

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
BACHAREL EM SEGURANÇA PÚBLICA E DO TRABALHO
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS BOMBEIRO MILITAR

FRANCISCO QUEIROZ NETO

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS QUEIMADAS UTILIZANDO SENSOR DE
OBSERVAÇÃO MODIS, NA CIDADE DE BALSAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E
2021**

São Luís
2023

FRANCISCO QUEIROZ NETO

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS QUEIMADAS UTILIZANDO SENSORES
DE OBSERVAÇÃO MODIS, NA CIDADE DE BALSAS, ENTRE OS ANOS DE 2017
E 2021**

Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para a obtenção de título de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Orientadora: Prof.^a Jhessyka Lobo.

São Luís

2023

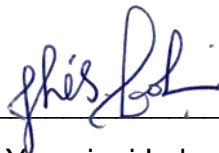
FRANCISCO QUEIROZ NETO

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS QUEIMADAS UTILIZANDO SENSORES DE OBSERVAÇÃO MODIS, NA CIDADE DE BALSAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2021

Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para a obtenção de título de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA



Maj. QOCBM Jhessyka Yasminni Lobo Ferreira Fernandes Felício

Especialista em Gestão Pública, Segurança Contra Incêndio e Pânico e Defesa Civil

Cap. QOCBM Yury Ribeiro Calisto

Márcio Roberto Bezerra Fialho

Mestre em Engenharia da Computação e Sistemas com ênfase em Computação Aplicada e Especialista em Gestão de Projetos Industriais

A todos que direta e indiretamente me motivaram, obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que colocou em meu caminho pessoas que me motivaram e trouxeram esperança.

Aos meus pais e demais familiares, a eterna gratidão, não só pela força nos momentos difíceis, mas por toda a ajuda na realização dos sonhos. Sem esse apoio não teria conseguido completar essa jornada. Eles foram a minha força ao longo do caminho.

Agradeço também aos amigos que estiveram ao meu lado ao longo do curso, que passaram por todas as situações e momentos difíceis, tornando tudo mais leve e fornecendo todo apoio possível.

A minha orientadora, a professora Jhessyca Lobo, que dedicou seu tempo para me guiar neste trabalho e auxiliou da melhor forma possível.

A todos os professores da Universidade Estadual do Maranhão e os instrutores da Academia de Bombeiros Militar “Josué Montello”, que contribuíram para a minha formação.

“As criaturas que habitam esta terra em que vivemos, sejam elas seres humanos ou animais, estão aqui para contribuir, cada uma com sua maneira peculiar, para a beleza e a prosperidade do mundo.”

(Dalai Lama)

RESUMO

As queimadas estão diretamente relacionadas às condições climáticas e à umidade, criando um ambiente propício para o surgimento e a propagação dos incêndios. Durante a estação seca, caracterizada pela diminuição das chuvas e pelo aumento das temperaturas, as condições favoráveis para os incêndios se intensificam. Além das condições climáticas e umidade, outros fatores podem contribuir para o aumento das áreas queimadas, como a expansão das atividades agrícolas e pecuária. Ter conhecimento a respeito dos danos causados pelas queimadas é de extrema importância para promover ações que reduzam tais danos. O presente trabalho teve como objetivo a identificação e análise de áreas queimadas utilizando o sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, na cidade de Balsas, entre os anos de 2017 e 2021, para monitoramento e combate de incêndios florestais, permitindo uma rápida atuação do Corpo de Bombeiros e evitando a propagação de queimadas. Conclui-se então, que os valores de áreas incendiadas seguem determinados padrões em períodos específicos do ano, atingindo valores consideráveis no período de julho a outubro, com picos em setembro, principalmente, ocasionados pelo período de seca e escassez de chuvas. Além disso, nesse período, os usos do solo mais atingidos pelo fogo foram formação savânica, seguido de formação campestres e cultura de soja.

Palavras-Chave: Balsas; Queimadas; Sensor MODIS.

ABSTRACT

Fires are directly related to climatic conditions and humidity, creating a favorable environment for the evolution and control of fires. During the dry season, characterized by decreasing rainfall and rising temperatures, accepted conditions for fires intensify. In addition to climatic conditions and humidity, other factors may contribute to the increase in burned areas, such as the expansion of agricultural and livestock activities. Knowing about the damage caused by fires is extremely important to promote actions that reduce such damage. The present work aimed to identify and analyze burned areas using the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer sensor, in the city of Balsas, between the years 2017 and 2021, for monitoring and fighting forest fires, allowing a quick action by the Fire Department. and avoiding the influence of wildfires. It is therefore concluded that the values of burned areas follow certain patterns in specific periods of the year, reaching considerable values in the period from July to October, with peaks in September, mainly caused by the dry period and lack of rain. In addition, in this period, the land uses most affected by fire were savanna formation, followed by grassland formation and soybean cultivation.

Keywords: Balsas; Burns; MODIS system.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABMJM	Academia Bombeiro Militar Josué Montello
ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
Art.	Artigo
CBM	Corpo de Bombeiro Militar
CBMMA	Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão
CF	Constituição Federal
CFO BM	Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar
CFO	Curso de Formação de Oficiais
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LOB	Lei da Organização Básica do Corpo de Bombeiro Militar
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PIB	Produto Interno Bruto
PPCD	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UBM	Unidade Bombeiro Militar
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados
GPS	Sistemas de Posicionamento Global
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
EOS	Earth Observation Satellite
TDRSS	Tracking Data Relay Satellite System

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa da mesorregião sul do maranhão.....	16
Figura 2: Rio Balsas.....	17
Figura 3: Periferia do município de Balsas.....	20
Figura 4: Biomas Maranhão.....	21
Figura 5: Mapa de localização geográfica do bioma cerrado.....	22
Figura 6: Cobertura dos subconjuntos GeoTIFF.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Área queimada acumulada por ano.....	44
Gráfico 2: Área queimada nos meses de janeiro a abril por ano.....	45
Gráfico 3: Área queimada nos meses de maio a agosto por ano.....	46
Gráfico 4: Área queimada nos meses de setembro a dezembro por ano.....	46
Gráfico 5: Área queimada por mês a cada ano.....	48
Gráfico 6: Área queimada em cada mês entre 2017 e 2021.....	49
Gráfico 7: Área queimada por uso do solo em cada mês.....	50
Gráfico 8: Área queimada por uso do solo em cada mês.....	50
Gráfico 9: Área queimada por uso do solo em cada ano.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	BALSAS -MARANHÃO.....	16
2.1	História do município de Balsas	16
2.2	Bioma do município de Balsas- MA	20
3	CERRADO	22
4	INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	24
5	OS DANOS CAUSADOS PELAS QUEIMADAS NO CERRADO DE BALSAS	27
6	GEORREFERENCIAMENTO.....	32
7	O QUE É O SENSOR MODIS/AQUA E TERRA.....	35
8	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
8.1	Área de Estudo	37
8.2	Método de Abordagem	38
8.3	Métodos de Procedimentos.....	39
8.4	Técnicas de Coleta de Dados	40
8.5	Áreas Queimadas Detectadas pelo Sensor Modis MCD64A1	40
8.6	Uso e Cobertura do Solo	42
8.7	Validação do produto MODIS para o cerrado	43
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
10	CONCLUSÃO	52
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	54
	ANEXO A.....	63

1 INTRODUÇÃO

O uso do fogo é uma prática comum em cerca de metade dos ecossistemas terrestres do país, tanto de forma natural quanto criminosa, o que pode resultar em sérios danos ambientais.

A prática das queimadas para o manejo de pastagens tem a finalidade de controlar pragas e eliminar resíduos agrícolas. No entanto, essa abordagem pode resultar em desastres de proporções significativas, afetando negativamente a vegetação nativa, causando a morte de animais silvestres e espécies endêmicas, e até mesmo alcançando áreas urbanas. Isso ocorre devido a fatores tanto abióticos quanto bióticos, como o clima, a topografia e a composição da comunidade vegetal, que podem aumentar a intensidade das queimadas.

Nos últimos anos, o sensoriamento remoto tem desempenhado um papel crucial no monitoramento e mapeamento do fogo, proporcionando avanços significativos nessa área. Essa tecnologia tem sido especialmente útil para identificar incêndios, tanto em termos de localização temporal e espacial, quanto na quantificação da extensão total da área afetada pelas queimadas. Diversos estudos têm se beneficiado do uso do sensoriamento remoto para mapear áreas queimadas em escala global ou regional.

O estado do Maranhão, localizado na região nordeste do país, é um dos 10 maiores estados do Brasil, com área aproximada de 332 mil km² (BATISTELLA et al., 2014). Os biomas Cerrado (64% do Estado), Amazônia (35%) e Caatinga (1%) compõem um mosaico de paisagens ricas em biodiversidade do Estado. A parte significativa desses biomas está inserida em alguma Unidade de Conservação, como as APA's – Áreas de Proteção Ambiental, que atualmente constituem o número de sete unidades no estado englobando uma área total de 6.340.394,4 ha (ZEE – MA, 2016).

A constituição estadual do Maranhão estabelece em seu artigo 116 que é competência do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA) prevenir e combater os incêndios em geral, incluídos nestes os incêndios florestais. Guimarães et al. (2014) verificaram como principais impactos dos incêndios: aquecimento do solo, erosão, redução de nutrientes do solo, redução do teor de matéria orgânica, acidez do solo, alteração do microclima local, redução da

qualidade da água, mortandade de animais, enfraquecimento da madeira, limpeza do sub-bosque, impactos às culturas agrícolas, interferência na sucessão vegetal, redução da atividade de microrganismos e renovação da pastagem, transtornos à população do entorno, impactos paisagísticos e destruição de áreas de recreação.

A cidade de Balsas, localizada no sul do Maranhão, é a maior produtora de soja do estado, possuindo uma agricultura automatizada. Dito isso, entende-se que seu desenvolvimento se deu através do processo de urbanização desenfreada, visto que não houve um estudo a respeito dos danos que isso iria causar a curto e longo prazo no meio ambiente.

A problemática destacada nesta pesquisa nasce da preocupação a respeito do aumento significativo de incêndios na área da cidade de Balsas, tendo em vista a importância da agricultura para essa região e os danos que são causados para expandir a economia sem que haja uma preocupação socioambiental.

O interesse por essa temática tem origem nos benefícios da utilização do sensoriamento remoto na identificação, monitoramento e controle de incêndios florestais, podendo auxiliar o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão na melhoria dos serviços prestados à sociedade.

A relevância social desta pesquisa justifica-se diante da intensa incidência de incêndios na área da cidade de Balsas, e da importância da análise de dados sobre áreas queimadas, obtidos através do sensor MODIS, desempenha um papel fundamental na diminuição das queimadas, fornecendo informações valiosas para a detecção, monitoramento e combate a incêndios.

Para a comunidade acadêmica e para o poder público é de extrema relevância ter conhecimento a respeito dos danos causados pelas queimadas. O sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua, possui capacidade de detectar e monitorar incêndios florestais, registrando imagens diárias com alta resolução espacial e diversas bandas espectrais, permitindo identificar focos de calor associados a incêndios e o monitoramento de áreas vulneráveis. Diante disso, é possível uma rápida atuação do Corpo de Bombeiros, direcionando recursos para o combate e evitando a propagação de incêndios.

Apesar do vocábulo "cidade" ser associado à zona urbana de um município e o vocábulo "município" contemplar a zona urbana e rural, para simplificar o entendimento, neste trabalho, os dois vocábulos são utilizados como sinônimos. Ou seja, o termo "cidade" no escopo deste trabalho, refere-se à união da zona rural e urbana.

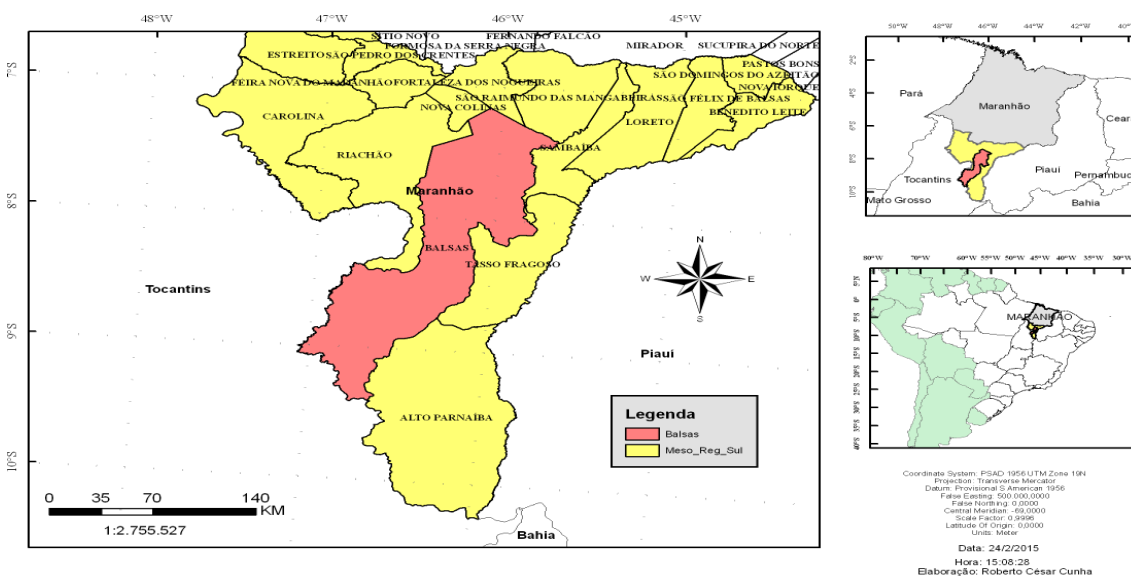
O primeiro capítulo deste estudo trata da introdução. O segundo irá discorrer sobre a cidade de Balsas localizada ao sul do Estado do Maranhão. O terceiro capítulo abrange as características da região Cerrado. O quarto abordará os conceitos e causas dos incêndios florestais e os seus danos a natureza. Os danos causados pelas queimadas no cerrado de balsas é o título do quinto capítulo deste trabalho. No sexto, terá como conteúdo o georreferenciamento e seus conceitos básicos. No sétimo capítulo, explicará a função do sensor MODIS. O oitavo capítulo demonstrará os Materiais e Métodos. O penúltimo capítulo trará os resultados e discussões. Por fim, a conclusão, que será um aparato de tudo aquilo que foi demonstrado no decorrer desta pesquisa.

