (2021) compreendeu todo o estado de Mato Grosso.

Em nota técnica, Silgueiro (2020) observou que em 2020 foi registrado o pior cenário de ocorrência de incêndios florestais em Mato Grosso desde 2007. A observação de Silgueiro é similar ao do presente estudo, onde foi estimado que a maior parte dos incêndios ocorridos entre 2016 e 2021 foram detectados em 2020.

Complementarmente, a categoria fundiária com maior ocorrência de incêndios florestais em 2020 foi a de imóveis rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural (CAR), responsável por metade dos incêndios mapeados (3,96 milhões de hectares), seguido pelas áreas não cadastradas (1,92 milhão de hectares) com um total de 8,5 milhões de hectares atingidos por fogo (SILGUEIRO, 2020). O estudo de Silgueiro, reportou que 69% das áreas afetadas por incêndios em 2020 no estado de Mato Grosso ocorreram em propriedades privadas.

Tangará da Serra foi o município que apresentou a maior área de vegetação nativa atingida por fogo, incluindo formações vegetais da Amazônia e Cerrado, com 5.773 quilômetros quadrados queimados, equivalente a 15% do total de áreas atingidas por fogo neste estudo. Em seguida, os municípios de Campinópolis, Paranatinga, Gaúcha do Norte e Comodoro, somaram juntos 50% da área de vegetação nativa queimada, conforme a Tabela 3.

Tabela 5. Área queimada estimada (km² e %) nos municípios mais atingidos por fogo nos biomas Amazônia e Cerrado na área de estudo entre 2016 e 2021.

Municípios	Área queimada (km²)	Área queimada (%)
Tangará da Serra	5.773	15%
Campinópolis	4.319	12%
Paranatinga	3.302	9%
Gaúcha do Norte	3.156	8%
Comodoro	2.235	6%
Total	18.785	50%

Os municípios de Campinópolis e Tangará da Serra apresentam área de 6.251 km² e 11.637 km², respectivamente. Assim, 69% e 50% dessas áreas foram atingidas por fogo, entre 2016 e 2021.

O município de Gaúcho do Norte foi o que mais queimou na parte do bioma Amazônico da área de estudo, com 1602 quilômetros quadrados, equivalente a 19% da área queimada. Em seguida, os municípios de Paranatinga, Querência, Vila Bela da Santíssima Trindade e Marcelândia somaram, junto com Gaúcha do Norte, 41% da área de floresta queimada (ver Tabela a seguir).

Tabela 6. Área queimada estimada (km² e %) nos municípios mais atingidos por fogo no bioma Amazônico na área de estudo entre 2016 e 2021.

Municípios	Área queimada (km²)	Área queimada (%)
Gaúcha do Norte	1.602	19%
Paranatinga	698	8%
Querência	382	5%
Vila Bela da Santíssima Trindade	353	4%
Marcelândia	317	4%
Total	3.352	41%

O município que mais queimou o bioma Cerrado foi Tangará da Serra, com 5.766 quilômetros quadrados, equivalente a 20% da área de Cerrado queimada no período. Em seguida, os municípios de Campinápolis, Paranatinga, Comodoro e Sapezal somam, junto com Tangará da Serra, 56% da área de Cerrado queimada, como mostrado na tabela a seguir.

Tabela 7. Área queimada estimada (total e %) nos municípios mais atingidos por fogo no bioma Cerrado na área de estudo entre 2016 e 2021.

Municípios	Área queimada (km²)	% da área queimada
Tangará da Serra	5.766	20%
Campinápolis	4.062	14%
Paranatinga	2.604	9%
Comodoro	2.053	7%
Sapezal	1.895	6%
Total	16.380	56%

Os altos valores para os municípios de Tangará da Serra e Campinápolis demonstram a ocorrência de fogo em anos sucessivos ao longo do período.

5.2.2. Uso e cobertura do solo atingidos por fogo

Os incêndios florestais ocorreram com maior frequência e abrangência dentro do bioma Cerrado na área de estudo, atingindo um total de 29.155 quilômetros quadrados de área queimada entre 2016 e 2021. Estimou-se que 57% do total queimado ocorreu no bioma Cerrado, sendo que 35% ocorreram em Formações Savânicas e 22% em Formações Campestre. No bioma Amazônico foram detectados 8.237 quilômetros quadrados de área queimada, que representa 16% do total, afetando 12,3% de Formação Florestal e 3,9% de Área Pantanosa e Campos Alagados. Tais estimativas demonstram o alto risco de comprometimento ambiental dos ecossistemas nestes biomas na área de estudo, dado a fragilidade e susceptibilidade aos danos por fogo (UHL et al., 1990), além da destruição completa dos ecossistemas naturais e a conversão de áreas nativas para fins agropecuários (ALENCAR et al., 2020).

