

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS CBMMA

ABISAER LIMA LAGO JUNIOR

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO A INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO CERRADO MARANHENSE**

São Luís
2021

ABISAER LIMA LAGO JUNIOR

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO A INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO CERRADO MARANHENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais CBMMA da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Orientador: Yury Ribeiro Calisto – Cap QOCBM

São Luís
2021

Lago Junior, Abisaer Lima.

O uso do geoprocessamento na prevenção a incêndios florestais no Cerrado maranhense / Abisaer Lima Lago Junior. – São Luís, 2021.

49 f

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Cap. QOCBM Yury Ribeiro Calisto.

1.Incêndio florestal. 2.Prevenção. 3.Focos de calor.
4.Geoprocessamento. I.Título.

CDU: 614.841.42:630(812.1)

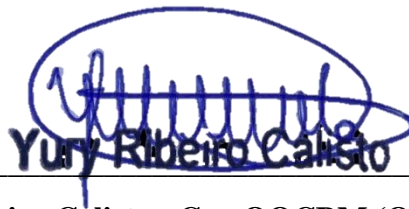
ABISAER LIMA LAGO JUNIOR

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO A INCÊNDIOS
FLORESTAIS NO CERRADO MARANHENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais
CBMMA da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção
do grau de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Aprovado em: 28/06/2021

BANCA EXAMINADORA



Yury Ribeiro Calisto - Cap QOCBM (Orientador)

Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho

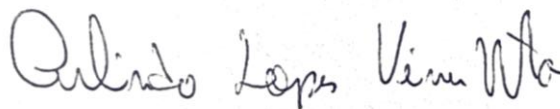
Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Dra. Juliane Borralho de Andrade

Doutora em Agronomia

Universidade Estadual do Maranhão



Arlindo Lopes Vieira Neto – Cap QOCBM

Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho

Universidade Estadual do Maranhão

À Deus, fonte de vida e sabedoria, aos meus pais, minha irmã e amigos, pelo incentivo, confiança e apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que é fonte de todas as Graças e Providências que obtive até aqui. Ele que é o Princípio e Fim.

Ademais, a minha Família: meus Pais Adailda de Jesus Lopes Rodrigues e Abizaêr Lima Lago os quais nunca mediram esforços para seguir meu sonho e sempre estiveram lá como alicerce. Também a minha Irmã Abigail de Cássia Rodrigues Lago os auxílios em todas as dificuldades.

Ao meu Orientar o Cap QOCBM Yury Ribeiro Calisto que desde a primeira instrução já vi o como um exemplo a ser seguido e que me direcionou durante esse trabalho.

A Minha Querida e Amada Hildara Monteiro que tem sido o sal e a luz nessa reta final de curso.

E a todos os companheiros da 13^a Turma do CFO-BM os quais tornaram-se minha família.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

Paulo Beleki

RESUMO

Este trabalho versa sobre os métodos de prevenção a incêndios florestais no Cerrado, com enfoque nas atividades do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA) desenvolvidas através do geoprocessamento. Em primeiro momento apresentou-se informações sobre o Estado do Maranhão e do seu bioma predominante, para além de um estudo sobre a legislação aplicada em casos de incêndios em vegetação e a dinâmica do fogo. Dessa forma, a pesquisa trouxe a problemática de como o geoprocessamento pode influenciar nas atividades preventivas de combate a incêndio florestal no Cerrado Maranhense. Como método de pesquisa foram utilizados dados de focos de calor do Cerrado Maranhense dos anos de 2016 a 2020 obtidos através do portal de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e então elaborou-se mapas de calor no software QGIS. Como principais resultados, o trabalho mostrou que no período estudado os casos concentraram-se nas imediações dos Municípios de Barra do Corda, Fernando Falcão e Mirador, com aumento significativo a partir do segundo semestre. Portanto, foi proposto que a prevenção deve ser realizada de forma ativa e passiva para uma maior redução de casos de incêndios em vegetação.

Palavras Chaves: Incêndio Florestal, Prevenção, Focos de calor, Geoprocessamento.

ABSTRACT

This work deals with forest fire prevention methods in the Cerrado, focusing on the activities of the Maranhão Military Fire Department developed through geoprocessing. At first, information about the State of Maranhão and its predominant biome was presented, in addition to a study on the legislation applied in cases of fires in vegetation and the dynamics of fire. Thus, the research brought up the issue of how geoprocessing can influence preventive activities to fight forest fires in the Cerrado Maranhense. As a research method, data from heat sources in the Cerrado Maranhense from 2016 to 2020 were used, obtained through the INPE fire portal, and then heat maps were prepared in the QGIS software. As main results, the work showed that in the period studied, the cases were concentrated in the vicinity of the Municipalities of Barra do Corda, Fernando Falcão and Mirador, with a significant increase from the second half of the year. Therefore, it was proposed that prevention should be carried out in an active and passive way to further reduce cases of fires in vegetation.