2 BALSAS -MARANHÃO

2.1 História do município de Balsas

No início do século XVIII chegaram ao Sul do Maranhão (Figura 1) os primeiros vaqueiros baianos irradiados do vale do rio São Francisco que conseguiram romper a barreira natural do rio Parnaíba. Observando a imensidão dos verdes pastos maranhenses, nunca avistados na caatinga nordestina, batizaram a região com o nome de pastos bons, e logo fundaram uma vila com mesmo nome, na chapada nordeste da serra do Itapecuru (CARDOSO, 1947; CARVALHO, 1924).

Figura 1: Mapa da mesorregião sul do Maranhão



Fonte: <https://baixarmapas.com.br/mapa-de-mesorregioes-do-maranhao/>.

O município de Balsas foi fundado no ano de 1918. Segundo Brasil (2000), a população atual é de 64.059 habitantes, sendo 83 % residentes na zona urbana e 17 % na zona rural. A taxa média de crescimento da população é de 4,2 %.

Balsas teve seu marco inicial provavelmente no ano de 1840, mais precisamente no Porto das Caraíbas, local originário que era denominado Fazenda Bacaba, propriedade pertencente a Tito Coelho. A região foi formada por vaqueiros do Nordeste que, fugindo da seca, cruzaram o Rio Parnaíba e

descobriram as terras do Maranhão, montando uma estrutura na Passagem dos Caraíbas às margens do Rio Balsas, conforme Figura 2.

Figura 2: Rio Balsas



Fonte: <http://www.8p.com.br/fotosdebalsas/flog/#a176377>.

As terras dessa região eram pertencentes a grandes fazendeiros que residiam na sede do município de Riachão, tendo como proprietários as famílias Coelho e o Tenente Coronel Daniel Alves Rego.

Como a ligação entre as fazendas era realizada somente por via fluvial, não tardou que se formassem ao longo do trajeto, pequenos povoados. Sabedor da existência do novo núcleo de população que ali se formava, para lá deslocou-se o baiano Antônio Ferreira Jacobina, mercador de fumo nos sertões, tornando-se líder da povoação, a qual denominou Vila Nova. Em 1879 foi edificada uma pequena igreja em homenagem a Santo Antônio e, em 1882, Vila Nova recebeu um novo nome, Santo Antônio de Balsas, que posteriormente foi elevado à categoria de vila e de cidade, com a mesma denominação. O distrito foi criado em 1892, pela Lei nº 15 e desmembrado do município de Riachão em 22 de março de 1918 pela Lei nº 775. Na ocasião figurava como Distrito de Santo Antônio de Balsas que pelo Decreto-Lei nº 820 de 30 de dezembro de 1943, passou a denominar-se "BALSAS" (BARBOSA, 2008).

Ao todo, o rio Balsas é constituído de nove afluentes, dentre eles temos os riachos São Caetano que, segundo Oliveira et al., (2017), cruza a cidade incluindo o bairro CDI, Vivendas do Potosí, Centro, Cajueiro e deságua no Rio

Balsas no bairro Manoel Novo. Além disso, o riacho Lava Caras também atravessa os bairros Cajueiro, Nazaré e deságua no rio Balsas. Nesses trajetos, esses belos mananciais aos poucos estão sendo degradados devido à ação antrópica, como o despejo de dejetos químicos provenientes de lava jatos e oficinas mecânicas, entre outros.

O município de Balsas, desde o início, teve na agricultura seu norte para o desenvolvimento econômico, possuindo condições de espaço (solo plano, clima e pluviosidade), haja vista que, está próximo ao regime de chuvas amazônico, no baixo custo de aquisição de terras na área, e acima de tudo nas políticas de Estado quem vem sendo adotadas desde a década de 70 para o desenvolvimento do Cerrado, foram atrativos para os agricultores do Sul que inicialmente cultivavam arroz e com o advento da revolução verde, técnicas de correção e calagem do solo, viram nessa região do Cerrado um espaço propício para o cultivo da soja, fazendo com que se tornasse a principal atividade agrícola da cidade, passando a ser um dos grandes produtores de soja do Brasil, para a exportação até o fim da década de 70 (MOTA, 2017).

As relações comerciais que ocorriam nos portos da cidade atraíram um pequeno núcleo de população que se fixou nestes locais. Essa fixação ocorreu no meio dos latifúndios pecuaristas extensivos (BARBOSA, 1959; COELHO NETO, 1979) e surgiram pequenas propriedades com criações e plantações de produtos destinados à subsistência familiar e a pequenos produtores.

Segundo Alves (2009, p. 162) os primeiros agentes modernizadores chegaram ao Sul do Maranhão na década de 1970, através de programas de desenvolvimento regional com auxílio de recursos da SUDENE, destinados à pecuária melhorada e à lavoura, inicialmente arroz de sequeiro.

No começo dos anos de 1970, houve um aumento no número de fazendas de soja. Tal aumento foi induzido pela quantidade de investimentos realizados pelos sulistas do país que migraram de seus estados, a fim de prosperar em terras maranhenses, tal fenômeno ficou conhecido como as “escadas das chapadas”. Com novos investimentos e a possibilidade do êxodo rural, o governo do estado do Maranhão na época, resolveu apoiar a produção de soja substituindo as atividades agropecuárias tradicionais como no caso do plantio de arroz.

Em 1986, com ajuda do pesquisador da Embrapa, Irineu Alcides Bays, foi criada a primeira semente de soja adaptada para o cerrado maranhense. A partir da década de 1990, à medida que a agricultura era modernizada, a produção de soja se tornava mais produtiva e se consolidava como maior fonte de renda do município.

Até então a cidade de Balsas nem aparecia entre as dez maiores cidades da região sul do estado, cenário esse que mudou em meados de 2000 a 2010, tendo em vista que o crescimento do PIB do município de Balsas foi significativo, crescendo a taxas superiores a 77% anualmente, deixando atualmente a cidade na quarta colocação no que diz respeito ao PIB do Maranhão (Mota, 2017).

A expansão geográfica da soja para novas regiões, neste caso, para o cerrado brasileiro, incrementando o comércio exterior e exportando capital serve para elaborar um novo nível de demanda efetiva, juntamente com a penetração do capital em novas esferas de atividade; criação de novos desejos e novas necessidades; e a facilitação para o crescimento populacional (HARVEY, 2005).

Durante o estudo a respeito da cidade de Balsas, buscou-se demonstrar uma noção a respeito do processo de transformação sofrido pelo município no curto espaço de tempo relacionado ao seu desenvolvimento econômico em desalinho ao desenvolvimento social. Conforme a teoria da polarização, e o conceito de cidade do agronegócio, levando em consideração a influência direta do capitalismo, haja visto que a agricultura familiar foi substituída pela agricultura do mercado não levando em consideração a exclusão das populações de seu espaço produtivo e tampouco a sustentabilidade destes.

Ainda sobre a economia de Balsas, a área utilizada para a produção agropecuária estende-se por um imenso território. A demanda oriunda de produtos deste setor, tal como a necessidade de crescimento econômico obtida através desta atividade, para que não tenha sua produtividade prejudicada deve haver maiores investimentos, o que evidencia que tal realidade terá ligação direta com o ecossistema local.

Assim sendo, evidencia-se cada vez mais a necessidade de criação de medidas de proteção do meio ambiente, tendo como possíveis opções a redução das extensões de produção para o aumento de áreas de vegetação e a

preservação das reservas naturais a fim de promover a manutenção dos recursos para as próximas gerações.

A realidade atual de Balsas – MA é que a cidade se tornou referência no que diz respeito ao agronegócio brasileiro, no entanto esse progresso não veio de forma ordenada, tendo em vista que a produção agrícola vem tomando o espaço antes ocupado anteriormente pela natureza e que estas áreas agora são sinônimos de atividades relacionadas ao agro. Outro fator importante para se destacar é que as diferenças e desigualdades sociais também se tornam cada vez mais extremas (Figura 3), em contraponto às elevadas médias salariais em grandes empresas do agronegócio. Assim, 40% da população de Balsas vive com uma renda menor que meio salário-mínimo (IBGE 2010).

A transfiguração de algumas partes de área natural em espaço urbanizado pode diminuir essas desigualdades, de modo que seja oferecido serviços públicos de infraestrutura, de transportes e uma divisão do território pelas diferentes atividades econômicas.

Figura 3: Periferia do município de Balsas

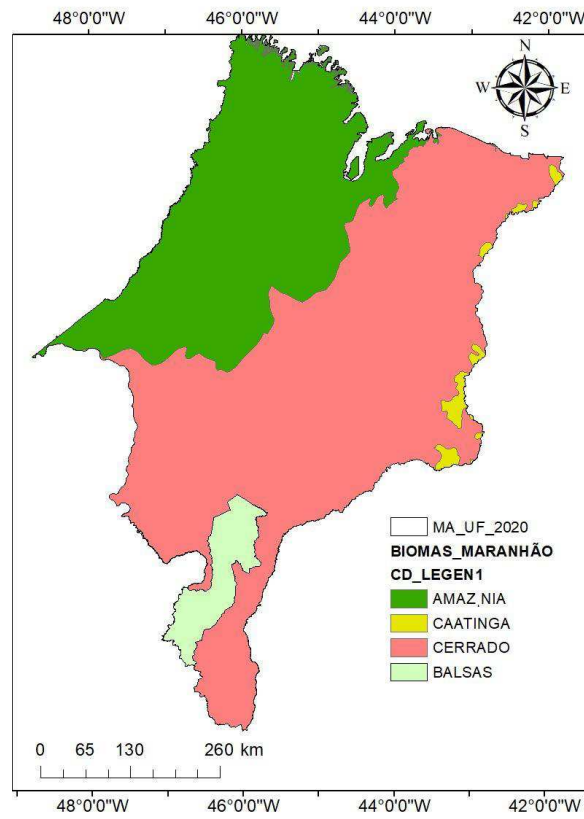


Fonte: <https://veja.abril.com.br/galeria-fotos/desenvolvimento-economico-e-caos-urbano/>.

2.2 Bioma do município de Balsas- MA

A área insere-se no domínio florístico do Bioma Cerrado, conforme Figura 4. Segundo Maranhão (1991, p. 42), o Cerrado regional está distribuído em três gradientes: Campo Cerrado, Cerrado e Cerradão.

Figura 4: Biomas Maranhão



Fonte: Produzido pelo autor, 2023.

O Campo Cerrado concentra-se em zonas com deficiência hídrica, apresentando cobertura graminoíde com esparsos arbustos. O Cerrado é pouco denso, o estrato rasteiro é graminoíde e o arbóreo possui ramificações irregulares. No Cerradão as árvores têm tronco menos retorcido, o estrato herbáceo é constituído por gramíneas, ciperáceas e bromeliáceas. Balsas limita-se ao Norte com as cidades de São Raimundo das Mangabeiras e Fortaleza dos Nogueiras; ao Sul, com a cidade de Alto Parnaíba e o Estado do Pará; a Leste, com as cidades de Sambaíba, Tasso Fragoso e Alto Parnaíba e; a Oeste, com os Cidades de Nova Colinas e Riachão (Google Maps, 2011). O município está situado a 243 metros de altitude, suas coordenadas geográficas são: Latitude: 7° 31' 59" Sul, Longitude: 46° 2' 6" Oeste. Os solos da região estão representados por Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo (em maior incidência), Solos Litólicos e Areia Quartzosa (EMBRAPA, 2006).

florestais, savânicas e campestres”. (RIBEIRO; WALTER, p.94, 1998). Contudo, as informações científicas acerca da composição vegetal nativa do Cerrado disponível ainda são limitadas (AQUINO et al., 2007). A alta riqueza de espécies, taxa de endemismo e heterogeneidade das formações vegetais são fatores marcantes do Cerrado.

O Cerrado é um bioma de fundamental importância ambiental, econômica e social para o Brasil. O bioma abriga uma imensa diversidade de povos e comunidades tradicionais que historicamente habitam a região. Esses povos e comunidades adotam usos tradicionais dos recursos naturais do bioma, dos quais dependem para manter seu modo de vida. Além disso, eles detêm um conhecimento vasto e profundo sobre a fauna e a flora locais, assim como suas aplicações medicinais, nutricionais e ambientais (CARNEIRO, COSTA 2016).

O bioma Cerrado é muito importante para a manutenção e sobrevivência dos outros cinco biomas brasileiros e dos outros biomas da América do Sul, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2020), esse bioma é considerado a savana mais rica em biodiversidade do mundo, pois nele existem 150 espécies de anfíbios, 180 de répteis. Segundo a WWF (2020), há mais de 12.140 espécies de plantas, além de “90 mil de insetos, 1200 de peixes, 837 espécies de aves, 199 tipos de mamíferos”. (NASCIMENTO; RIBEIRO, p. 27, 2017).