Dentre os usos do solo, a Pastagem foi a feição que mais queimou na área e período de estudo. Foram detectados 11.363 quilômetros quadrados de pastagens queimadas, equivalente a 22,3% do total da área queimada. Isto indica que o fogo tem sido usado como prática de manejo da terra, o que pode ocasionar incêndios florestais (CABRAL, 2013).

O município que mais queimou áreas de pastagens foi Colniza, com 1112 quilômetros quadrados, equivalente a 10% da área queimada no período e área de estudo. Em seguida, os municípios de Paranatinga, Juara, Aripuanã e Peixoto de Azevedo somaram, junto com Colniza, 33% da área de pastagem queimada (Tabela 6).

Tabela 8. Área queimada estimada (total e %) nos municípios com pastagens mais atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.

Municípios	Área queimada (km²)	Área queimada (%)
Colniza	1.112	10%
Paranatinga	763	7%
Juara	666	6%
Aripuanã	617	5%
Peixoto de Azevedo	593	5%
Total	3.751	33%

Dentre os 141 municípios avaliados, 46 queimaram acima de 50 km² de pastagem no período do estudo, o que equivale a 96% do total queimado neste tipo de uso da terra. Tais

municípios se encontram em sua maioria no domínio do Bioma Amazônico, fator que pode estar relacionado à conversão (desmatamento) da floresta em pastagens.

Entre os municípios que mais queimaram Pastagem, apenas Paranatinga está situado na região central do estado de Mato Grosso, enquanto todos os outros municípios se encontram na região norte do estado, área em que a vegetação nativa é predominantemente composta por Floresta Amazônica.

O noroeste do estado de Mato Grosso é atualmente uma fronteira do desmatamento, com altas taxas de conversão da Floresta Amazônica em Pastagem (ALENCAR et al., 2020). Paranatinga e Gaúcha do Norte são os únicos municípios que aparecem entre os 10 que mais queimaram em cada um dos usos e coberturas do solo avaliados neste estudo.

Mais uma vez, isto está diretamente relacionado à conversão da vegetação nativa de forma indiscriminada em uso agropecuário (ALENCAR et al., 2020) e o uso do fogo para o manejo de atividades agropecuárias que, eventualmente, pode ocasionar a propagação do fogo em incêndios florestais (CABRAL, 2013).

No presente estudo, a agricultura foi contabilizada por meio das subclasses de “Cana”, “Mosaico de Agricultura e Pastagem”, “Soja” e “Outras Lavouras Temporárias”. Os resultados indicam que foram queimados 2.224 quilômetros quadrados, equivalente a 4% da área total queimada no período do estudo destes tipos de usos do solo. Em 2020, o ano com maior área atingida por fogo neste estudo, as áreas ocupadas com cultivo de soja apresentaram 1.005 quilômetros quadrados queimados, a maior área registrada para a classe de uso.

Apesar de não apresentar áreas queimadas significativas na classe de uso Agricultura, o uso do fogo pode estar associado indiretamente aos cultivos agrícolas, especialmente usado na limpeza de áreas nativas recém desmatadas para uso agropecuário e ao manejo agropecuário em áreas já convertidas (ALENCAR et al., 2020).

5.2.3. Municípios mais atingidos

Considerando o total queimado das classes de uso e cobertura da terra mais atingidas, doze municípios apresentaram áreas queimadas acima de 1000 quilômetros quadrados, o equivalente a 59% do total (Tabela 7).

Tabela 9. Área queimada estimada (total e %) nos municípios mais atingidos por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.

Municípios	Área queimada (km²)	Área queimada (%)
Tangará da Serra	5.773	12%
Campinápolis	4.396	9%
Paranatinga	4.065	8%
Gaúcha do Norte	3.620	7%
Comodoro	2.343	5%
Sapezal	1.925	4%
Campo Novo do Parecis	1.742	4%
Vila Bela da Santíssima Trindade	1.469	3%
Colniza	1.442	3%
Peixoto de Azevedo	1.180	2%
Juara	1.078	2%
Pontes e Lacerda	1.052	2%
Total	30.085	59%

As áreas atingidas por fogo detectadas neste estudo são similares aos da estimativa de 2021 feita pelo Instituto Centro de Vida no estado de Mato Grosso. Neste caso, os municípios de Tangará da Serra, Paranatinga e Gaúcha do Norte estavam entre os municípios mais atingidos por fogo (ICV, 2021).