Keywords: Forest Fire, prevention, hot spots, geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Triângulo do fogo	20
Figura 2: Triângulo do fogo para o incêndio florestal.....	21
Figura 3: Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias	25
Figura 4: Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica	26
Figura 5: Mapa dos Biomas do Maranhão.	28
Figura 6 : Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2016.....	32
Figura 7: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2017.....	33
Figura 8: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2018.....	35
Figura 9: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2019.....	36
Figura 10: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2019.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Focos de calor no cerrado Maranhense de 2016 a 2020.	31
Gráfico 2: Focos de Calor no ano de 2016.	32
Gráfico 3: Focos de Calor no ano de 2017.	34
Gráfico 4: Focos de Calor no ano de 2018.	36
Gráfico 5: Focos de Calor no ano de 2019.	37
Gráfico 6: Focos de Calor no ano de 2020.	38
Gráfico 7: Focos de calor por mês de 2016 a 2020.	39

TABELA

Tabela 1: Quantidade de focos de calor no Maranhão31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

CBMMA – Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa e Estáticas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

UCE – Unidade de Conservação Estadual

UCF – Unidade de conservação Federal

TI – Terra indígenas

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

CBGO – Corpo de Bombeiros de Goiás

CBMPMESP – Corpo de Bombeiros Militar da Polícia Militar do Estado de São Paulo

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômica e Cartografias

SEMA – Secretaria de Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SR – Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Característica do Estado	15
2.2	Legislação aplicada ao incêndio florestal	16
2.2.1	Competência do CBMMA.....	18
2.3	Teoria Geral dos Incêndios Florestais	19
2.3.1	Comportamento do Fogo	19
2.3.2	Fases da combustão	20
2.3.3	Mecanismo de transferência de calor	20
2.3.4	Triângulo do comportamento do fogo no incêndio florestal	21
2.4	Causas e Consequências dos Incêndios Florestais	22
2.5	Prevenção a Incêndios Florestais	23
2.5.1	Prevenção Passiva	23
2.5.2	Prevenção Ativa.....	24
2.6	Geoprocessamento	24
2.6.1	Sistema de Informação Geográfica.....	25
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.1	Quanto a natureza	27
3.2	Quanto aos objetivos	27
3.3	Quanto a abordagem do problema	27
3.4	Quanto ao local da pesquisa	27
3.5	Quanto aos procedimentos e coleta de dados	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	Focos de calor e Incêndio Florestal	30
4.2	Análise dos focos de calor dos anos de 2016 a 2020	30
4.2.1	Focos de calor o ano de 2016	31

4.2.2 Focos de Calor de 2017	33
4.2.3 Focos de calor no ano de 2018	34
4.2.4 Focos de calor no ano de 2019	36
4.2.5 Focos de calor no ano de 2020	37
4.3 Análise por mês da série de estudo 2016 a 2020	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O Meio Ambiente ecologicamente equilibrado é considerado pela doutrina um direito humano de terceira geração, rol que abrange uma titularidade indefinida de indivíduos. Tal abordagem só ganhou destaque no cenário mundial por volta do século XX, como consequência da profusão dos recursos naturais advinda da revolução industrial, onde não se tinha uma preocupação do legislativo em regular esse consumo desenfreado evitando os impactos negativos ambientais futuros.

No Brasil, essa preocupação do legislativo com os impactos ambientais se inicia com a positivação da Lei 6.938 de 1981, que versa sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins, mecanismos de formulação e aplicação, bem como sobre outras providências. No entanto, é somente com o advento da Constituição Federal de 1988 que se tem uma consolidação no processo de proteção do direito ao meio ambiente, sendo a primeira em sua linha de sucessão a abordar sobre o tema, passando assim a ser conhecida ordinariamente como Constituição Verde.

Por conseguinte, a discussão sobre a proteção ao meio ambiente passa pela problemática dos incêndios florestais. No Maranhão, o bioma que mais ocorre esse tipo de sinistro é o Cerrado, o qual ocupa 63% do território e onde estão situados os municípios que configuram o topo do ranking em incêndios florestais no Estado.

A diminuição desse tipo de ocorrência esta aliada ao desenvolvimento de trabalhos que priorizem a prevenção. Dessa forma, surge o geoprocessamento, ferramenta que agrupa tecnologias que coletam e tratam informações para um fim específico. A aplicação do geoprocessamento possibilita a elaboração de mapas que facilitam a tomada de decisão nas políticas preventivas.

No Maranhão, o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA), é o órgão competente por prevenir e combater os incêndios florestais. Mas como o geoprocessamento pode influenciar nas atividades preventivas de combate a incêndio florestal no cerrado maranhense?

Metodologicamente esse trabalho caracterizou-se como uma pesquisa bibliográfica e análise documental, a partir do método misto, com abordagem no método dedutivo e coleta de dados no banco de informações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Portanto, esta pesquisa objetiva reconhecer os tipos de atividades que o CBMMA, pode aplicar na prevenção a incêndios florestais com a utilização da ferramenta do geoprocessamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item serão abordados assuntos relacionados ao tema tendo como referência trabalhos acadêmicos e manuais. Esses temas versam sobre as características geográficas do Estado do Maranhão e do Cerrado Maranhense, os Incêndios Florestais e as principais legislações ambientais além de discorrer sobre aspectos do geoprocessamento.

2.1 Característica do Estado

O Maranhão possui um território de 329.642,182 km², o qual ocupa a 8ª posição em relação a áreas territoriais das Unidades da Federação do País (IBGE, 2021). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no ano de 2019, o Estado registrou 18.521 focos de calor, que representa um aumento de 49% em relação a 2018 ocupando a terceira posição em escala nacional e ficando atrás somente dos Estados do Mato Grosso (1º) com 31.169 focos e do Pará (2º) com 30.165 focos.

O Estado possui três biomas distintos: Cerrado (65%), Amazônia (34%) e Caatinga (1%) (IBGE, 2021):

O Estado contempla três diferentes biomas, o que contribui para uma elevada diversidade de paisagens: o Cerrado e suas diferentes fitofisionomias desde as mais abertas (campos) até matas fechadas; a Amazônia com vegetação característica de árvores altas, matas de várzeas nas planícies periodicamente inundadas e matas de igapó permanentemente inundadas; e uma pequena porção do bioma Caatinga, caracterizado pela presença de uma vegetação arbustiva com galhos retorcidos e com raízes profundas, e de cactos e bromélias (SPINELLI-ARAUJO et al., 2016, p. 11).