Os números recentes de degradação do Cerrado são absolutamente inaceitáveis. O país está caminhando para assistir à destruição de um dos mais importantes biomas do Brasil. Em função das ferramentas e tecnologias, consegue-se saber quanto estão desmatando, exatamente onde, quem são os atores, vetores e para quais cadeias produtivas. É possível assistir à conversão do Cerrado em áreas agrícolas e pastos sabendo exatamente quais são as causas. O que falta realmente é tomar ação (CARNEIRO, COSTA 2016).

4 INCÊNDIOS FLORESTAIS

Os incêndios florestais são eventos que acontecem em áreas de vegetação natural, como florestas, matas e savanas. Esses incêndios podem ter origem tanto natural, como por exemplo, por meio de descargas elétricas atmosféricas (raios), quanto por ação humana, como no caso de queimadas descontroladas.

Apesar de toda a atenção da mídia e dos anos de estudo científico em relação aos incêndios florestais, o real problema que estes causam ao ambiente ainda tem sido ignorados (SILVA, 1998).

Incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta. Diferente da queima controlada, que é a utilização do fogo em uma área, sob determinadas condições de clima, umidade do combustível, umidade do solo e outras, produzindo a intensidade de calor e a taxa de propagação necessária para favorecer esta prática de manejo (SOARES, 1985).

A proteção contra incêndios florestais consiste no conjunto de ações preventivas aliadas ao preparo do material e pessoal para o combate aos incêndios.

Os incêndios florestais causam grandes impactos ambientais, sociais e econômicos em diversas regiões do mundo, sendo necessário o estudo detalhado sobre o seu comportamento a fim de alcançar medidas de prevenção e controle eficientes. Os incêndios florestais podem ocorrer em unidades de conservação, áreas de preservação, fazendas, margens de estradas, proximidades de aglomerados urbanos e áreas de reflorestamento, entre outras, e geram diversos prejuízos econômicos, paisagísticos e ecológicos (FIEDLER et al.,2006).

O ambiente tem forte influência a respeito da forma como os incêndios florestais acontecem. O número de fatores externos que influem no comportamento do fogo é tão grande que é impossível prever com precisão o que sucederá quando se inicia um fogo. Para melhor compreendê-los, pode-se classificá-los em três grupos: os combustíveis florestais, os fatores climáticos e as características topográficas. Os fatores

que determinam o comportamento do fogo podem ser classificados em três tipos: fatores da vegetação, fatores climáticos e fatores físicos do ambiente (SCHUMACHER; DICK, 2018).

A variação do número de ocorrências de incêndio, de região para região, ao longo dos meses, deve-se às diversidades climáticas ou às diferenças nos níveis de atividades agrícolas e florestais (SOUZA; SOARES; BATISTA, 2003).

O homem é o principal causador dos incêndios florestais, posto que a maioria dos incêndios tem sua origem por alguma atividade humana. No entanto, há exceções, alguns incêndios tem causas naturais, porém a grande maioria dos incêndios florestais são causados por alguma irresponsabilidade.

Os incêndios florestais antrópicos, que ocorrem com frequência muito maior que os incêndios florestais naturais, acarretam a redução da cobertura vegetal por espécies nativas, favorecendo que gramíneas exóticas se estabeleçam com maior dominância na área queimada. A propagação de gramíneas no ecossistema aumenta, tendo em vista que esse tipo de vegetação favorece a ocorrência de novas queimadas (BEERLING; OSBORNE, 2006).

Em um incêndio florestal pode-se encontrar um ou mais tipos de fogo na vegetação, quais sejam: fogo de superfície ou solo, fogo de copa e fogo subterrâneo. Outros fatores de propagação são:

- a) Umidade do material combustível
- b) Vento
- c) Temperatura
- d) Umidade relativa do ar
- e) Topografia

Com relação à vegetação, suas características, como dimensões e grau de inflamabilidade, definem se numa situação de incêndio florestal o material combustível é mais perigoso ou não. Cascas, ramos, galhos finos (com diâmetro menor que 1 cm) e gramíneas são combustíveis que favorecem a propagação rápida do incêndio florestal, produzindo chamas relativamente altas e muito calor (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Os incêndios são ordenados de acordo com as classes de tamanho

(baseadas nas áreas queimadas) (SOARES, 1984) e usadas internacionalmente: I) até 0,09 ha; II) de 0,1 a 4,0 ha; III) de 4,1 a 40,0 ha; IV) de 40,1 a 200,0 ha; V) mais de 200,0 ha.

5 OS DANOS CAUSADOS PELAS QUEIMADAS NO CERRADO DE BALSAS

No ano de 2014, o Maranhão foi o terceiro em número de queimadas no país, registrando mais de 3.000 (três mil) focos no Estado somente no mês de agosto, conforme dados do INPE, em notícia veiculada na mídia nacional. Grande parte destas queimadas ocorreram em áreas indígenas e próximas a propriedades, intensificadas pelas condições climatológicas, haja vista, ter sido um ano muito seco e pouco chuvoso (G1 MARANHÃO, 2014).

O fogo já estava presente no Cerrado mesmo antes da ocupação do homem. Este fenômeno altera a estrutura da vegetação, as características da composição do solo e os ciclos da água e carbono (ARAÚJO et al., 2012). A ocorrência de queimadas pode provocar perda de matéria orgânica do solo (JAISWAL et al., 2002). Além disso, as queimadas têm grande contribuição na emissão de gases estufa. No Brasil, apesar da utilização de combustíveis fósseis terem impacto no percentual de gases estufa emitido, a principal fonte está relacionada às queimadas provenientes do desmatamento (CERRI et al., 2009).

Entre os grupos de causas de incêndios classificados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla do inglês Food and Agriculture Organization), a maioria envolve fatores antrópicos, tais como: incêndios propositais, por motivos como retaliação, vingança, disputa pela posse de terras, urbanização e incapacidade mental, entre outros; queima para limpeza, para fins agrícolas; fumantes, devido à negligência de jogar pontas de cigarro ou fósforo acesos; operações florestais e recreação (JUVANHOL, 2014).

Quando um ambiente natural é destruído, se este não foi propriamente estudado, muitas espécies de plantas e animais são perdidas, o que é uma grande perda para a ciência e para a humanidade. Por isso, a importância da proteção e defesa da biodiversidade. Um exemplo a ser citado como perda de biodiversidade é o Cerrado brasileiro, onde aproximadamente 40% a 50% do solo foi transformado em agricultura nos últimos 50 anos. Esse bioma representa 23% da cobertura vegetal do Brasil e é um dos mais importantes hotspots de conservação da biodiversidade. (GIUSTINA; SILVA; MARTINS, 2018).

Historicamente, o Cerrado teve sua área suprimida em 43,6% até o ano de 2002 e de 47,8% até o ano de 2008. No período de 2002 a 2008, a taxa anual

de desmatamento foi de 0,7%, a maior taxa dentre os seis biomas brasileiros, não existindo dados de desmatamento antes de 2002 (MMA, 2011).

Ichoku e Kaufman (2005) afirmam que as queimadas causam impactos no albedo, modificações do balanço radiativo da atmosfera, além disso, as ocorrências de queimadas estão amplamente associadas ao clima, às condições da vegetação e principalmente às atividades humanas (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006).

O cerrado se destaca no que diz respeito aos incêndios que ocorrem em áreas florestais. Entre os municípios que apresentaram o maior índice de ocorrências em 2019, os cinco primeiros estão situados nesse bioma (IMESC, 2019).

Cabe destacar que esses incêndios possuem duas origens distintas: podem ser naturais ou antrópicas e se faz necessário esclarecer que os “focos de queimada”, diferenciam-se da queima controlada, que visa o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos.

A ocorrência natural se manifesta em várias savanas e a maioria das espécies são capazes de se regenerarem após um incêndio. Assim, características das vegetações são adaptações que surgiram em resposta à influência do fogo (BRASIL, 2011; SILVA et al., 2001).

Apesar do fogo desempenhar um papel significativo nos ecossistemas do cerrado, sua frequência provoca grandes danos ao meio ambiente. A ação humana ocorre principalmente na utilização do fogo para expandir áreas para agricultura e pecuária (BRASIL, 2011).

Os fatores envolvidos na ocorrência e propagação de um evento de queimada são diversos, tais como a frequência de raios, altas temperaturas, duração do período seco e ventos intensos (ARAÚJO et al., 2012). São consideradas três causas principais para a ocorrência do fogo: naturais, pela incidência de raios; antrópicos de origem acidental; e antrópicos de origem intencional (JAISWAL et al., 2002).

Embora a ocorrência de incêndios naturais seja comum no Cerrado (MIRANDA et al., 2002), atualmente a quase totalidade dos eventos de fogo é

em decorrência da ação antrópica, seja acidental ou intencionalmente (FRANÇA & RIBEIRO, 2008).

O entendimento dos efeitos do fogo sobre a vegetação é um processo complexo e ainda não muito esclarecido no meio científico (HENRIQUES, 2005). É consenso entre pesquisadores que o regime de incêndios no Cerrado, entre outros condicionantes ambientais como clima e solos, é o fator mais preponderante do bioma (EITEN, 1972; COUTINHO, 1990), responsável por uma série de modificações na estrutura da vegetação.

No Cerrado, grande parte das queimadas está fortemente relacionada ao desmatamento, preparação do solo para agricultura e na pecuária como estímulo à rebrota da vegetação, que serve como alimentação de gado, principalmente na estação seca (PIVELLO & COUTINHO, 1992).

Embora algumas espécies desse bioma estejam adaptadas aos eventos de fogo, a alta recorrência de queimadas pode gerar alguns impactos negativos (DIAS, 2006), podendo causar mudanças na florística e na estrutura da vegetação e até mesmo alterar a densidade de árvores e arbustos (MEDEIROS & MIRANDA, 2005). Como recentemente a frequência de queimadas tem aumentado significativamente, os estudos sobre fogo se tornam relevantes para a avaliação da cobertura vegetal de Cerrado (GOMES et al., 2014).

Guimarães et al. (2014) verificaram como principais impactos dos incêndios: aquecimento do solo, erosão, redução de nutrientes do solo, redução do teor de matéria orgânica, acidez do solo, alteração do microclima local, redução da qualidade da água, mortalidade de animais, enfraquecimento da madeira, limpeza do sub-bosque, impactos às culturas agrícolas, interferência na sucessão vegetal, redução da atividade de microrganismos e renovação da pastagem, transtornos à população do entorno, impactos paisagísticos e destruição de áreas de recreação.

O agronegócio é o principal receptor de investimentos do governo, o que incentiva a expansão do mercado de novas tecnologias de monoculturas. O desenvolvimento do setor, porém, é acompanhado por crescentes preocupações com os impactos ambientais, principalmente quanto ao consumo de água, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, emissão de gás metano, desmatamento

e queimadas de vegetação nativa para expansão do agronegócio (ASSAD et al., 2012).

Além de ações relacionadas a atividades agropecuárias, existem outras situações nas quais um sujeito pode iniciar um incêndio. Quando existe dolo por parte do indivíduo este é definido como incendiário e, sendo este crime tipificado no art. 250 do Código Penal. Outras formas são: fogos campestres, fumantes, operações florestais e soltura de balões (CARVALHO, 2009).

A conversão de áreas florestadas em lavouras agrícolas representa uma mudança drástica no ecossistema original, já que gera alterações morfológicas, físicas, químicas e biológicas nos atributos do solo e, conseqüentemente, podem produzir impactos significativos, uma vez que os mecanismos naturais de reciclagem e de proteção do sistema são alterados (LIMA et al., 2011; LUIZÃO et al., 2006).

Devido o assunto estar relacionado à defesa civil, a responsabilidade pelo combate a incêndios florestais recai sobre os Corpos de Bombeiros Militares, conforme estipulado na constituição federal de 1988: “[...] aos corpos de bombeiros militares, além das atribuições definidas em lei, incumbe a execução de atividades de defesa civil” (BRASIL, 1988).

A prevenção passiva visa a evitar incêndios causados por ação humana, por outro lado, a prevenção ativa busca retardar a propagação do fogo (CBMGO, 2017; OLIVEIRA, 2014).

No que concerne à agricultura destaca-se que existe uma convergência na adoção de mecanismos de certificação voltados para todos os elementos da sustentabilidade. Neste sentido as certificações na agricultura tendem a requerer de todo o processo produtivo não somente exigência de critérios voltados à preocupação com a questão ambiental, (visto que seu processo produtivo depende totalmente da interação com o meio natural), mas também associar ao crescimento econômico ao atendimento de requisitos sociais justos (DIAS, 2010).

A partir da necessidade de preservação, a legislação ambiental brasileira, através do Art. 225 da constituição de 1988, estabelece diretrizes para assegurar a efetividade dos direitos públicos em relação ao meio ambiente. De acordo com o artigo, o poder público é incumbido de funções para assegurar a preservação

da diversidade ambiental e proteção da fauna e flora no território brasileiro, bem como, exigir estudos sobre a instalação de obras e impor penalidades ou obrigações em relação à restauração do ambiente degradado. Também são funções do poder público, a divulgação de projetos de educação ambiental nas escolas e o controle sobre o emprego de métodos que impliquem na qualidade do meio ambiente e incorrem em riscos à vida. (BRASIL, 1988).

6 GEORREFERENCIAMENTO

Historicamente, a apropriação de terras que ocorria em épocas remotas vinha de grandes conquistas, de instrumentos que possibilitassem a transição e observação de terras distantes e a conquista de grandes civilizações pelo mundo (PALHARES, 2009).