Alguns municípios se destacaram pela maior ocorrência do fogo, sendo o município de Gaúcha do Norte e os municípios de Tangará da Serra e Campinápolis os mais atingidos por fogo nos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente, dentro da área de estudo entre 2016 e 2021. O município de Paranatinga apresentou área queimada um pouco maior que a área queimada no município de Gaúcha do Norte, apenas de forma mais distribuída em ambos os biomas identificados na área de estudo. Os municípios de Gaúcha do Norte e Paranatinga incluem uma parte da Terra Indígena do Parque do Xingu e apresentam alta frequência de queimadas dentro da área de preservação, com forte pressão antrópica para expansão da fronteira agrícola (LEÃO, 2020).

5.2.4. Relação das queimadas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas

Em Unidades de Conservação foram detectados 1.116 quilômetros quadrados queimados, sendo 907 quilômetros quadrados de vegetação nativa, 128 quilômetros quadrados de pastagem e 81 quilômetros quadrados de agricultura. Entre todas as Unidades de Conservação, sete foram atingidas por fogo no período do estudo (Tabela 8).

Tabela 10. Área queimada estimada total e relativa (%) nas Unidades de Conservação atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.

Unidade de Conservação	Área queimada (km²)	% da U.C. queimada
PES Serra Santa Bárbara	420	35%
APA das Cabeceiras do Rio Cuiabá	358	8%
PES Serra Ricardo Franco	140	9%
RESEX Guariba-Roosevelt	79	5%
Parque Nacional do Juruena	66	1%
ESEC do Rio Flor do Prado	52	61%
APA do Salto Magessi	1	1%
Total	1.116	-

As Terras Indígenas apresentaram área queimada total de 5.993 quilômetros quadrados, sendo 3.968 quilômetros quadrados de vegetação nativa, 1.760 quilômetros quadrados de pastagem e 265 quilômetros quadrados de agricultura. Dentre o total de Terras Indígenas atingidas por fogo, nove delas correspondem a 91% da área queimada no período (Tabela 9).

Tabela 11. Área queimada estimada total, % e relativa (%) nas Terras Indígenas mais atingidas por fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.

Terra Indígena	Área queimada (km²)	Área queimada (%)	% da T.I. queimada
Paresi	1.559	26%	27%
Parque do Xingu	1.075	18%	4%
Utiariti	733	12%	17%
Marãiwatsédé	613	10%	60%
Parabubure	409	7%	17%

Terra Indígena	Área queimada (km²)	Área queimada (%)	% da T.I. queimada
Zoró	349	6%	10%
Marechal Rondon	318	5%	30%
Capoto/Jarina	235	4%	3%
Juininha	151	3%	21%
Total	5.442	91%	-

A Terra Indígena mais atingida pelo fogo foi Paresi, localizada em Tangará da Serra e no bioma Cerrado dentro da área de estudo. Esse resultado é similar ao levantamento do Instituto Centro de Vida (ICV, 2021), para 2021 em Mato Grosso, que observou que o município Tangará da Serra foi o mais atingido pelo fogo no período do estudo.

Algumas Terras Indígenas tiveram grande parte de sua área atingida por incêndios no período, o que indica falhas na proteção da integridade destas áreas. Um dos possíveis motivos destes é o uso do fogo para queima do roçado, o que pode gerar incêndios florestais acidentais, agravados pela temporada de seca (MOREIRA, 2016). Outro possível motivo são os incêndios criminosos, como os registrados na Terra Indígena Marãiwatsédé (ISA, 2014 e 2015), que teve o equivalente a 60% de sua área queimada no período do estudo.

Apesar das estimativas de queimadas, as UCs e TIs foram eficazes em conter incêndios, com aproximadamente 4,5% e 5% de área queimada de seus territórios, respectivamente. Os resultados de Matricardi (2013) mostraram que tais áreas protegidas são muito eficazes em restringir estes tipos de degradação florestal na Amazônia. No entanto, as Terras Indígenas foram menos eficazes, com área queimada equivalente a 12% do total comparados com as Unidades de Conservação, que tiveram 2% da área total queimada.