Além dessas características naturais, o Maranhão possui 12 Unidades de Conservação Estaduais (UCE), 11 Unidades Conservação Federais (UCF) e 21 Terras Indígenas (TI). Mesmo sendo áreas de protegidas por lei, elas sofrem pressão antrópicas. É de suma importância manter a proteção dessa área pois elas possuem os maiores fragmentos florestais do Maranhão (IMESC, 2019).

2.1.1 Cerrado

No território brasileiro, o cerrado está localizado na região central. É limítrofe com os outros quatro biomas: Amazônia, ao norte; Caatinga, a nordeste; Mata Atlântica, a sudeste e Pantanal, a sudoeste (BRASIL, 2009). Essa posição geográfica concede a esse bioma características distintas dos demais.

A primeira característica está na sua nomenclatura. O nome “Cerrado” é a definição da agregação de diferentes ecossistemas como savana, matas, campos e matas de galerias que

se desenvolvem no Brasil central. Por conseguinte, o clima dessa região é definido com estacionário, pois possui um período chuvoso, de outubro a março e um período de estiagem, de abril a setembro, com precipitação anual média de 1.500mm e temperaturas médias que variam de 22° C a 27° C (KLINK; MACHADO, 2004).

Dentro do território maranhense, o cerrado ocupa 65% de área do Estado, num total de 33 municípios. Esse bioma possui uma heterogeneidade principalmente por se encontrar em uma região ecotonal (de transição), com presença de caatinga ao leste, vegetação amazônica a oeste e campos alagados ao centro (SALES; NETO, 2020).

Esse bioma merece uma atenção especial quando o assunto é incêndios florestais. Dos municípios que registraram o maior número de incêndios florestais no ano de 2019, os cinco primeiros estão localizados no cerrado (IMESC, 2019).

É importante mencionar que esses incêndios possuem duas origens distintas: podem ser naturais ou antrópicas.

A origem natural ocorre há milhões de anos na região no início do período chuvoso. Essa estratégia ecológica acontece em diferentes savanas a qual faz parte de sua dinâmica ecológica: a maioria das espécies são capazes de rebrotar após uma queimada. Além disso, características da vegetação, como a presença de cascas grossas nas árvores que protegem os tecidos internos de altas temperaturas, são causadas pela dinâmica do fogo (BRASIL, 2011; SILVA et al., 2001).

Mesmo o fogo sendo um fator de grande interferência no desenvolvimento da vida no cerrado, sua ocorrência com maior regularidade traz inúmeros prejuízos para o meio ambiente. O aumento desse tipo de ocorrência dá-se principalmente por ação antrópica. No meio rural, essa ação humana é propagada como instrumento de manejo agropecuário para limpeza de e abertura de novas áreas, remoção de pastos e controle de pragas (BRASIL, 2011).

Além dessas ações agropecuárias, existem outras situações as quais um sujeito pode iniciar um incêndio. Quando existe dolo por parte do indivíduo este é definido como incendiário e, quando identificado, pode responder criminalmente. Outras formas são: fogos campestres, fumantes, operações florestais e soltura de balões (CARVALHO, 2009).

2.2 Legislação aplicada ao incêndio florestal

Considerado um direito de terceira geração, o direito a um Meio Ambiente equilibrado ganhou destaque na legislação brasileira em meados do século XX. A partir desse período políticas de proteção e defesa do meio ambiente tornaram-se pautas das casas legislativas nacionais.

A Constituição Federal de 1988, a qual também é conhecida como Constituição Verde, traz em seu texto frutos desses debates relacionados a políticas ambientais. No seu artigo 225 afirma que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Mesmo não sendo a primeira lei que versa sobre a temática meio ambiente, a constitucionalização dessa matéria possibilitou que outras normas explorassem de forma mais específica tal conteúdo alicerçados na constituição.

Ademais, legislações infraconstitucionais também abordam o mesmo assunto. Uma dessas leis é a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81). Esse regulamento busca preservar e recuperar o meio ambiente além de responsabilizar civil e criminalmente os indivíduos causadores de danos ao mesmo. Essa lei também introduz ao direito ambiental a aplicação da teoria da Responsabilidade Objetiva, dessa forma o infrator pode ser penalizado por sua conduta ao se estabelecer um nexo de causalidade (ICMBio, 2010).

Por conseguinte, no ano de 1998 o Congresso Nacional sancionou a lei 9.605: Lei de Crimes Ambientais. Esse código trata sobre sanções administrativas e penais para condutas lesivas ao meio ambiente. Sanções referente a queimadas estão expressas nos artigos 41 e 42:

Art. 41. Provocar incêndio em mata ou floresta:

Pena - reclusão, de dois a quatro anos, e multa.

Parágrafo único. Se o crime é culposo, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa.

Art. 42. Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano:

Pena - detenção de um a três anos ou multa, ou ambas as penas cumulativamente (BRASIL, 1998a).

Existem também outras legislações que positivam sanções tanto administrativas - Decreto 6.514/08 o qual estabelece multas para quem, de qualquer forma, danifica ou destrói florestas - quanto penais – Código Penal o qual penaliza o incendiário em reclusão de três a seis anos e multa - para ações que propiciem o surgimento de um incêndio florestal (BRASIL, 1940, 2008).

Além disso, vale ressaltar a importância do Código Florestal no âmbito das queimadas. Essa norma foi atualizada ano de 2012 revogando o antigo Código Florestal – Lei 4.771/65 – e proíbe o uso do fogo em florestas e demais formas de vegetação (BRASIL, 2012).