Desde a gênese da humanidade, o homem faz uso dos corpos celestes para navegação e atualmente utiliza a tecnologia para precisar tal navegação. Conforme Vidal (2013), nos primórdios das civilizações, conhecer o que se tem e a quem pertencem foi de fundamental importância para a geração de impostos. Esse fato iniciou-se com os egípcios que mensuraram e mediam as terras para aplicação de taxas administrativas.

O georreferenciamento é uma ferramenta primordial para diversos trabalhos, é a definição da forma, dimensão e localização de um terreno em relação ao globo terrestre, usando métodos de levantamento topográfico para tal ação. Num estudo deste tipo encontramos várias informações acerca do terreno, mas algumas se destacam e são imprescindíveis em qualquer trabalho do gênero. São elas: Limites da área; Confrontações; coordenadas dos vértices definidores.

O georreferenciamento consiste na descrição do imóvel rural em suas características, limites e confrontações, realizando o levantamento das coordenadas dos vértices definidores dos imóveis rurais, georreferenciados ao sistema geodésico brasileiro, com precisão posicional fixada pelo INCRA (BRASIL, 2001, p. 08).

Um tema bastante discutido no Brasil é questão agrária, principalmente no que diz respeito à posse da terra (PINTO; CAMARGO; MONICO, 2013). Nessa questão, os autores continuam afirmando que a Lei 10.267/2001 foi um grande avanço para a questão agrária.

Segundo Folles (2008) antes do surgimento de técnicas que pudessem ser utilizadas pelo homem, em períodos históricos esse indivíduo já fazia uso das terras em sua produção natural usando tudo que pudesse retirar do meio ambiente. Estas condições eram desenvolvidas por civilizações muito avançadas com relação às terras como os Egípcios, Gregos e Romanos que foram determinantes sob o estudo da divisão de terras e suas demarcações.

O georreferenciamento envolve a coleta de informações físicas e geográficas de um local específico, e há várias abordagens disponíveis para isso, por exemplo, o uso de VANTs, drones, bússolas e GPS, que utilizam imagens de satélite para essa finalidade.

De forma que ainda se leva em consideração os primeiros conceitos sobre o georreferenciamento tendo em vista sua importância atualmente e a busca pela melhoria nos sistemas de fiscalização que permite a confiabilidade de registrar o imóvel rural e certificar para os seus proprietários com segurança, de modo que a Lei do Georreferenciamento foi necessária para organizar a situação de registro e cadastro das terras rurais do Brasil, pois não existiam técnicas e métodos padronizados para determinar a posição de um imóvel no globo terrestre.

Para que seja feito o Georreferenciamento, deve-se definir as coordenadas dos vértices definidores pelo Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) com exatidão de sua posição estabelecida pelo INCRA. O SGB espelha com exatidão as dimensões de uma propriedade, a probabilidade de erro é de quarenta centímetros para todo o Brasil.

Os processos para se georreferenciar uma área é simples. Não requerem tanto tempo ou recursos e podem ser feitos de várias maneiras, tanto pelo solo, usando uma equipe profissional, como pelo ar, com drones e/ou satélites, por exemplo. Para Monico (2000), os sistemas de coordenadas envolvidas no posicionamento por satélites são os celestes e os terrestres convencionais, os quais são geocêntricos.

De forma que, o georreferenciamento se torna imprescindível quando se quer ter uma noção a respeito de uma área ambiental que tenha sofrido algum dano. Além disso, auxilia a mensurar com a área ambiental era antes e como está no momento e a analisar dados para cenários prospectivos que visem orientar a todos a respeito das providências a serem tomadas na redução de danos.

No Brasil, existem poucos dados sobre a quantidade total de terras degradadas. O Censo Agropecuário (IBGE, 2006) apresentou que haveria 9,8 milhões de hectares de pastagens degradadas e 0,7 milhão de hectares de terras degradadas erodidas, desertificadas ou salinizadas nos estabelecimentos

rurais. Contudo, esses dados não incluem as terras degradadas e abandonadas que não constam nos estabelecimentos agropecuários recenseados. Dessa forma, seguramente esses números estão subestimados (SAMBUICHI et al., 2012).

A urgência em manter os dados referentes ao território de Balsas onde as queimadas trouxeram grande estrago, faz com que a temática deste trabalho seja de suma relevância para a sociedade, tendo em vista que para promover ações que visam reverter e diminuir os danos causados na natureza precisa-se antes mensurar tais danos.

7 O QUE É O SENSOR MODIS/AQUA E TERRA

Durante as últimas décadas, houve um aumento do interesse na compreensão dos fatores que determinam as mudanças climáticas. Este interesse foi gerado, em parte, devido às evidências de que estas alterações estivessem sendo aceleradas pela intervenção humana, acarretando com isto, no aquecimento global, aumento no nível médio dos oceanos, redução da biodiversidade, entre outros. Estudos têm demonstrado que os constituintes atmosféricos (nuvens, os gases e os aerossóis) afetam profundamente os oceanos e a superfície terrestre, os quais, por sua vez, acabam por afetar a atmosfera (NASA, 2002).

O satélite Terra foi lançado em dezembro de 1999, começando a coletar dados em fevereiro de 2000, com o horário de passagem às 10:30 h da manhã no equador, enquanto que o satélite Aqua foi lançado em maio de 2002, com o horário de passagem às 13:30 h. Dentre os sensores que estes satélites transportam, o principal deles, o sensor MODIS, foi projetado para atender os requisitos de três campos de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra. Este sensor apresenta bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades de observação e para oferecer uma cobertura global quase diária (Justice et al., 2002).

Tendo em vista que o sensor MODIS é o principal instrumento desenvolvido para os satélites Terra e Aqua, este apresenta diversas características, sendo elas:

- Ampla cobertura espacial e espectral;
- Continuidade na tomada de medidas, em regiões espectrais mais finas, que as disponíveis em outros sistemas sensores até o momento, vindo a complementar estas informações, como o conjunto de dados adquiridos pelo AVHRR;
- Ser a primeira ferramenta dos satélites EOS na condução das pesquisas e mudanças globais.

Neste sentido, o objetivo dos produtos gerados por estes sistemas (MODIS) está, basicamente, na quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antropomórficos, auxiliando

assim, nos diversos modelos regionais e globais existentes (Strahler et al., 1999).

O georeferenciamento do MODIS foi estabelecido através do uso de uma técnica paramétrica, onde pontos de controle foram aplicados, somente, para remover as direções tendenciosas. Sua orientação em relação a Terra é obtida através de sensores à bordo do satélite. Sua altitude é medida por um giro inercial e por um sensor “star-tracking”, onde a posição é medida por um TDRSS a bordo de um sistema de navegação (Teles et al., 1995).

Além de detectar focos ativos, o sensor também monitora a evolução da cobertura vegetal, identificando mudanças e padrões ao longo do tempo. Além disso, auxilia na detecção de queimadas ilegais associadas ao desmatamento ou à expansão agrícola.

8 MATERIAIS E MÉTODOS

Para Nascimento (2002), alguns dos motivos que impulsionam a escolha de uma determinada pesquisa mostram o desejo e a determinação do pesquisador, que possibilita a ampliação da reflexão intelectual sobre o tema escolhido. Segundo ele, “atendendo ao desejo quase que genérico do ser humano de conhecer a si mesmo e a realidade circundante” (Ibid. p. 55). Essa percepção relevante se assemelha a de Barros e Lehefeld (2006b), ao dizer que:

[...] chega-se a um conhecimento novo ou totalmente novo, isto é, [...] [ele] pode aprender algo que ignorava anteriormente, porém já conhecido por outro, ou chegar a dados desconhecidos por todos. Pela pesquisa, chega-se a uma maior precisão teórica sobre os fenômenos ou problemas da realidade. (BARROS; LEHFELD, 2006b, p. 68).

Foi feita uma pesquisa qualitativa e descritiva sobre o município observado, com a pretensão de expandir o conhecimento e os trabalhos nessa área, o que Segundo Triviños (1987), uma pesquisa de cunho qualitativo estuda os dados buscando seu sentido, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. No uso da descrição qualitativa, procura-se adquirir e captar não apenas o aspecto do fenômeno, mas também suas bases, procurando explicar suas relações e mudanças.

8.1 Área de Estudo

Neste estudo, foi analisada a região correspondente ao município de Balsas, localizado no sul do estado do Maranhão, na região Nordeste do Brasil. Balsas abrange uma extensão territorial de 13.141.162 km².

Inicialmente, o município foi elevado à categoria de cidade com o nome de Santo Antônio de Balsas, através da lei estadual nº 775, datada de 22 de março de 1918. Posteriormente, de acordo com o decreto-lei nº 820, de 30 de dezembro de 1943, o município passou a ser denominado simplesmente Balsas. Segundo censo realizado em 2010, possui população de 83.528 pessoas (IBGE, 2022).

Localizado no extremo sul do estado do Maranhão, na microrregião gerais de Balsas, apresenta PIB correspondente a 4,47% do total do estado, atrás apenas das cidades de São Luís e Imperatriz. No setor agropecuário, Balsas desempenha um papel importante, contribuindo de forma significativa para o

setor primário do estado. No ano de 2020, ao analisar o Valor Adicionado (VA) dos municípios no setor agropecuário, foi constatado que os municípios mais expressivos, (com valores compreendidos entre R\$ 100.000,01 e R\$ 1.804.430,11), concentraram-se na região sul, com destaque para Balsas, que registrou um VA de R\$ 1.804 milhões. (IMESC, 2022).

A atividade econômica principal de Balsas está centrada na lavoura temporária, com destaque para os cultivos de soja, algodão e milho. No ano de 2020, o município conquistou a primeira posição no ranking do setor agropecuário no estado (IMESC, 2022).

Geograficamente, Balsas está localizada a uma latitude de 07° 31' 57" Sul e uma longitude de 46° 02' 08" Oeste. A região é caracterizada pela presença de cerrado tropical, subcaducifólio. Em regiões próximas aos rios, é possível encontrar matas de galeria e vegetação do tipo campos higrófilos de várzea. Quanto à localização hidrográfica, o município pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, sendo o rio Balsas seu principal afluente (EMBRAPA, 2013).

Segundo Maranhão (2002, p. 15), a estrutura geológica compreende: Cobertura Detrítica (Quaternário), sobreposta às formações Sardinha (Cretáceo), Pedra do Fogo (Permiano) e Piauí (Carbonífero). Segundo Petri e Fúlfaro (1983, p. 54), a fisiografia local compreende uma estrutura geológica de base sedimentar da bacia do Parnaíba.

De acordo com Maranhão (2002; p. 36), o clima é do tipo tropical quente e úmido, com média pluviométrica de 1.400 mm ao ano. As chuvas se estendem nos meses de outubro a abril, com maior intensidade em novembro e dezembro. A estiagem tem início no mês de maio e termina em setembro, tendo maior intensidade em junho e julho. A temperatura média anual é de 26° C, com máximas de até de 36° e mínimas de 22° C, porém no mês de julho, a temperatura pode diminuir chegando a atingir índices em torno de 12°C a 14°C.

8.2 Método de Abordagem

A presente pesquisa se enquadra como indutiva, que segundo Lakatos e Marconi (2007, p.86) esclarecem que a indução é parte de um processo mental em que a partir de dados particulares e suficientemente contatados “infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto,

o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

Tendo em vista que o presente trabalho verifica e observa efeitos causados por determinado fenômeno, podemos afirmar que o método indutivo foi utilizado para a construção deste estudo, posto que segundo Lakatos e Marconi (2007) postulam que a indução se refere a um processo de ordem mental, que por meio de dados particulares (singulares), baseia uma verdade geral e universal. Ou seja, do particular para o geral, por meio das premissas particulares.

8.3 Métodos de Procedimentos

A presente pesquisa classifica-se, quanto aos objetivos, como uma pesquisa de nível descritiva, que segundo Gil (2002), tem como objetivo principal a descrição das características de determinada população, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como observação sistemática.

O procedimento utilizado para coleta de dados é classificado como uma pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2002) é “[...] desenvolvida por material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” Já a pesquisa documental, difere-se da pesquisa bibliográfica apenas na natureza de suas fontes, ou seja, enquanto a pesquisa bibliográfica se dá por meio de material já publicado e analisado, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa (GIL, 2002).

Neste trabalho, a pesquisa documental será aplicada por meio de dados obtidos através do sensor MODIS/AQUA E TERRA que demonstrará a situação da cidade de Balsas/MA quanto a realidade de sua vegetação que vem sofrendo constantemente com queimadas. De acordo com Gil (2008), contribui significativamente para observar, analisar e chegar à verossimilidade dos fatos e dos fenômenos sociais ou naturais.

8.4 Técnicas de Coleta de Dados

A coleta de dado foi feita por sensoriamento remoto, através dos satélites MODIS/TERRA e AQUA, o que permitiu identificar as áreas queimadas nos últimos anos, na cidade de Balsas-Maranhão.

Quanto a utilização de material bibliográfico inúmeras são as publicações científicas a respeito das queimadas e dos incêndios florestais no Brasil e no mundo, tais materiais podem ser encontrados em locais como *google*, *google acadêmico* e *scielo*.

8.5 Áreas Queimadas Detectadas pelo Sensor Modis MCD64A1

O sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) está presente nos satélites Terra e Aqua, sendo lançado pela NASA. Ele possibilita a análise de três áreas de estudo: oceano, atmosfera e terra. O MODIS possui bandas de resolução espectral e espacial específicas para cada um desses objetivos, garantindo uma cobertura global quase diária, com intervalos de 1 a 2 dias (NASA, 2021).