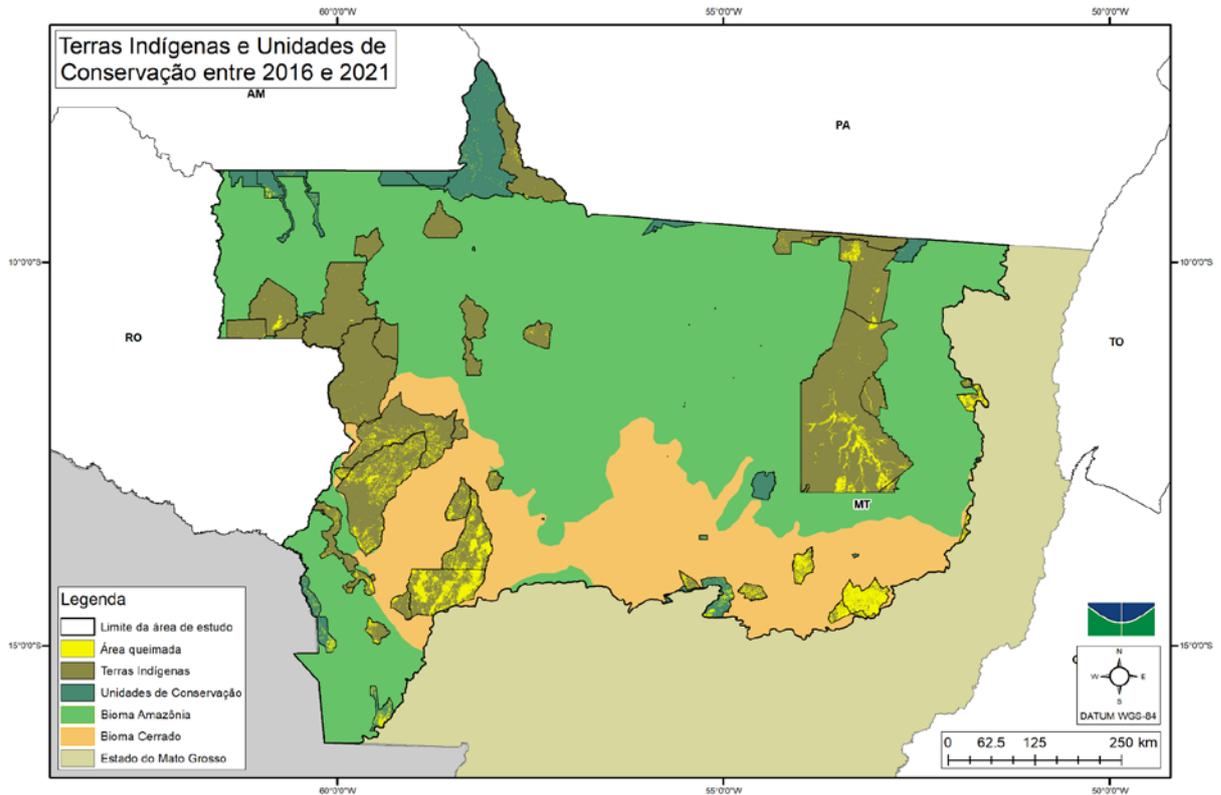


Figura 8. Áreas queimadas nas Terras Indígenas e Unidades de Conservação na área do estudo entre 2016 e 2021.

Em levantamento feito pelo Instituto Socioambiental durante os altos índices de focos de incêndio em 2019, 33% destes ocorreram dentro de áreas protegidas (ROMAN, 2019), o que demonstra maior grau de proteção das áreas protegidas do presente estudo, visto que no período do estudo, 14% da área queimada ocorreu dentro de áreas protegidas.

5.3. Análise da frequência

A partir da classificação do uso e cobertura da terra elaborado pelo projeto MapBiomias para cada ano desta análise, foi gerada a imagem da recorrência do fogo na área de estudo (Figura 9), com resultados apresentados na Tabela 10.