Como forma de regulamentar esse artigo o Governo Federal editou o Decreto 2.661/98 o qual estabelece regras para o emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais. Esse decreto define quais áreas são vedadas e quais é permitida a utilização do fogo mediante queima controlada, determina o órgão responsável pela suspensão temporária do emprego do fogo além de criar o Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais – PREVFOGO (BRASIL, 1998b).

Concomitantemente a isso, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) editou a Portaria 94/98 a qual regulamenta o Decreto 2.661/98 sistematizando a queima controlada. O Órgão Federal define critérios para a aplicação da queima controlada, documentos necessários para a solicitação e dá outras providências (IBAMA, 1998)

Em âmbito estadual existe a Lei 8.528/06 que dispõe sobre a Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade. Essa legislação determina que constitui infração administrativa ações ou omissões que sejam suscetíveis a provocar um incêndio florestal (MARANHÃO, 2006).

O amparo legal dessa matéria, desde a constituição até portarias reguladoras, dá suporte ao trabalho dos órgãos responsáveis pela fiscalização e combate aos incêndios florestais.

2.2.1 Competência do CBMMA

Por se tratar de uma matéria de defesa civil, o combate a incêndio florestal fica sob responsabilidade dos Corpos de Bombeiros Militares, o qual está expresso 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).

Além da Carta Magna, a lei 10.230 de 23 abril de 2015 que dispõe sobre a organização básica do CBMMA também reafirma a competência da corporação para atuar em ocorrências dessa natureza:

Art. 2º Ao Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, órgão com competência para atuar no âmbito do Estado, cabe: [...] VIII - proceder à perícia de incêndios, bem como o controle de edificações e seus projetos, visando à observância de requisitos técnicos contra incêndio e outros riscos, **prevenindo e extinguindo incêndios urbanos e florestais** (MARANHÃO, 2015, grifo nosso).

2.3 Teoria Geral dos Incêndios Florestais

O conceito de incêndio florestal é amplamente abordado em diferentes literaturas, contudo sua essência, em geral, não se altera entre os autores. Dessa forma, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP) (2006) afirma que: “entende-se como Incêndio Florestal, toda destruição total ou parcial da vegetação, em áreas florestais, ocasionada pelo fogo, sem o controle do homem ou qualquer que seja sua origem.”

O que distingue um incêndio florestal de uma queimada é o fato de que aquele acontece de forma não controlada, enquanto esse é realizado de forma racional e contida, impossibilitando a dispersão de suas chamas (ICMBio, 2010).

Com efeito, outros conceitos são fundamentais no estudo dessa temática. Eles servem de bases teóricas para um eficaz trabalho de prevenção e combate aos incêndios em vegetação.

2.3.1 Comportamento do Fogo

Como já citado, o fogo sem controle causa diversos danos e transtorno – da fauna e flora a economia de uma região. Entender como o fogo se comporta é indispensável para um combate eficiente, eficaz e seguro. Por meio dessa compreensão que se pode fazer uma previsão do seu comportamento futuro (ICMBio, 2010).

De início, é necessário definir como o fogo surge. A combustão, reação química exotérmica que torna possível a existência do fogo é o produto entre combustível e comburente onde os gases resultantes dessa mistura, se inflamam, apresentando um desprendimento de energia na forma de luz e calor (CBMGO, 2017).

A partir dessa definição, observa-se que para que exista o fogo é necessário a presença de três elementos básicos: Combustível, Calor e Comburente. O Combustível é o material que está sujeito a queimar, o Calor a fonte de energia inicial e que conserva e propaga o fogo e o Comburente é o elemento ativo do fogo, que em geral é o oxigênio. (ICMBio, 2010).

Figura 1: Triângulo do fogo



Fonte: ICMBio (2010).

2.3.2 Fases da combustão

A fases da combustão estão relacionadas ao estado em que se encontra o material florestal que está em pirólise. Compreende três fases distintas: a) pré-aquecimento: neste estágio não existe chamas, o calor apenas elimina o vapor d'água e permanece aquecendo-o até atingir a temperatura de ignição, b) gasosa ou combustão gasosa: nesta fase já existe a presença das chamas contudo não há queima do combustível, mas somente os gases destilados na primeira fase, e c) sólida, de carbonização ou incandescência: aqui o combustível já fora consumido quase que na sua totalidade restando apenas cinzas. Calor intenso, mas sem chamas e fumaça são suas principais características (CBMGO, 2017).

2.3.3 Mecanismo de transferência de calor

Logo que o fogo se inicia, tem-se uma reação em cadeia de fluxo de calor entre material que está em combustão e o material combustível próximo. É importante salientar que calor não é uma forma de energia, mas sim a energia que está sendo recebida ou cedida, por conta da diferença de temperatura da região de maior para região de menor temperatura (GREGIO, 2016).

Diante disso, Gregio (2016) complementa que: “A transmissão de energia por diferença de temperatura se dá de 3 maneiras diferentes: condução, convecção e radiação”.

A condução é a transmissão de energia cinética que ocorre de partícula para a partícula, dessa forma só ocorre através de um meio material. Já a convecção acontece com o transporte de matéria, onde surge um fluxo de convecção: o ar quente sobe enquanto o ar frio

desce. E a radiação é a transmissão de calor que advém das ondas eletromagnéticas, chamada também de radiação térmica, a qual todo corpo aquecido emite (GREGIO, 2016)

É importante ressaltar que existe outra forma de transferência de calor que é admitida para fins didáticos. Trata-se das emissões de fagulhas as quais são provenientes das brasas que sob ação da convecção e do vento são transportadas para uma região além da frente do fogo, dando assim, origem a novos focos (ICMBio, 2010).