O produto MCD64A1 é utilizado para o monitoramento de incêndios florestais e mapeamento de áreas queimadas na cobertura vegetal. Além disso, faz parte do conjunto mais recente do MODIS Área Queimada (MODIS Burned Area), e está disponível em níveis 2G, Nível 3 e Nível 4. Esses níveis são definidos em uma grade sinusoidal global com resoluções espaciais específicas de 250 m, 500 m ou 1 km. O MCD64A1 fornece informações sobre a área queimada por pixel (NASA, 2021).

A abordagem cartográfica da área queimada do MCD64 é realizada através da análise de imagens MODIS com resolução espacial de 500 m, combinadas com observações de incêndios ativos em escala de 1 km. O algoritmo utiliza limiares dinâmicos a imagens compostas geradas a partir de um índice de vegetação sensível ao fogo (VI), resultante das bandas 5 e 7 do infravermelho de ondas curtas do MODIS, juntamente com uma medida de textura temporal (NASA, 2021).

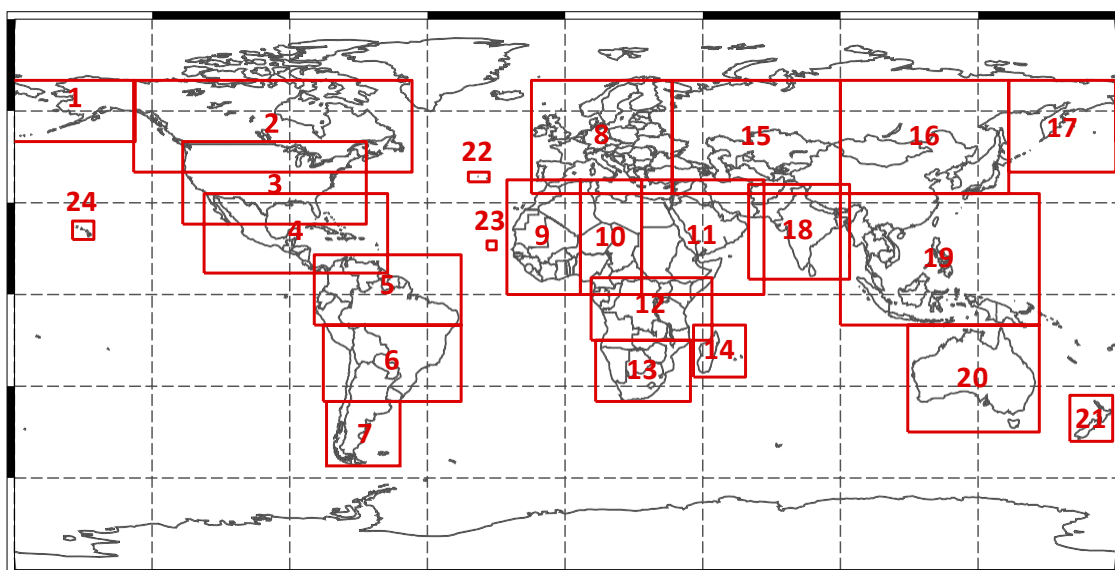
A data em que ocorreu o incêndio é codificada em uma única camada de dados do produto, representando o dia do ano civil em que a área queimada foi

registrada. Essa codificação varia de 1 a 366, sendo que o valor 0 é atribuído às áreas terrestres não afetadas pelo fogo. Valores especiais são reservados para indicar dados ausentes e áreas aquáticas. Essa metodologia permite obter informações detalhadas sobre as áreas queimadas, fornecendo dados precisos sobre a localização e a extensão dos incêndios florestais (NASA, 2021).

Neste estudo sobre áreas queimadas, foi utilizado o produto MCD64A1 da coleção 6.1, que é gerado mensalmente e possui uma resolução espacial de 500 m e grade de nível 3. Ele fornece informações detalhadas sobre a qualidade e a extensão das queimas por pixel, além de incluir metadados relacionados ao mosaico (NASA, 2021). As imagens do MCD64A1, que registram as áreas queimadas, estão disponíveis globalmente desde agosto de 2000, sendo utilizadas para realizar uma análise temporal dos incêndios ocorridos no município de Balsas, abrangendo o período de 2017 a 2021.

Os produtos do MCD64A1 são divididos em cenas, e aquelas que abrangem a área de estudo, o município de Balsas, estão localizadas na cena 5 (Figura 6). Os dados de áreas queimadas foram obtidos em formato shapefile por meio do software WINSCP, conforme o item 4.1 do guia do utilizador do produto área queimada versão 1.0 coleção 6.1 MODIS, elaborado pela NASA.

Figura 6: Cobertura dos subconjuntos GeoTIFF.



Fonte: Coleção 6.1 MODIS Guia do Utilizador do Produto Área Queimada Versão 1.0.

O sistema de projeção sinusoidal foi convertido para Universal Transverse Mercator (UTM) e datum SIRGAS 2000 23S. Em seguida, com o uso do software

ArcGIS 10.8, o produto foi relacionado às características do estado do Maranhão (Biomassas, mesorregião, microrregião, área queimada, data da queima, uso do solo) convertidos em tabelas e gráficos mediante utilização do excel 365. A descrição do uso dos solos estudados está conforme tabela 1.

A partir dos arquivos mensais fornecidos, que contêm dados sobre a data da queima, obteve-se uma série histórica diária de áreas queimadas durante o período de análise

8.6 Uso e Cobertura do Solo

Com base em dados do MAPBIOMAS, a fim de analisar as áreas queimadas em relação a cada unidade de uso e cobertura do solo, utilizou-se o mapeamento temático, conforme Anexo A. Utilizando o software ArcGIS 10.8, o mapa de ocorrências de áreas queimadas foi sobreposto ao mapa de uso e cobertura do solo presentes em Balsas descrito na Tabela 1, permitindo a quantificação das áreas queimadas para cada classe mapeada.

Tabela 1: Uso dos solos em Balsas

ORD	DESCRIÇÃO	CÓDIGO
1	Algodão	62
2	Área urbanizada	24
3	Campo Alagado e área pantanosa	11
4	Formação Campestre	12
5	Formação Florestal	3
6	Formação Savânica	4
7	Mosaico de usos	21
8	Nulos	0
9	Outras Áreas não vegetadas	25
10	Outras Lavouras Temporárias	41
11	Pastagem	15
12	Rio, Lago e Oceano	33
13	Soja	39

Fonte: produzido pelo autor, 2023.

8.7 Validação do produto MODIS para o cerrado

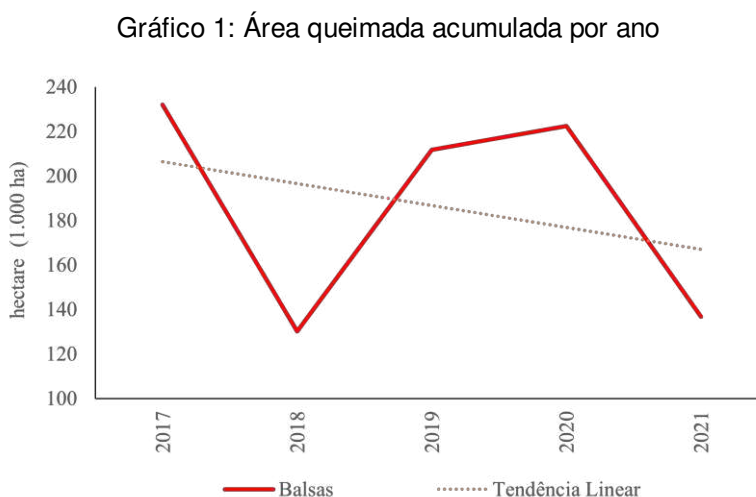
O produto MCD64A1 é vastamente empregado no mapeamento de incêndios florestais, utilizando focos ativos como informações adicionais para criar mapas acumulativos que são utilizados para coletar amostras de pixels que foram considerados afetados pelo fogo e pixels que não foram, além de direcionar a definição de probabilidades anteriores de ocorrência de incêndios (GIGLIO et al., 2009b). De acordo com os pesquisadores, a combinação de focos ativos e dados de refletância permite adaptar o algoritmo regionalmente, tornando-o aplicável ao cerrado.

Libonati et al. (2015) também empregaram focos ativos em algoritmos de aumento de região com o uso de imagens do sensor MODIS, a fim de mapear incêndios em regiões do Cerrado. O algoritmo se fundamenta no uso de um índice espectral sensível a incêndios chamado W, que é calculado com base em dados de refletância de comprimentos de ondas do infravermelho. Nos estudos mencionados, a utilização de focos ativos requer que os incêndios sejam identificados por esses focos para serem mapeados. A inovação sugerida por esta tese reside na utilização de focos ativos, a fim de mapear incêndios não identificados pelos focos ativos (LIBONATI et al., 2010).

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Gráfico 1 apresenta os valores de áreas queimadas acumulados em cada ano, entre os anos de 2017 e 2021, no município de Balsas. Além disso, os valores são contabilizados mais de uma vez nesse período. De acordo com os dados obtidos, as áreas correspondentes a 933284 hectares foram queimadas ao longo destes cinco anos. Em 2017 foi registrada a maior amplitude, equivalente a 24,86% do valor total acumulado no intervalo.

O Gráfico 1 demonstra uma tendência de diminuição de incêndios, demonstrando grande probabilidade de continuidade deste movimento nos próximos anos, informações obtidas através da linha de tendência.



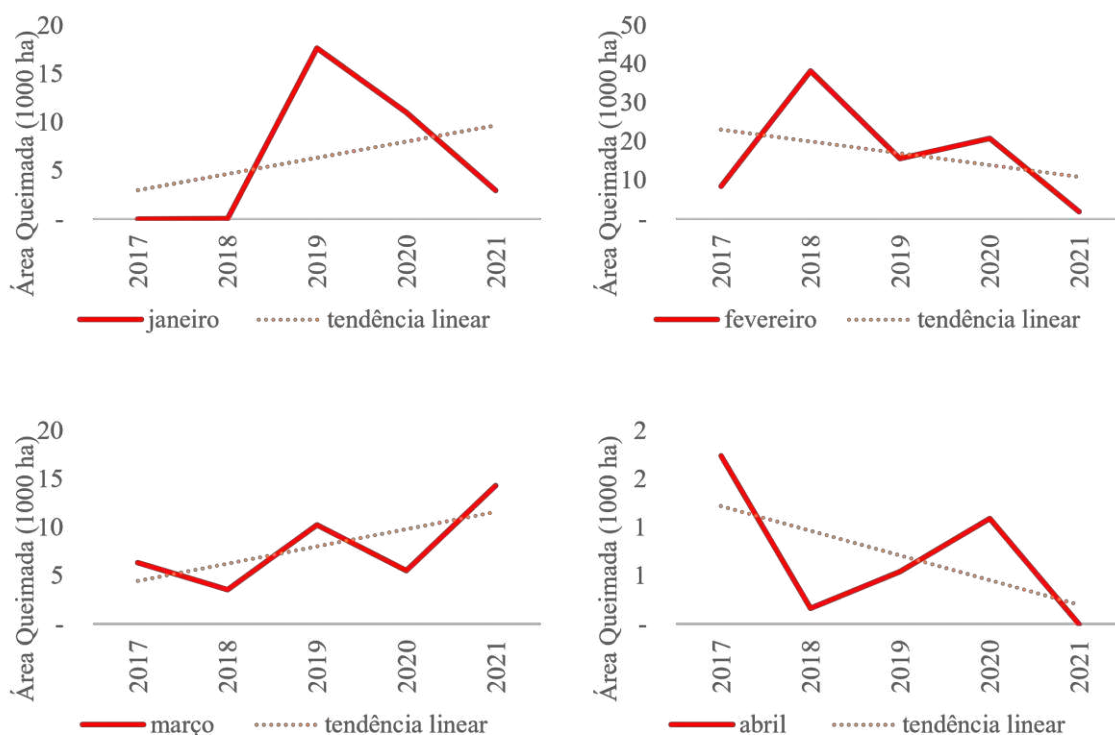
Fonte: produzido pelo autor, 2023.

Em Balsas, nos meses de janeiro e março foi verificada uma tendência de aumento de focos de incêndio nos próximos anos. Analisando os meses de janeiro do intervalo considerado (Gráfico 2), a maior área queimada registrada ocorreu no ano de 2019, correspondente a 17619,8 hectares. Por outro lado, no ano de 2017 não houve ocorrências. Em março, identificou-se uma alternância entre diminuição e aumento de áreas queimadas, sendo registrado o maior valor em 2021, com 14304,3 hectares.

Os meses de fevereiro e abril apresentaram uma tendência de diminuição de áreas queimadas. Além disso, os meses de fevereiro apontaram grandes

valores de focos de incêndio, com destaque no ano de 2018 em que foi apontado a queima de 38149,1 hectares nesse mês, o maior valor indicado na análise dos gráficos considerando os primeiros semestres. Em contrapartida, os meses de abril apresentaram poucas áreas queimadas, registrando os menores valores considerando os doze meses, dos cinco anos analisados.