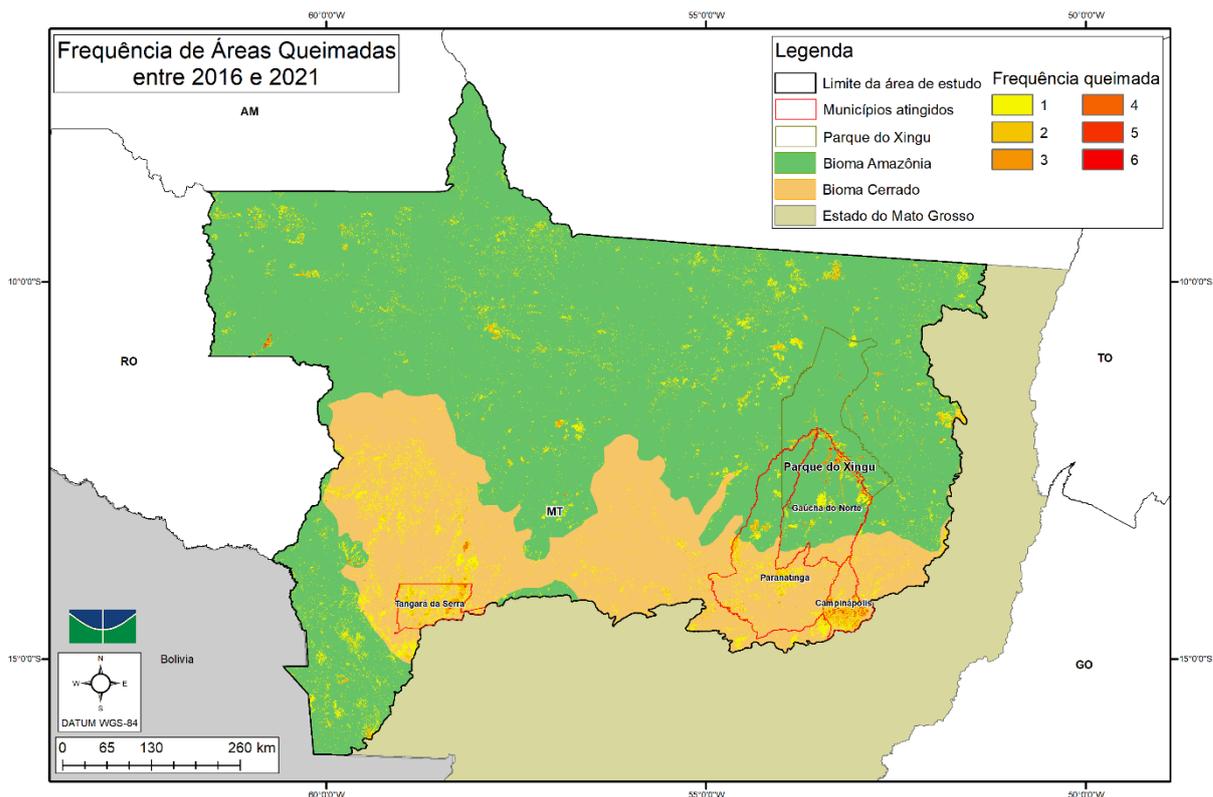


Figura 9. Recorrência do fogo entre 2016 e 2021 na área do estudo, com os biomas Amazônia e Cerrado ao fundo, e os municípios que mais queimaram em destaque.

A partir da observação da Figura 9, pode-se afirmar que os incêndios ocorreram de forma geral em todo o território da área de estudo. Apesar de ter menor área comparada ao bioma Amazônico, o bioma Cerrado apresentou maiores frequências do fogo na área de estudo. O Cerrado teve 78% de sua área atingida por fogo, que corresponde a 57% da área total queimada.

Apesar de bem distribuída ao longo da área do estudo, alguns municípios chamam atenção pela maior frequência de queimadas. São eles, o município de Gaúcha do Norte e os municípios de Tangará da Serra e Campinápolis. São os municípios que mais queimaram os biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente.

Tabela 12. Frequência da ocorrência do fogo na área de estudo entre 2016 e 2021.

Frequência do fogo (nº de vezes detectadas entre 2016 e 2021)	Área atingida (km²)
1	32.127,42
2	4.914,80
3	1.843,22
4	195,55
5	163,83
6	267,23

Com base nos resultados da recorrência do fogo, estimou-se as áreas mais afetadas pelo fogo durante o período do estudo. A maior parte das áreas atingidas por fogo foi observada uma ou duas vezes durante o período de análise. Uma quantidade menor queimou mais de 3 vezes no período estudado. Este padrão indica que os grandes incêndios ocorreram de forma distribuída, e com baixo grau de frequência na área de estudo, visto que 63% dos incêndios ocorreram apenas uma vez na mesma área.

6. CONCLUSÃO

A Amazônia e o Cerrado são biomas muito ameaçados pelas ações humanas, com destaque às atividades agrícolas, pastagens, extração mineral e ocupação urbana. Essas atividades fragmentam a vegetação nativa e tornam os biomas mais frágeis e suscetíveis a danos por incêndios florestais. Além disso, as atividades antrópicas podem levar à savanização e desertificação daqueles biomas.

O total de área queimada no período e área do estudo foi de 50.979 quilômetros quadrados. O bioma Cerrado foi o mais atingido por fogo dentro da área de estudo, o que indica o maior risco de danos ambientais causados por fogo neste bioma. Dentre os usos do solo, a Pastagem foi a feição que mais queimou na área de estudo entre 2016 e 2021, incluindo 22,3% do total da área queimada. Este resultado indica que o uso do fogo no manejo de pastagens pode estar contribuindo com o aumento dos incêndios florestais na região.

Assim, as áreas com maior probabilidade de ocorrência do fogo são as Formações Savânicas e Pastagem, sendo esta última seguida pelas Formações Campestres e Formações Florestais. A Agricultura e a Área Pantanosa/Campo Alagado são áreas que apresentaram menor ocorrência de fogo. Conclui-se que a modificação da cobertura e uso do solo, associado a condições climáticas, nos domínios da área estudada é um fator de grande importância na ocorrência e aumento das queimadas nos biomas.