2.3.4 Triângulo do comportamento do fogo no incêndio florestal

O comportamento do fogo quando se propaga em ambiente florestal é influenciado por três elementos. Esses elementos interferem tanto na existência do fogo que para acontecer um incêndio florestal eles devem coexistir simultaneamente (CBPMESP, 2006).

Como esses elementos devem coexistir simultaneamente, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) define de maneira didática o triângulo do fogo: combustível, topografia e meteorologia, onde cada elemento compõe um lado da figura geométrica (ICMbio, 2010).

Figura 2: Triângulo do fogo para o incêndio florestal



Fonte: CBMGO (2021).

De início, tem-se o combustível que pode ser definido como todo material vegetal disponível e propício a iniciar e manter um incêndio. Esse componente influencia diretamente na dinâmica do sinistro pois dependendo da quantidade, continuidade e distribuição espacial o fogo pode se propagar mais rápido ou mais lentamente. Ademais, dois fatores dos combustíveis também alteram a dinâmica do incêndio: o tipo de vegetação e o teor de umidade do material combustível (ICBio, 2010).

Por conseguinte, a topografia está relacionada com o formato da superfície da terra. Suas características podem prever a interferência que o relevo terra na evolução do fogo. Entre

essa característica estão: configuração, exposição, altitude e grau de inclinação ou pendente (ICBio, 2010).

O terceiro elemento do triângulo é a meteorologia. Sua ação está condicionada a alguns fatores meteorológicos, como a temperatura, umidade relativa do ar, vento e precipitação (CBMGO, 2017).

2.4 Causas e Consequências dos Incêndios Florestais

Para se extinguir um problema com grau de eficiência elevado deve-se, primeiramente, compreender a sua fonte e por conseguinte, seus efeitos. No trabalho de prevenção aos Incêndios Florestais não é diferente.

Entender as causas dos incêndios em vegetação leva a concepção de que as queimadas causam consequências drásticas para o meio ambiente e diversos ecossistemas, o que ocasiona graves efeitos nos setores: ecológico, econômico e atmosférico (IMESC, 2020).

Ademais, observa-se um aumento significativo na propagação de incêndios florestais no segundo semestre pois nesse período a maior parte do País encontra-se no auge da estiagem e produtores rurais aproveitam que a vegetação está mais ressequida e lançam fogo no pasto ou em áreas de mata, antes que as primeiras chuvas se iniciem (ANDRADE et al., 2012).

Nesse contexto, no Brasil e na América do Sul, as origens estão associadas, em sua maioria, por ações do homem. Em geral, ocorre por alterações na utilização da terra, no qual áreas florestais são convertidas em terrenos agrícolas (ICBio, 2010).

Além disso, segundo Dias (2009), podem ocorrer por outros fatores: a) analfabetismo ambiental, o qual exprime a incompreensão em relação ao desenvolvimento do meio, causando insensibilidade e negligência; b) acidentes e incidentes como fogueiras mal apagadas, reiginição após o combate, rompimentos de cabos de alta tensão, quedas de balões, etc; c) culturais e comportamentais que estão relacionadas a ações praticadas em determinadas regiões como deixar velas acessas em rituais religiosos, utilizar fogo para caça e vandalismo; d) fenômenos naturais que em suma são resultados de raios atmosféricos.

Associado a isso estão suas consequências que impactam principalmente a sociedade e os ecossistemas. Os impactos a sociedades são efeitos a saúde humana como surgimento de doenças respiratórias, conjuntivite, irritação na garganta e efeitos econômicos e sociais como interrupção de fornecimento de energia, aumentos de internações e atendimentos nos hospitais, prejuízo ao setor agrícola, etc. Os impactos aos ecossistemas são concatenados a efeitos referentes a regulação do ecossistemas (morte de plantas e animais, reciclagem de

ambientes), efeitos sobre os solos (diminuição da fertilidade e produção, erosão, assoreamento dos rios), efeitos sobre a atmosfera (poluição do ar, alteração no ciclo de formação de chuva) e efeitos sobre fauna e flora (DIAS, 2009).

2.5 Prevenção a Incêndios Florestais

Como já visto, inúmeros fatores são relacionados quando o assunto é incêndio florestal. Contudo, para se mitigar os efeitos e até minimizar os números desse tipo de sinistro é necessário que exista uma cultura de prevenção.

Dessa forma, para que se evite um incêndio florestal o segredo está na prevenção, associada a educação ambiental de forma frequente em escolas e empresas, modificando a abordagem conforma a faixa etária (MELO, 2014).

Segundo Oliveira (2015): “na prevenção dos incêndios florestais o objetivo é reduzir ou minimizar as causas que potencializa a ocorrência do sinistro”. Portanto, para que essas intervenções sejam efetivas, o planejamento da prevenção deve ser feito embasado no estudo do triângulo do fogo: comburente, calor e combustível (CBMGO, 2017).

Eliminando um dos lados do triângulo o fogo é extinto. Contudo, no meio florestal não é possível cessar o fornecimento de comburente (oxigênio). Dessa forma, a ação preventiva é focada nos outros dois lados do triângulo: calor, contendo incêndios de origem humana e combustível, impedindo a propagação do fogo (CBMGO, 2017).

Além disso, conhecer a causa do incêndio é primordial para que as ações mitigadoras sejam direcionadas e utilizadas de forma mais eficiente. Como já mencionado nesse trabalho, duas são as formas de origem de um incêndio em vegetação: por meios naturais ou por ações antrópicas (negligência ou intencional) (CANZIAN et al., 2020)

Associando a essas duas teorias, surgem duas formas de atuação da atividade preventiva. A prevenção passiva, que está focada na eliminação de incêndios de causa humana e a prevenção ativa, a qual objetiva dificultar a propagação do fogo. (CBMGO, 2017; OLIVEIRA, 2014).