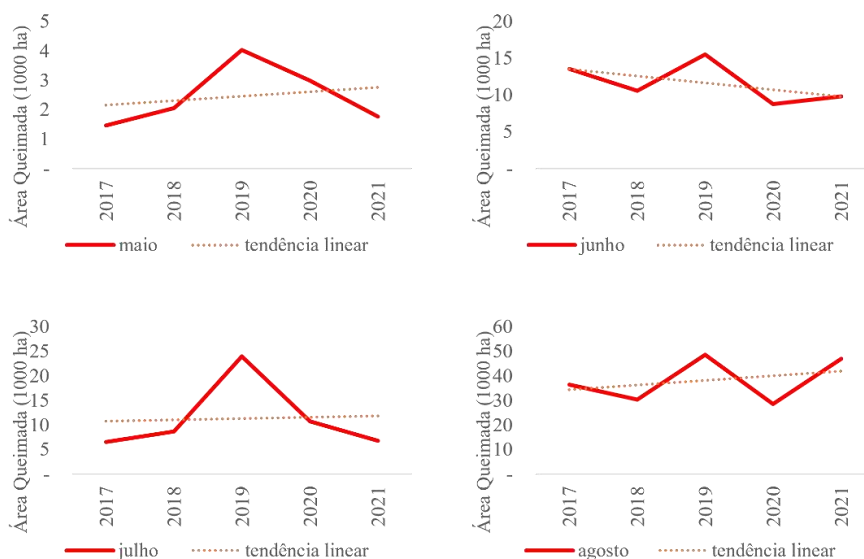
Gráfico 2: Área queimada nos meses de janeiro a abril por ano



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

Nos meses de maio, julho e agosto, dos cinco anos, há uma tendência de aumento de áreas queimadas nos próximos anos. Enquanto, nos meses de junho, ocorre a tendência de diminuição nos anos subsequentes. Conforme o Gráfico 3, entre os quatro meses, agosto apresentou os maiores valores registrados para áreas queimadas, com a maior amplitude em 2019, indicando 48631,9 hectares queimados.

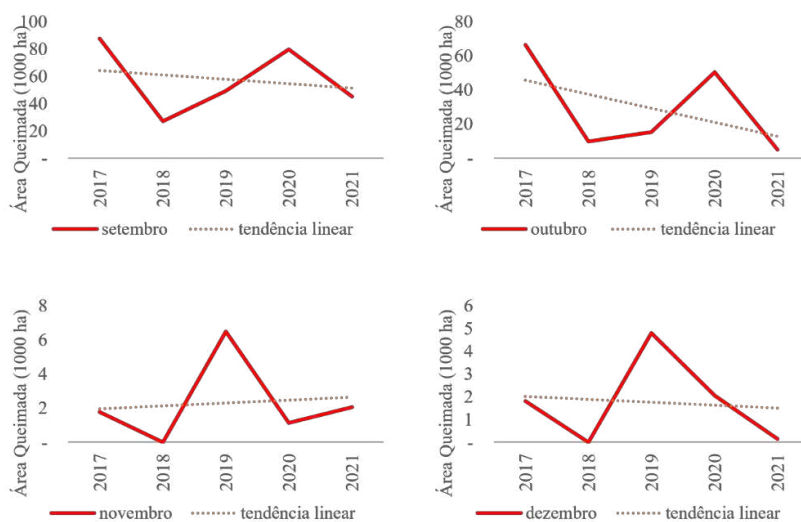
Gráfico 3: Área queimada nos meses de maio a agosto por ano



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

No período analisado entre 2017 e 2021, considerando os doze meses de cada ano, os meses de setembro foram os que apresentaram os maiores valores de áreas queimadas, com destaque para o ano de 2017, em que foi registrado 87669,8 hectares queimados. Conforme o Gráfico 4, os meses apresentam uma tendência de diminuição para os anos posteriores, com exceção de novembro que indica um pequeno aumento.

Gráfico 4: Área queimada nos meses de setembro a dezembro por ano



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

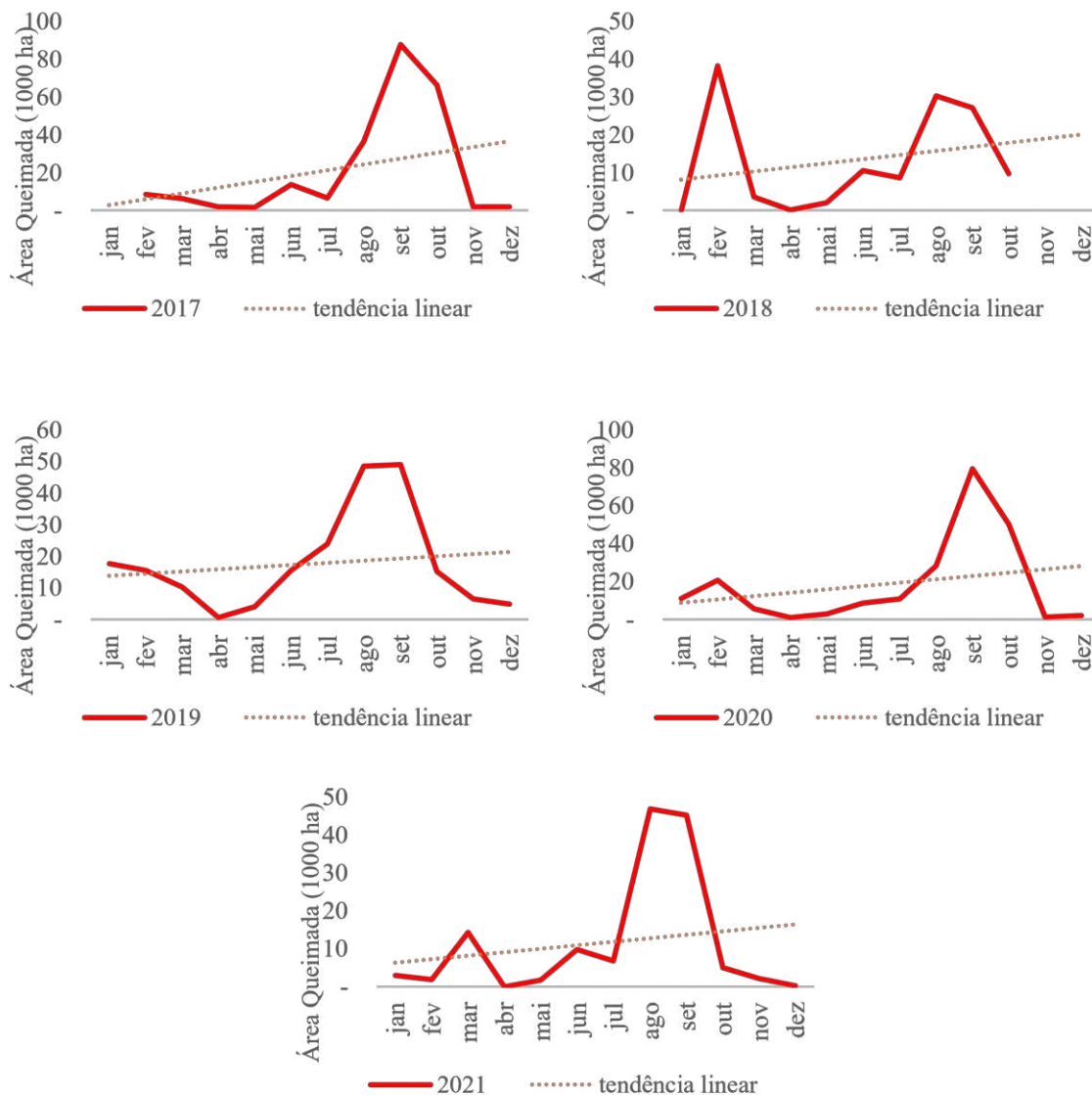
Analisando o Gráfico 5 pode-se perceber que as queimadas que ocorreram em Balsas, entre os anos de 2017 e 2021, ocorrem de forma sazonal, variando de forma previsível ao longo destes anos.

Fica evidente a influência das condições climáticas e umidade, que geram condições propícias para o surgimento e propagação de incêndios. O clima de Balsas é geralmente quente e úmido. De janeiro a abril ocorre a transição entre a estação chuvosa e a estação seca. Dessa forma, as chuvas diminuem, favorecendo as condições para as queimadas (SALES et al, 2018), que atingiram valores em média, de aproximadamente, 17000 hectares nos meses de fevereiro.

De maio a outubro ocorre a estação seca, em que as chuvas diminuem de maneira acentuada e a temperatura aumenta, o que resulta, além da ocorrência de vegetações mais secas, no surgimento de condições favoráveis a incêndios. Nesse período, a umidade relativa do ar diminui, resultando em uma vegetação mais vulnerável à ignição, chamas mais intensas e propagação mais rápida do fogo (SALES et al, 2018). Nos meses de setembro ocorrem as maiores amplitudes registradas, atingindo em média, aproximadamente, 58000 hectares queimados.

Nos meses de novembro e dezembro ocorre a transição entre a estação seca e a estação chuvosa, com aumento da ocorrência de chuvas, diminuição da temperatura e elevação da umidade relativa do ar. Consequentemente, as áreas queimadas diminuem nesse período (SALES et al, 2018). As linhas de tendência apontam uma perspectiva de crescimento nos valores registrados nos próximos anos.

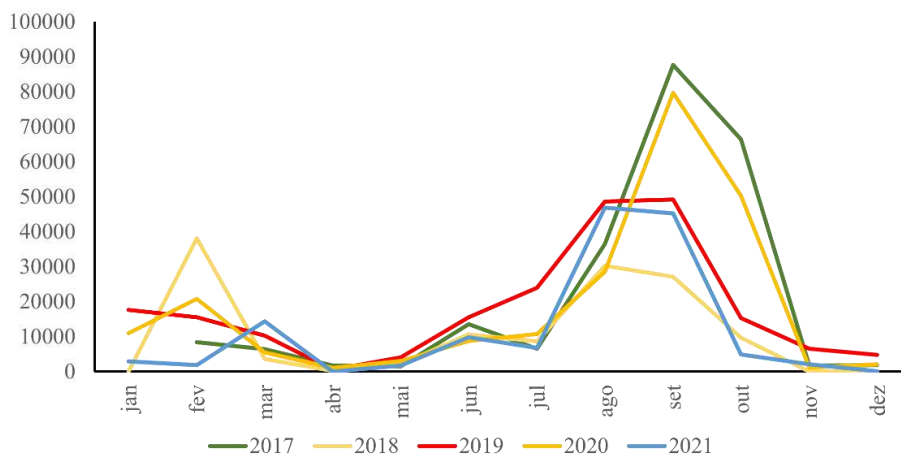
Gráfico 5: Área queimada por mês em cada ano



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

Superpondo os gráficos anteriores, tem-se o Gráfico 6 a seguir, em que se confirma a sazonalidade das ocorrências de incêndio, através da análise de dados obtidos entre os anos de 2017 e 2021. Os valores de áreas incendiadas seguem determinados padrões em períodos específicos do ano, atingindo valores consideráveis de janeiro a abril e apresentando valores máximos no período de julho a outubro, com picos em setembro, principalmente, ocasionados pelo período de seca e escassez de chuvas. De novembro a dezembro ocorre diminuição acentuada de áreas queimadas, sobretudo, devido o início do período chuvoso.

Gráfico 6: Área queimada em cada mês entre 2017 e 2021



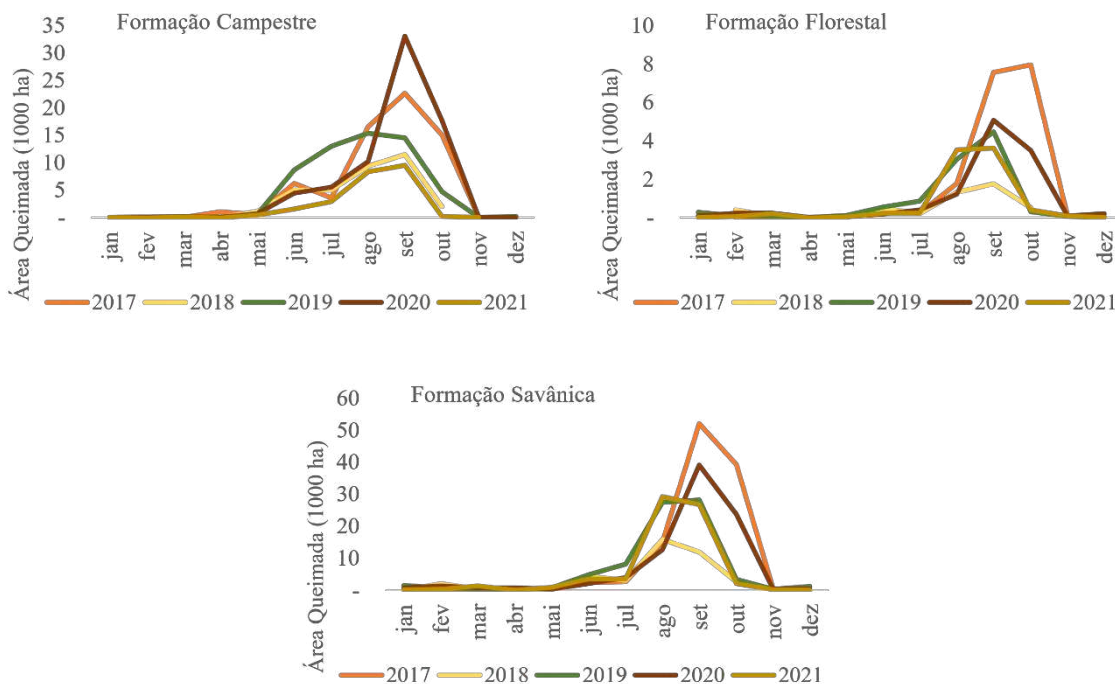
Fonte: produzido pelo autor, 2023.

De acordo com o Gráfico 7, os usos do solo que apresentaram maiores valores registrados foram as formações savânicas, com 383533,8 hectares queimados, seguido das formações campestres, com 253212,8 hectares afetados por incêndios. A maior amplitude ocorreu em 2017, acumulando 112828,3 hectares de formações savânicas devastados.