Houve aumento das áreas atingidas por fogo a partir do ano de 2019 com pico no ano de 2020. Como observado por Silgueiro, 69% dos incêndios ocorridos em 2020 no estado de Mato Grosso, o ano que mais queimou, ocorreram em propriedades privadas. A possível causa deste aumento observado pode ser consequência da permissividade do governo que se estabeleceu naquele ano, e seu discurso pró-agro, em detrimento da floresta. Assim, os proprietários de terra tiveram motivação para cometerem ilícitos ambientais pela ausência da aplicação de medidas rigorosas de controle e punição das ilegalidades.

O Estado deve adotar medidas para o fortalecimento de instituições de controle, prevenção e combate a incêndios florestais e desmatamento como o IBAMA e o INPE, de modo a mitigar o avanço do desmatamento e do fogo sobre vegetação nativa, dada sua grande importância socioeconômica e ambiental.

Deve-se estabelecer uma nova forma de uso da terra, que passa pela reforma agrária e agroecologia, de modo a substituir os atuais recordes de desmatamento e emissão de gases do efeito estufa, que tem afetado severamente a condição da vida humana pelo mundo, inclusive no Brasil, e apresenta tendência de se agravar nos próximos anos com a crise climática.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Ane et al. Desmatamento na Amazônia: indo além da "emergência crônica". Belém: Ipam, 2004. Disponível em <<https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2004/03/pdf>> Acesso em 17 de fev. de 2022.

ALENCAR, Ane; RODRIGUES, Lucas; CASTRO, Isabel. Amazônia em chamas: o que queima - e onde. **Nota Técnica, IPAM**, v. 5, p. 1-14, 2020. Disponível em <<https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2020/08/NT5-pt-final.pdf>> Acesso em 21 de fev. de 2022.

ANWAR, S., STEIN, A. Detection and spatial analysis of selective logging with geometrically corrected Landsat images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 24, p. 7820-7843, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/01431161.2012.701378>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

APROSOJA, 2021. Disponível em <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/economia/>> Acesso em 16 de fev. de 2022.

BARROS, Diana Luz Pessoa de. "Os discursos do descobrimento: 500 e mais anos de discursos." **EDUSP Fapesp**, 2000. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=Q_KjKURCUVAC> Acesso em 27 de jan. de 2022.

BEATRIZ, Rebeca. Desmatamento na Amazônia afeta fenômeno 'rios voadores' e pode alterar clima em outras regiões brasileiras. **G1 Amazonas**, 2020. Disponível em <<https://g1.globo.com/natureza/amazonia/rios-voadores/2020/07/20>> Acesso em 27 de jan. de 2022.

BRASIL. DECRETO No 1.775, DE 8 DE JANEIRO DE 1996. Dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas e dá outras providências. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/decreto-1775-8-janeiro-1996>> Acesso em 15 de fev. de 2022

BRASIL. LEI FEDERAL nº 1.806 DE 06 DE JANEIRO DE 1953. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/11806> Acesso em 12 de nov. de 2021.

BRASIL. LEI FEDERAL nº 5.173 DE 27 DE OUTUBRO DE 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5173.htm#art63> Acesso em 12 de nov. de 2021.

BRASIL. LEI FEDERAL nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm> Acesso em 04 de fev. de 2022.

BRASIL. LEI FEDERAL nº 6.001, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16001.htm> Acesso em 13 de nov. de 2021.

CABRAL, Ana Luísa Alves; MORAS FILHO, Luiz Otávio; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Uso do Fogo na Agricultura: Legislação, Impactos Ambientais e Realidade na Amazônia. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 5, 2013. Disponível em <<https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/article/view/577/601>> Acesso em 17 de fev. de 2022.

CÂNDIDO, Luiz Antonio et al. O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: a questão da savanização. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 44-47, Sept. 2007. Disponível em <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=S0009-67252007000300017>> Acesso em 05 de out. de 2021.

CARNEIRO FILHO, Arnaldo; COSTA, Karine. A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. **São Paulo, Agroicone**, p. p1-30, 2016. Disponível em <<https://www.inputbrasil.org/2016/11>> Acesso em 16 de fev. de 2022.

COCHRANE, Mark A. et al. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, v. 284, n. 5421, p. 1832-1835, 1999. Disponível em <<https://doi.org/10.1126/science.284.5421.1832>> Acesso em 22 de fev. de 2022.

CORREIA, Francis Wagner Silva et al. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 39-43, 2007. Disponível em <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php=S0009-67252007000300016>> Acesso em 1º de out. de 2021.