2.5.1 Prevenção Passiva

As ações passivas visam prevenir que condutas humanas sejam causas de incêndio. Se o fogo foi incitado por interferência antrópicas quer dizer que poderia ser evitado ou até impedidas de ocorrer (CBMGO, 2017).

Por conseguinte, configuram prevenção passiva campanhas no âmbito da educação ambiental, realizando palestras, divulgação da mídia, distribuição de panfletos, avisos em áreas de perigos visando a conscientização da população (CBPMESP, 2006).

Ademais, políticas de articulação com outros órgãos como IBAMA, ICMBio, Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), Batalhão de Polícia Ambiental (BPA) e entre outros, também configuram atuação passiva no tocante em que esses órgãos são competentes de regulamentação e uso de unidades de conservação.

2.5.2 Prevenção Ativa

As atuações ativas em geral são mais incisivas. Objetivam utilizar técnicas que eliminem o material combustível impossibilitando a propagação do fogo (OLIVEIRA, 2015; CBMGO 2017)

A primeira técnica é a construção de aceiros. Sua utilização de forma preventiva visa isolar áreas de risco para que o fogo não se propague para regiões ainda intactas. (CBPMESP, 2006).

Consequentemente, possui bastante eficiência, quando se aplicado de forma preventiva, em localidades de difícil acesso, com histórico de queimadas ou em limites de propriedades (CBMGO, 2017).

Outra técnica ativa é a diminuição de material combustível. Consiste em realizar uma queima controlada, a qual pode ser na borda florestal, para diminuir a quantidade de material combustível e assim dificultar a propagação do incêndio (CBMGO, 2017).

O mapeamento de pontos também consiste em uma ação ativa. Fundamenta-se em plotar pontos da região de interesse como: locais e captação de água, trilhas, estradas, entre outros. Esses pontos servirão de banco de dados para auxiliar nas tomadas de decisões das equipes que fazem o trabalho preventivo (CBMGO, 2017).

Existem outras técnicas como formação de brigadas de incêndio, criação de bases descentralizadas nos municípios e fiscalização em conjunto com órgãos competentes (OLIVEIRA, 2015).

2.6 Geoprocessamento

Sob a necessidade de uma visão espacial, o geoprocessamento surge como ferramenta auxiliadora possibilitando ter uma perspectiva global de determinada variável. Utilizada em diferentes áreas de estudo, essa técnica consiste em processar dados

georreferenciados mesclando conceitos e técnicas de cartografia, sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG) (SILVA, 2003 apud OLIVEIRA et al., 2008).

O geoprocessamento também pode ser definido como a ciência que trata informações geográficas utilizando métodos matemáticos e computacionais. Para tratar, analisar e coletar essas informações são utilizadas geotecnologias como: Sensoriamento Remoto (SR) e as plataforma de SIG (FERRAZ et al., 2015).

No trabalho preventivo aos incêndios florestais, conhecer os locais onde se é mais recorrente ocorrências dessa natureza torna-se fundamental para auxiliar as tomadas de decisões. Dessa forma, o geoprocessamento surge como instrumento que resolve questões e problemas através de um sistema informatizado. Esse sistema possibilita a análises complexas no instante em que integra dados de fontes diferentes e gera banco de dados georreferenciados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

2.6.1 Sistema de Informação Geográfica

Um SIG é uma ferramenta que relaciona feições geográficas com registro de banco de dados, os quais podem ser obtidos por meio do sensoriamento remoto (imagem de satélite). Essas plataformas analisam informações complexas, gerando dados. A partir desses dados é possível criar mapas temáticos os quais podem ser analisados e interpretados (OLIVEIRA *et al.*, 2008; FERRAZ *et al.*, 2015).

Ademais, o SIG é um tipo de Geotecnologia que está contido no grupo maior: o Geoprocessamento (MEDEIROS, 2012).

Figura 3: Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias



Fonte: MEDEIROS (2021).

Por conseguinte, a aplicação do SIG está associada a uma diversidade de finalidades, dessa forma, existem pelo menos três maneiras de utilizar um SIG: produção de

mapas, análise espacial de fenômenos e banco de dados geográficos (armazenamento e recuperação de informação espacial) (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

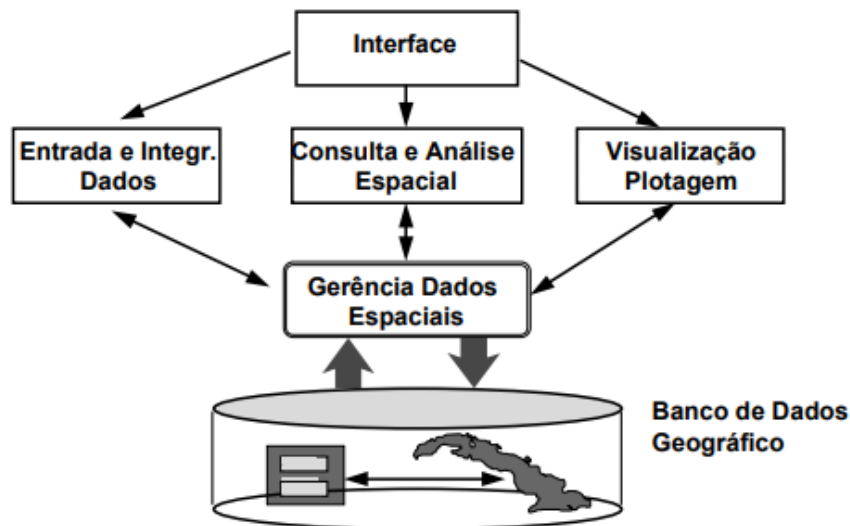
Criar dados sem um determinado fim não quer dizer obter informação. Para se obter informação é necessário integrar os dados obtidos a um referencial adequado (SILVA, 2009).