As formações campestres, florestais e savânicas apresentaram valores significativos de áreas queimadas nos meses de julho a outubro, ou seja, na estação seca. Além do fator climático e umidade, pode contribuir para elevar esses valores, a expansão de áreas para a produção agrícola e pecuária, em que ocorre a limpeza da vegetação nativa, através do fogo, para o plantio e criação de pastos, provocando incêndios. Assim, após o desmatamento, a vegetação derrubada é queimada para remoção da biomassa e abrir espaço para o cultivo ou para os pastos (PPCD-MA, 2011).

Pode influenciar também nos valores de áreas queimadas, as ações criminosas que provocam incêndios intencionais com o objetivo de causar danos, obter vantagens ilegais ou por negligência, através do abandono de materiais inflamáveis em vegetações secas. Outros fatores são as causas naturais que podem provocar incêndios, por meio da combinação de vegetações secas com as descargas elétricas (SALES et al, 2018).

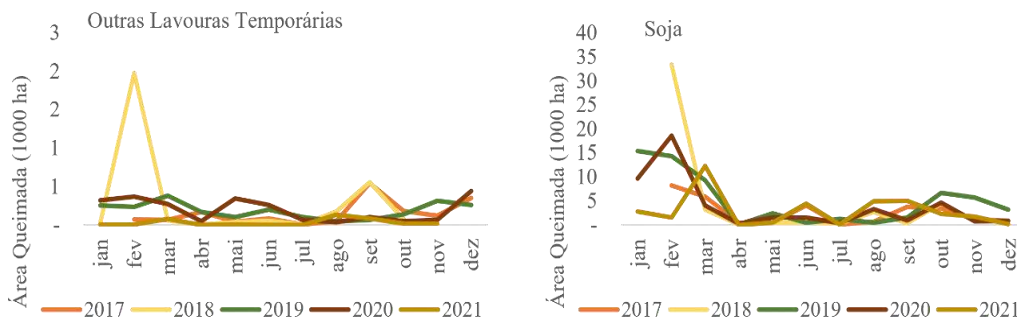
Gráfico 7: Área queimada por uso do solo em cada mês



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

Em Balsas, a principal produção agrícola é a soja. Analisando o Gráfico 8, fica evidente o registro de altos valores de áreas queimadas de janeiro a março, que podem ser ocasionados pelo processo de colheita e preparação para o plantio da soja, nesse período. Após a colheita da soja, ainda são utilizadas técnicas de queimadas para remoção da plantação remanescente e manejo do solo. (FRANÇA,2015)

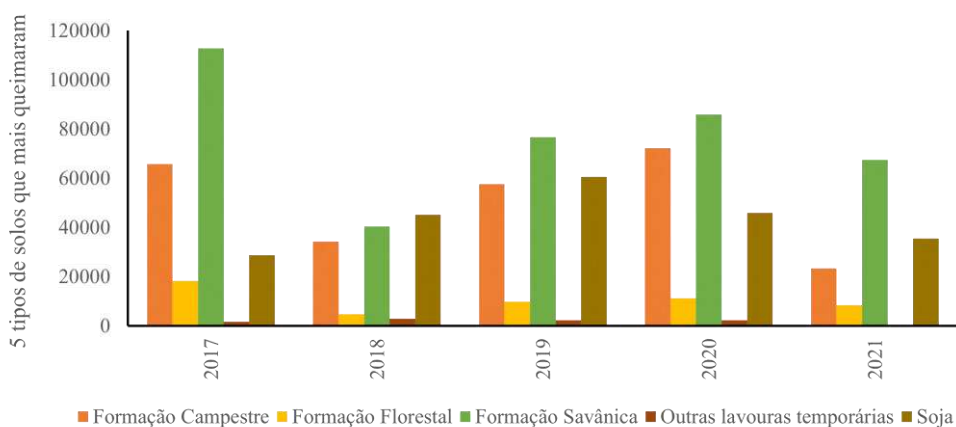
Gráfico 8: Área queimada por uso do solo em cada mês



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

Entre 2017 e 2021, foram registrados 215946,5 hectares de áreas queimadas utilizadas para a produção de soja, com maior valor identificado no ano de 2019 equivalente a 60541,6 hectares queimados. Nesse período, os usos do solo mais atingidos pelo fogo foram formação savânica, seguido de formação campestres e cultura de soja. Em 2018, as áreas de cultivo de soja apresentaram as maiores áreas incendiadas, com 45196,7 hectares afetados, conforme o Gráfico 9.

Gráfico 9: Área queimada por uso do solo em cada ano



Fonte: produzido pelo autor, 2023.

10 CONCLUSÃO

O produto MCD64A1 que integra o sensor MODIS, é utilizado para o monitoramento de incêndios florestais e mapeamento de áreas queimadas na cobertura vegetal. A análise dos dados, no período entre 2017 e 2021, permite perceber que as queimadas ocorrem sazonalmente em Balsas, ou seja, acontecem de maneira previsível em determinadas épocas do ano, seguindo padrões ao longo destes anos.

Esses padrões estão diretamente relacionados às condições climáticas, que criam um ambiente propício para o surgimento e a propagação dos incêndios. Durante a estação seca, caracterizada pela diminuição das chuvas e pelo aumento das temperaturas, as condições favoráveis para os incêndios se intensificam. A umidade relativa do ar diminui tornando a vegetação mais vulnerável à ignição, provocando chamas mais intensas e rápida disseminação do fogo. Já na estação chuvosa, com aumento das precipitações, ocorre a diminuição da temperatura e elevação da umidade relativa do ar, consequentemente, as áreas queimadas são reduzidas.

Além das condições climáticas, outros fatores podem contribuir para o aumento das áreas queimadas, como a expansão das atividades agrícolas e pecuárias. Nessa ampliação ocorre a limpeza da vegetação nativa, através do fogo, para o plantio e criação de pastos, provocando incêndios. Assim, após o desmatamento, a vegetação derrubada é queimada para remoção da biomassa e abrir espaço para o cultivo ou para os pastos. Outro fator é a utilização de técnicas de queimadas para remover a plantação remanescente e realizar o manejo do solo. Além disso, ações criminosas, com o intuito de causar danos ou obter vantagens ilegais, assim como as descargas elétricas, que são causas naturais, podem desencadear incêndios.

Diante desse panorama, a implementação de medidas é crucial para a redução das áreas queimadas. A educação ambiental desempenha um papel fundamental ao informar as comunidades locais sobre os riscos e impactos negativos das queimadas, incentivando a mudança de comportamento e a conscientização em relação à preservação do meio ambiente (EMBRAPA, 2006).

Além disso, o controle eficiente e a fiscalização rigorosa das áreas florestais são importantes para identificar e punir práticas ilegais de queimadas, podendo se utilizar de tecnologias de sensoriamento remoto, como satélites e drones, para monitorar áreas vulneráveis e detectar atividades ilegais (MESQUITA, 2006).

A imposição de penalidades severas para aqueles que realizam queimadas ilegais e a implementação de políticas de proteção e conservação das florestas também são medidas que reduzem os incêndios florestais. Por fim, promover alternativas sustentáveis para a agricultura e pecuária, como a adoção de técnicas agroflorestais e agricultura de conservação, pode reduzir a necessidade de práticas inadequadas que envolvam queimadas (VALENTIM, 2006).

O grande desafio fica por conta da conscientização dos produtores de que em prol do seu bem-estar financeiro negligenciam a natureza e os danos causados pela produção agrícola de forma desenfreada e sem planejamento socioambiental.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVES, L. E. R. et al. Balanço de radiação através do satélite Landsat-8 na Bacia do Rio Pajeú. *Geography Department University of São Paulo*, v. 33, p. 117, 2017.

ANDRADE, F. M.; LOURENÇO, R. W. Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Una – Ibiúna/SP. *Geography Department University of São Paulo*, v. 32, n. 0, p. 48, 2016.

ARAUJO, Luciana Spinelli et al. Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais. *Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*, 2016.

ASSAD, Eduardo Delgado; MARTINS, Susian Christian; PINTO, Hilton Silveira. Sustentabilidade no agronegócio brasileiro. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: Acesso em 23 de maio de 2023.

BARBOSA, T. Subsídios para a história de Balsas. *Imperatriz: Ética*, 2008. (Coleção ciências humanas, 3).

BARBOSA, N. Dez anos de Política Econômica. In: SADER, E. (Org.). 10 anos de governos pós-neoliberais no Brasil: Lula e Dilma. São Paulo; Rio de Janeiro: Boitempo; Flacso, 2013. p. 63-101.

BARBOSA, T. Subsídios para história da cidade de Balsas. *Revista do Instituto Histórica e Geográfico do Maranhão, São Luís, IHGMA*, 1959.

BARROS, A. J. P. de; LEHFELD, N. A. de. Fundamentos de metodologia científica: um guia para a iniciação científica. 2. ed. ampl. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000b

BASTOS, L.A.; FERREIRA, I. M. C. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. *Espaço em Revista* 2010 ISSN: 1519-7816 v. 12 n. 2 jul/dez. 2010 p.: 97 – 108.

BASTARRIKA, Aitor; WHEELER, James; FERNÁNDEZ-CARRILLO, Ángel; TANSEY, Kevin; WIEDEMANN, Werner; NAVRATIL, Peter; LOHBERGER, Sandra. Burned Area Detection and Mapping: intercomparison of sentinel-1 and sentinel-2 based algorithms over tropical africa. *Remote Sensing*, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 334, 20 jan. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs12020334>.

BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L; VICENTE. L. E; VICTORIA, D. C; SPINELLI-ARAUJO, L. S. Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do estado do Maranhão. *Campinas: Embrapa*, 2013. 445 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Relatório Técnico, v. 1).

BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L; VICENTE. L. E; VICTORIA, D. C; SPINELLI-ARAÚJO, L. S. Macrozoneamento ecológico-econômico: potencialidades e fragilidades do estado do Maranhão. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2014, Aracaju. Anais... Aracaju: UFS, 2014. p. 449-453.

BIALOSKORSKI NETO, S. Agribusiness cooperativo: Economia, doutrina, e estratégias de gestão, 1994, 149 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

BIELSCHOWSKY, R. Estratégia de Desenvolvimento e as Três Frentes de Expansão no Brasil: um desenho conceitual. In: Texto para Discussão. n. 1828, Brasília: IPEA. abr. 2013.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº: 6.938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Constituição Federal Brasileira. CFB, de 05 de outubro de 1988.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília DF, 2011. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/plano-agricola-e-pecuario-2011-2012.pdf. Acesso em: 23 de maio de 2023.

BRASIL, Projeto de lei do Senado nº 325 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre o Estatuto do Produtor Rural. Brasília/DF.

BRASIL, Lei Complementar 123 de 14 de dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Micro Empresa e Empresa de Pequeno Porte. Publicado no Diário Oficial da União de 15.12.2006. Poder Executivo, Brasília/DF, 14 dez. de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Corredores ecológicos. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/plano-agricola-e-pecuario-2011-2012.pdf. Acesso em: 26 maio 2023.

BRAZILIAN Cerrado Using 4 µm MODIS Imagery. Remote Sensing, [S.L.], v. 7, n. 11, p. 15782-15803, 24 nov. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs71115782>.

BUGALHO, L; PESSANHA, L. Análise dos incêndios florestais em Portugal e avaliação do ICRIF (Índice Combinado de Risco de Incêndios Florestais). Territorium. V. 16. 2009. Disponível em: <https://doaj.org/article/9d44cc708945410b9e7256f78bea1cc9>. Acesso em: 20 maio 2023.

CARNEIRO, C. D. R.; CAMPOS, H. C. N. S. Recursos hídricos subterrâneos. In: HASUI, Y. et al (Orgs.). Geologia do Brasil. São Paulo: Beca, 2002. p. 797 – 813.

CARDOSO, Clodoaldo. Pastos Bons. Rio de Janeiro: IBGE, 1947. (Série Municípios Maranhenses).

CARVALHO, Carlota. O Sertão. Rio de Janeiro: Obras Científicas e Literárias, 1924.

CANZIAN, Weslen Pintor et al. Análise de causa e influência de elementos meteorológicos em ocorrências de incêndios em florestas de produção. *Ciência Florestal*, Santa Maria. v. 30, n. 3, p. 835–844, 2020.

CERRI, C. C., MAIA, S. M. F., GALDOS, M. V., CERRI, C. E. P., FEIGL, B. J., BERNOUX, M., 2009, Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola*, Piracicaba. 66(6), pp. 831 – 843.

COELHO, J. H.; STEINKE, V. A.; STEINKE, E. Distribuição de incêndios florestais no Distrito Federal em função das características do clima e da densidade populacional no período entre 2002 e 2006. *Espaço & Geografia*, v. 14, n. 1, p. 305-329. 2011.

COELHO NETTO, E. História do Sul do Maranhão. São Luís: Editora São Vicente, 1979.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO GOIAS. Manual Operacional de Bombeiros. Goiânia: Estado de Goiás, 2017. v. 01.

CORREIA FILHO, Francisco Lages et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Aldeias Altas. CPRM, 2011.

COSTA, Renato Sérgio Soares. Riscos socioambientais e ocupação irregular em áreas de enchentes nos bairros: Olarias, Poti Velho, Alto Alegre, São Francisco e Mocambinho-Teresina (PI). 2010.

CUNHA, R. C. C. Gênese e dinâmica da cadeia produtiva da soja no Sul do Maranhão. 2015. 221f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CUNHA, R. C. C.; ESPÍNDOLA, C. J. A geoeconomia da produção de soja no sul do Maranhão: características sociais e territoriais. *Revista da ANPEGE*, São Paulo, ANPEGE, n. 16, v. 11, p. 37-65, jul./dez, 2015.