COSTA, Marcondes Lima da; SILVA, Anna Cristina Resque Lopes da; ANGÉLICA, Rômulo Simões. Muyrakytã ou Muiraquitã, um talismã arqueológico em jade procedente da Amazônia: uma revisão histórica e considerações antropogeológicas. **Acta amazonica**, v. 32, p. 467-467, 2002. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/9x8VyZTvmFp9ZN6rhf7rvNP>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

COUTINHO, Leopoldo Magno. **Aspectos do fogo no cerrado**. São Paulo, 2000. Disponível em <http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_fogo.htm> Acesso em 24 de fev. de 2022.

COUTINHO, Alexandre Camargo. Dinâmica das queimadas no Estado do Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local. **Embrapa Territorial-Tese/dissertação (ALICE)**, 2005. Disponível em <<https://www.alice.embrapa.br/17068.pdf>> Acesso em 17 de fev. de 2022.

CPTEC/INPE, 2016. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/~renos/misc/lanina.html>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

DAMASCOS, M. A.; PRADO, C. H. B. A.; RONQUIM, C. C. Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. **Annals of Botany**, v. 96, n. 6, p. 1075-1084, 2005. Disponível em <<https://doi.org/10.1093/aob/mci258>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

DA SILVA, José Maria Cardoso; DO VALLE, Milena del Rio; SANTOS, Isabela. **Corredor de biodiversidade do Amapá**. Belém: Conservação Internacional do Brasil, 44p. 2009. Disponível em <https://www.conservation.org/brasil/corredor_do_amapa.pdf> Acesso em 28 de jan. de 2022.

DA SILVA, José Maria Cardoso; GARDA, Adrian Antonio. **Padrões e processos biogeográficos na Amazônia**. 2010. Disponível em <<https://www.researchgate.net/289527866.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

DIAS, Alexandre Henrique Soares. **Uma Análise Exploratória de Dados sobre Incêndios Florestais no Brasil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/43615>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

DE MIRANDA, Evaristo Eduardo; MARTINHO, Paulo Roberto Rodrigues; DE CARVALHO, Carlos Alberto. Nota técnica sobre queimadas, desmatamentos e imóveis rurais no bioma Amazônia em 2019. **Embrapa Territorial-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)**, 2020. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/1124022/1/5310.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA), 2021. Disponível em: <<https://www.esa.int/>> Acesso em 03 de out. de 2021.

FELFILI, Maria Cristina; FELFILI, Jeanine Maria. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, p. 243-254, 2001. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000200010>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

GERWING, Jeffrey J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. **Forest ecology and management**, v. 157, n. 1-3, p. 131-141, 2002. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00644-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00644-7)> Acesso em 17 de fev. de 2022

GONÇALVES, Karen dos Santos; CASTRO, Hermano Albuquerque de; HACON, Sandra de Souza. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1523-1532, 2012. Disponível em <<https://www.scielo.org/v17n6a16.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

HOFMANN, Gabriel S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/gcb.15712>> Acesso em 16 de fev. de 2022.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Geoestatísticas de recursos naturais da Amazônia Legal. **Rio de Janeiro**. 249p.: il. 2011. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/249694>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

INPE, 2022. Disponível em <<http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=6>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

INPE – BD Queimadas, 2022. Disponível em <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/> Acesso em 15 de fev. de 2022.

ICV. Área incendiada em Mato Grosso em 2021 já é quase cinco vezes o tamanho de São Paulo. **Assessoria de Imprensa**, Cuiabá, 20 jul. 2021. Disponível em <<https://www.icv.org.br/2021/07/area-incendiada/>> Acesso em 16 de mar. de 2022.

IPCC **Sixth Assessment Report, Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Disponível em <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>> Acesso em 1º de mar. de 2022.

ISA, **Instituto Socioambiental**. Xavantes denunciam incêndios criminosos na TI Marãiwatsédé. Mato Grosso, 17 jul. 2014. Disponível em <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticia/141068>> Acesso em 21 de fev. de 2022.

ISA, **Instituto Socioambiental**. Marãiwatsédé em chamas. Mato Grosso, 12 ago. 2015. Disponível em <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticia/154219>> Acesso em 21 de fev. de 2022.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005. Disponível em <<https://www.researchgate.net/553a78670cf29b5ee.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

LEÃO, Renata Spolti; DA SILVA FERREIRA, Gustavo; STRAUCH, Julia Celia Mercedes. Análise espaço-temporal dos focos de queimadas e incêndios em Mato Grosso, Brasil, no ano de 2016. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 47, n. 1, p. 99-119, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/65810>>. Acesso em: 12 mar. 2022.

LI, Fangzheng et al. Global projections of future wilderness decline under multiple IPCC Special Report on Emissions Scenarios. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 177, p. 105983, 2022. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105983>> Acesso em 1º de mar. de 2022.

MAPBIOMAS, 2021. Disponível em <<https://mapbiomas.org/>> Acesso em 03 de out. de 2021.