Sob esta perspectiva, o SIG viabiliza uma interdisciplinaridade de utilizações de sua tecnologia, assim tornando possível indicar suas principais características, que para Câmara *et al* (2001) são:

“Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno e oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.”

Um Sistema de Informação Gráfica é composto por cinco elementos os quais há uma relação hierárquica entre si: Interface com o usuário, Entrada e integração de dados, Funções de consulta e Análise espacial, Visualização e Plotagem e Armazenamento e Recuperação de dados (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Figura 4: Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: CÂMARA *et al.* (2001).

Esses elementos estão dispostos em três níveis distintos. No nível próximo ao usuário é definido como o sistema é operado e controlado. No intermediário, os mecanismos de processamento de dados espaciais. Por fim, no nível mais interno armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste item serão abordados a metodologia proposta para o trabalho e os procedimentos adotados durante a pesquisa. Nesse sentido, para que um conhecimento seja considerado científico é necessário que no decorrer de sua produção o método tenha seguido rigorosamente suas etapas (PEREIRA et al., 2018).

Além disso, Gil (2017) afirma que: “a partir de um sistema de classificação o pesquisador consegue conferir maior racionalidade as etapas requeridas para a execução do projeto, tornando-o mais eficaz, eficiente e obtendo resultados mais satisfatórios”.

3.1 Quanto a natureza

Este trabalho foi pautado na pesquisa aplicada. Essa pesquisa busca solucionar a problemática dos incêndios em vegetação sugerindo o geoprocessamento para auxiliar a prevenção a incêndios florestal. A pesquisa aplicada tem a característica de contribuir para ampliação do conhecimento científico e sugerirem novas questões a serem investigadas

3.2 Quanto aos objetivos

Esta pesquisa se classifica como exploratória na medida em que analisa dados de foco de calor processados pelo INPE e sugere a utilização desses dados na prevenção ao incêndio florestal, proporcionando maior familiaridade como problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2017).

3.3 Quanto a abordagem do problema

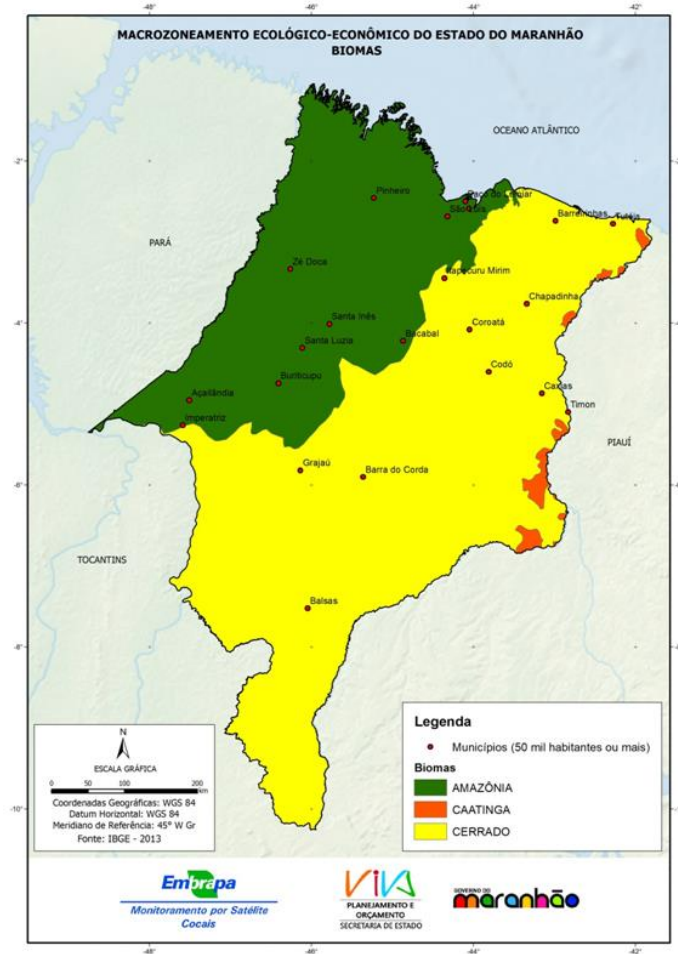
Quanto a abordagem do problema foi utilizado o método dedutivo pois partindo de constatações mais gerais, examinaram-se casos particulares para verificar se o mesmo se enquadrava nestas constatações mais gerais (ZAMBELLO et al., 2018).

Dessa forma, a classificação segundo a natureza dos dados seguiu-se a análise em método misto que combinam elementos de abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa com o propósito de ampliar e aprofundar o entendimento e a corroboração dos resultados (JOHNSON et al., 2007) além da necessidade de explicar os resultados iniciais de uma pesquisa (CRESSWELL, 2007).

3.4 Quanto ao local da pesquisa

A área de estudo delimitou-se ao Cerrado Maranhense, bioma mais afetado por incêndios em vegetação e que cobre 64% do território do Estado.

Figura 5: Mapa dos Biomas do Maranhão.



Fonte: UEMA (2021).

3.5 Quanto aos procedimentos e coleta de dados

Arquivos vetoriais no formato *shapefile* foram utilizados para auxiliar a análise dos dados. Esses arquivos são estruturas que compreendem pontos, linhas e polígonos baseado em um sistema de coordenadas para criar uma representação gráfica (FITZ, 2008).