CUNHA, R. C. C.; ESPÍNDOLA, C. J. A Relevância do progresso técnico na consolidação da cadeia produtiva da soja no Sul do estado do Maranhão (Brasil). *Geografia (Londrina)*, v. 25. n. 1. p. 87-106, jan./jun., 2016.

DEVELOPMENT, v.10, n.12, p.4443-4476, 2017. DOI: <http://doi.org/10.5194/gmd-10-4443-2017>.

DIAS, B. F. S., 2006, Degradação ambiental: os impactos do fogo sobre a biodiversidade do cerrado. In: Gary, I.; BECKER, B.K. Dimensões humanas da biodiversidade. Petrópolis. Vozes. pp. 187-260.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa em números. Disponível em: https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150211_MATOPIBA_v3.0_website.pdf. Acesso em: 17/05/2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Nota técnica 1: Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA. Disponível em: https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150211_MATOPIBA_v3.0_website.pdf. Acesso em: 16/05/2023.

EMBRAPA/GITE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Grupo de Inteligência Territorial Estratégica. Caracterização territorial estratégica do matopiba. Disponível em: https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/150211_MATOPIBA_v3.0_website.pdf. Acesso em: 16/05/2023.

ESTATÍSTICAS QUE VOCÊ DEVE CONHECER SOBRE A AGROINDÚSTRIA NO BRASIL. AGRUS, Lucas do Rio Verde/MT, 10 Set. de 2020. Disponível em: www.blog.redeagr.us.com.br/agroindustria/ Acesso em: 23 de maio de 2023.

FERNANDES, L. C. Modelagem de risco de incêndios florestais utilizando redes neurais artificiais aplicada às regiões metropolitanas. 2019. 163f. Dissertação (mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais), Instituto de Geociências – UFMG, Belo Horizonte, MG. 2019.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. Ciência Florestal, v. 16, n. 2, p. 153-161. 2006.

FRANÇA & RIBEIRO, 2008, Mapeamento de queimadas no Parque Nacional da Serra do Cipó e na Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, MG: 1984-2007 - ICMBio, pp. 75.

IBAMA, 2004, Plano de Manejo do Parque Nacional das Emas/GO-MS-MT. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Brasília.

ICHOKU, C.; KAUFMAN, Y. J. A method to derive smoke emission rates from Modis fire radiative energy measurements. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 43, n. 11, p. 2636–2649, nov. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em síntese. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 03 jun. 2023.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS CARTOGRÁFICOSIMESC. Relatório de Queimadas Maranhenses. 2018.

Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 02 jun. 2023.

FARIAS, André Rodrigo et al. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Embrapa Territorial-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.

FAUTH, Gabriela et al. Legislação urbanística e ocupação do espaço: o caso do Campeche. 2008.

FAO. Status of the World's Soil Resources| Main Report. 2015 Disponível em < <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>>. Acessado em: 02 de junho de 2023.

FEITOSA, Sônia Maria Ribeiro et al. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina–Piauí. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 6, n. 2, p. 58-75, 2011.

FILHO, A.C; **COSTA**, K.. A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. Agroicone, Input. 2016.

FOLLE, Francis Perondi. O georreferenciamento de imóvel rural e o registro de imóveis. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em:. Acesso em: 06 de jun. 2023.

GEOSIGA. A história da construção civil no Brasil e no mundo. São Paulo, 2018. Disponível em:< <https://www.geosiga.com.br/dia-do-trabalhador-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 04/06/2023.

GIL, Antonio Carlos. Como classificar as pesquisas. Como elaborar projetos de pesquisa, v. 4, p. 44-45, 2002.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4^a Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7^a Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GIUSTINA, C. C. DELLA; **SILVA**, S. D. E.; **MARTINS**, E. D. S. Geographic reconstruction of a Central-West Brazilian landscape devastated during the first half of the 20th century: Mato Grosso de Goiás. Sustentabilidade em Debate, v. 9, n. 3, p. 44–63, 2018.

GLIESSMAN. Agroecologia. Processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 2000. (Série Estudos Rurais).

GOMES, Marília Fernandes Maciel; **BRAGA**, Marcelo José. Políticas e Gestão Ambientais: o Caso da Degradação no Cerrado e os Determinantes de seus Impactos Ambientais, 2006.

GOMES, L., **MARACAHIPES**, L., **MARIMON**, B. S., **REIS**, S. M., **ELIAS**, F., **SANTOS**, L. M., **MARIMON JUNIOR**, B. H., **LENZA**, E., 2014, Post-fire recovery of savana vegetation from rocky outcrops. *Flora*. 209, pp. 201-208.

GONZAGA, Amarildo Menezes. A pesquisa científica e a abordagem quantitativa e qualitativa. In: _____. **GONZAGA**, Amarildo Menezes (Org.). Abordagens sobre a pesquisa científica. Manaus: CEFET-AM/BK Editora, 2007.

GUIMARÃES, P. P. et al. Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal. *Agrarian Academy*, v. 1, n. 1, p. 38, 2014.

GUIMARÃES, P. P.; **SOUZA**, S. M.; **FIEDLER**, N. C.; **SILVA**, A. G. Análise dos impactos ambientais de um Incêndio Florestal. *Agrarian Academy*, v. 1, n. 1, p. 39, 2014.

IBGE. Geodésia: Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Disponível em: . Acesso em: 17 out 2011.

INCRA. Instituto Nacional da Reforma Agrária. Sistema de Gestão Fundiária - Sigef. Brasília: INCRA, 2014.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS CARTOGRÁFICOSIMESC. Relatório de Queimadas Maranhenses. 2018. Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 08 jun. 2023.

JAISWAL, R.K., **MUKHERJEE**, S., **RAJU**, K.D., **SAXENA**, R., 2002, Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4 (1), pp. 1–10.

JUSTICE, C O.; **VERMOTE**, E., **TOWNSHEND**, J. R. G.; **DEFRIES**, R.; **ROY**, P. D; **HALL**, D.K, **SALOMONSON**, V.; **PRIVETTE**, J.L.; **RIGGS**, G.; **STRAHLER**, A.; **LUCHT**, W.; **MYNENI**, R. B; **KNYAZIKHIN**, Y.; **RUNNING**, S. W.; **NEMANI**, R. R.; **WAN**, Z.; **HUETE**, A. R.; **LEEUEWEN**, W. V.; **WOLFE**, R. E.; **GIGLIO**, L.;

JUSTICE, C. O., **TOWNSHEND**, J. R. G., **VERMOTE**, E. F., **MASUOKA**, E., **WOLFE**, R. E., **SALEOUS**, N., **ROY**, D. P., **MORISSETTE**, J. T. (2002a). An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sens. Environ.* 83: 3 –15.

LAKATOS, E. M & **MARCONI**, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. DE. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. Raega – O Espaço Geográfico em Análise, v. 23, n. 23, p. 520–533, 2011.

MERRIAM, S. B. Qualitative research and case study applications in education. São Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.C., MIRANDA, A.C., 2002, The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.J. The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York, Columbia University Press, pp. 51-68.

MONICO, J.F.G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamento e aplicações. São Paulo: Ed. UNESP, 2000. 287p.

MOTA, Francisco Lima. O RURAL E O URBANO NO CERRADO SUL-MARANHENSE: Balsas enquanto cenário de reprodução das transformações socioespaciais no pós 1980. Revista de Geografia e Interdisciplinaridade: Interespaço. Grajau: UFMA, v.3, n10, 2017, p. 138-157.

MULLER, J. P; LEWIS, P.; BARNESLEY, M. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36(4):1228-1247.

NASCIMENTO, Diego T. F.; RIBEIRO, Sarah A. Os Biomas Brasileiros e a Defesada Vida. Goiânia: Kelps, 2017.

NASCIMENTO, D. M. do. Metodologia do trabalho científico: teoria e prática. Rio de Janeiro: Forense, 2002.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Disponível em <http://www.nasa.gov/>.

NEVES, Marcos Fava; ZYLBERSZTAJN, Decio; CALEMAN, Silvia M. de Queiroz (org.). Gestão de sistemas de agronegócios. São Paulo: Atlas, 2015.

OLIVEIRA, R. M. M.; SANTOS, E. V. D.; LIMA, K. C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v, 22, n. 3, p. 523-529, 2017.

PALHARES, Marcos. Documentação cartorial uma peça técnica do georreferenciamento. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Agrimensura. Faculdade de Engenharia de Minas Gerais. Belo horizonte. 2009.

PALMER, Margaret A. et al, 2002. The Ecological Consequences Of Changing Land Use For Running Waters, With A Case Study Of Urbanizing Watersheds In Maryland. Extraído de:

<http://environment.research.yale.edu/documents/downloads/0-9/107palmer.pdf>. Acesso em: 10/06/2023.

PAULA, M. R. DE; **BENEDETTI**, A. C. P.; **PEREIRA FILHO**, W. Influência do Uso e Cobertura da Terra aliada à Precipitação Pluviométrica na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí – RS/Brasil. Geography Department University of São Paulo, v. 32, p. 143, 2016.

PIB DO AGRONEGÓCIO ALCANÇA PARTICIPAÇÃO DE 26,6% NO PIB BRASILEIRO EM 2020. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Brasília/DF, 10 mar. De 2021. Disponível em: www.cnabrazil.org.br/publicacoes/pib-do-agronegocio-alcanca-participacaode-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020. Acesso em: 10 mar. de 2023.

PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. São Paulo/SP, 21 jun. de 2022. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 12 mar 2023.

PIVELLO, V. R., **COUTINHO**, L. M., 1992, Transfer of Macro-Nutrients to the Atmosphere during Experimental Burnings in an Open Cerrado (Brazilian Savanna). Journal of Tropical Ecology. 8(4), pp. 487-49.

RATTER, J.A., **RIBEIRO**, J.F., **BRIDGEWATER**, S., 1997, The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to Its Biodiversity. Annals of Botany. 80, pp. 223-230.

RIBEIRO, José F.; **WALTER**, Bruno M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, Sueli M.; ALMEIDA, Semírami P. de; RIBEIRO, José F. (Org.). Cerrado: Flora e Fauna. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 89-166, 1988.

ROY, D. P. et al. Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using Modis time series data. Remote Sensing of Environment, v. 97, n. 2, p. 137–162, 2005.

SALES, Daniela Pinto.; **NETO**, Francisco Marques Oliveira. Análise da distribuição das queimadas no cerrado maranhense, Brasil (2014-2018). Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 9, n. 18, 2020.

SANTOS, J. F.; **SOARES**, R. V.; **BATISTA**, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. Floresta, v. 36, n. 1, p. 93–100, 2006.

SANO E.E., **BARCELLOS** A.O., **BEZERRA** H.S., 2001, Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, 22(3) pp. 2–15.

SILVA, D. L.; **CARNEIRO**, M. H. DA S. Biodiversidade, conservação e sustentabilidade no livro didático de Biologia no Brasil. *Sustentabilidade em Debate*, v. 5, n. 1, p. 98-116. 2014.

SILVA, Jorge Xavier da. O que é Geoprocessamento? *Revista do Crea-RJ*, p. 42–44, 2009.

SILVA, J.C. Diagnóstico das áreas de maior incidência de incêndios florestais em unidades de conservação, Tese (mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 2001.

SOUZA, M. L. (2016). *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanas* (11th ed ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman,2001.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO E ECONÔMICO DO ESTADO DO MARANHÃO, Unidades de Conservação. Site: <http://www.zee.ma.gov.br/html/unid.html#item2>. Acesso em: 23/03/2023.

ANEXO A

Códigos das classes de legenda e paleta de cores utilizadas no MapBiomias Collection 7

COLEÇÃO 7 – CLASSES	NEW ID	Color number	
1. Floresta	1	#129912	
1.1 Formação Florestal	3	#006400	
1.2. Formação Savânica	4	#00ff00	
1.3. Mangue	5	#687537	
1.4. Restinga Arborizada	49	#6b9932	
2. Formação Natural não Florestal	10	#bbfcac	
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	11	#45c2a5	
2.2. Formação Campestre	12	#b8af4f	
2.3. Apicum	32	#968c46	
2.4. Afloramento Rochoso	29	#ff8C00	
2.5 Restinga Herbácea	50	#66ffcc	
2.6. Outras Formações não Florestais	13	#bdb76b	
3. Agropecuária	14	#ffffb2	
3.1. Pastagem	15	#ffd966	
3.2. Agricultura	18	#e974ed	
3.2.1. Lavoura Temporária	19	#d5a6bd	
3.2.1.1. Soja	39	#c59ff4	
3.2.1.2. Cana	20	#c27ba0	
3.2.1.3. Arroz (beta)	40	#982c9e	
3.2.1.4. Algodão (beta)	62	#660066	
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	41	#e787f8	
3.2.2. Lavoura Perene	36	#f3b4f1	
3.2.2.1. Café	46	#cca0d4	
3.2.2.2. Citrus	47	#d082de	
3.2.1.3. Outras Lavouras Perenes	48	#cd49e4	
3.3. Silvicultura	9	#935132	
3.4. Mosaico de Usos	21	#fff3bf	
4. Área não Vegetada	22	#ea9999	
4.1. Praia, Duna e Areal	23	#dd7e6b	
4.2. Área Urbanizada	24	#af2a2a	
4.3. Mineração	30	#8a2be2	
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	25	#ff99ff	
5. Corpo D'água	26	#0000ff	
5.1. Rio, Lago e Oceano	33	#0000ff	
5.2 Aquicultura	31	#29eee4	
6. Não observado	27	#D5D5E5	

Fonte: Adaptado de MAPBIOMAS.