MATO GROSSO. Lei Complementar nº 233, de 21 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Mato Grosso e dá outras providências. **Cuiabá: Diário Oficial [de Mato Grosso]** 2005. Disponível em <<http://app1.sefaz.mt.gov.br/250a3b130089c1cc>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

MATRICARDI, Eraldo AT et al. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086, 2013. Disponível e <<https://doi.org/10.1080/01431161.2012.717182>> Acesso em 22 de fev. de 2022.

MARTHA JÚNIOR, Geraldo B.; CONTINI, Elisio; NAVARRO, Zander. Caracterização da Amazônia Legal e macro-tendências do ambiente externo. **Embrapa Estudos e Capacitação- Documentos (INFOTECA-E)**, 2011. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/907075/1.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

MOREIRA, Fabio Garcia. Xinguanos se preparam para temporada de seca e planejam ações de prevenção ao fogo. **Instituto Socioambiental**, 2016. <<https://www.socioambiental.org/pt-br/xinguanos-prevencao-fogo>> Acesso em 11 de fev. de 2022.

MORETTI, Mariana Soares. Extração seletiva e produção de madeira nativa no estado de Mato Grosso. 2018. 151 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/34509>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

O CERRADO. **Museu Virtual do Cerrado (MVC)**, 2015. Disponível em <<http://www.mvc.unb.br/pesquisa/2015-03-25-13-49-37/caracterizacao>> Acesso em 16 de fev. de 2022.

O BIOMA CERRADO. **Ministério do Meio Ambiente (MMA)**, 2022. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em 16 de fev. de 2022.

ORELLANA, Jorge Breno Palheta; ORELLANA, Bruna Bárbara Maciel Amoras; SEGOVIA, Jorge Federico Orellana. Caracterização das condições climáticas na Amazônia. **Embrapa Amapá-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2020. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/220361/1.pdf>> Acesso em 28 de jan. de 2022.

PEREIRA, Cláudio Augusto; FIEDLER, Nilton César; DE MEDEIROS, Marcelo Brillhante. Análise de Ações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação do Cerrado. **FLORESTA**, [S.l.], ago. 2004. ISSN 1982-4688. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2378/1987>>. Acesso em 21 de fev. de 2022.

PRODES, 2021. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/OBT/programas/amazonia/prodes>> Acesso em 15 de fev. de 2022

RAMOS, Girlene Aparecida et al. A Ocupação Capitalista em Mato Grosso nos Territórios das Populações Tradicionais. **Revista De Comunicação Científica**, v. 9, n. 1, p. 137-149, 2021. Disponível em <<https://periodicos.unemat.br/index.php/rcc/article/view/5834/4357>>. Acesso em 11 de fev. de 2022.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/554094>> Acesso em 15 de fev. de 2022

ROMAN, Clara. ISA mostra Terras Indígenas mais afetadas por incêndios na Amazônia brasileira. **Instituto Socioambiental**, 2019. Disponível em <<https://www.socioambiental.org/terras-indigenas-mais-afetadas-incendios-amazonia>>. Acesso em 11 de fev. de 2022.

SANO, Sueli Matiko; DE ALMEIDA, Semiramis Pedrosa; RIBEIRO, José Felipe. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008. Disponível em <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/570911>> Acesso em 16 de fev. de 2022.

SILGUEIRO, Vinicius; VALDIONES, Ana Paula; BERNASCONI, Paula. Balanço dos incêndios em Mato Grosso em 2020. **Instituto Centro de Vida**, Cuiabá, 1º dez. 2020. Disponível em <<https://www.icv.org.br/website/wp-content/uploads/2021/01/2020.pdf>> Acesso em 16 de mar. de 2022.

SOARES, Ronaldo Viana. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre”, índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 87-99, 1998. Disponível em <<https://cerne.ufla.br/article/download/602/512/2155>> Acesso em 24 de fev. de 2022.

SOUZA, Clara Lúcia Francisca et al. O cerrado como o “berço das águas”: potencialidades para a educação geográfica. **Revista Cerrados**, v. 17, n. 1, p. 86-113, 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.22238/rc244826922019170186113>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

UHL, Christopher; KAUFFMAN, J. Boone. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 437-449, 1990. Disponível em <<https://doi.org/10.2307/1940299>> Acesso em 17 de fev. de 2022.

WHITE, Benjamin Leonardo Alves; RIBEIRO, Aduino de Souza. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011. Disponível em <<https://www.redalyc.org/pdf/928/92817183012.pdf>> Acesso em 15 de fev. de 2022.

8. APÊNDICES

8.1. Link de acesso ao script utilizado para processamento de dados na Plataforma Google Earth Engine

<https://code.earthengine.google.com/db09b75b6250d3b64231ce565a6e3fb3>