Os *shapes* utilizados foram: a) registro dos focos de calor do Cerrado Maranhense dos anos de 2016 a 2020 os quais foram obtidos através do portal BDQueimadas do INPE. Esses dados são detectados por diferentes satélites, contudo para elaboração deste trabalho foram utilizados os dados do satélite de referência (AQUA_M-T) que coleta sua coordenada para exportação da localização; b) a base cartográfica contínua do Estado do Maranhão, retirada no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Os arquivos foram extraídos em formato *shapefile* e geoprocessados no software QGIS 3.16. O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto, integrante do *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) (QGIS, 2021).

Após isso, foram criados mapas de densidade no software utilizando o estimador de densidade *kernel*, contido na ferramenta Mapa de Calor do QGIS, o qual determina as regiões com maiores números de pontos no mapa, desenhando nas proximidades de cada pontos, um círculo que seu raio corresponde ao raio de influência determinado. O valor de cada célula é resultado da soma dos valores sobrepostos, dividido pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986 *apud* SOUZA et al., 2013).

Consequentemente, fora feita a renderização da banda de imagem na seleção banda simples falsa cor. Foram dispostas quatro cores em degradê de tons avermelhados, onde foram classificadas da mais fria para mais quente.

Essa classificação por cores em degradê auxilia na análise dos dados visto que ao se observar um tom mais avermelhado pode-se concluir que nessa região existe uma maior ocorrência de casos estudados, a reflexão contaria também é verídica, ou seja, quanto menos avermelhado menor a concentração (SOUZA, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa serão abordados todos os resultados obtidos a partir do geoprocessamento dos focos de calor do INPE.

4.1 Focos de calor e Incêndio Florestal

Como forma de auxiliar os trabalhos de prevenção e combate a incêndio, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, realiza, continuamente, o monitoramento de queimadas e incêndios florestais por meios de imagens de satélites. Esse monitoramento é realizado desde o ano de 1987, com aperfeiçoamentos realizados periodicamente (INPE, 2021).

Atualmente, o Instituto utiliza o satélite AQUA_M-T, com passagem no início da tarde, como satélite de referência. Isso é feito para que haja um levantamento contínuo dos dados ao longo dos anos, permitindo analisar a tendência espacial e temporal dos focos (INPE, 2021).

O satélite de referência consegue identificar áreas queimadas a partir de 30m de extensão por 1m de largura. Contudo, alguns fatores dificultam tal detecção, como: queimas com menos de 30 m ou que acontecem entre o horário das imagens disponíveis, fogo apenas no chão da floresta, nuvens que cobrem a região, fogo em encosta de montanhas e imprecisão na localização do foco (INPE, 2021).

Ademais, nem todo foco de calor está necessariamente associado a um incêndio. Essa relação não é direta pois um foco indica que há fogo dentro de um elemento de resolução da imagem (pixel). Se houverem pontos menores que o identificado pelo pixel eles poderão ser reconhecidos apenas como sendo um único foco. O contrário também ocorre. Caso a área de um incêndio seja muito extensa, o satélite pode registrar diferentes focos de calor (INPE, 2021).

4.2 Análise dos focos de calor dos anos de 2016 a 2020

Antes de apresentar os dados é importante ressaltar que o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, elabora o Relatório de Queimadas Maranhense, no qual apresenta, trimestral e anualmente, a ocorrência de focos de calor no Estado, além de monitorar e analisar a incidência de incêndios em vegetação sob distintos níveis e escalas (IMESC, 2016).

Segundo os Relatórios do IMESC, os quais são fundamentados pelos dados do INPE, o Maranhão permaneceu na terceira posição no ranking dos Estados com maior índice de focos de calor por cinco anos consecutivos (2016 a 2020).

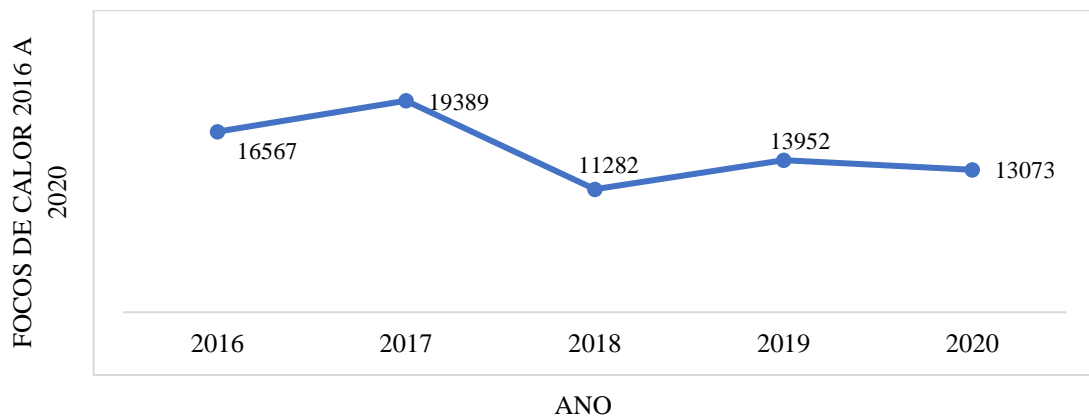
Tabela 1: Quantidade de focos de calor no Maranhão

Ano	Total de Focos
2016	21.789
2017	25.576
2018	13.892
2019	18.521
2020	16.817

Fonte: INPE/IMESC (2021).

Por conseguinte, mais da metade do total de focos de calor registrados no Maranhão nos anos de 2016 a 2020 ocorreram no cerrado.

Gráfico 1: Focos de calor no cerrado Maranhense de 2016 a 2020.



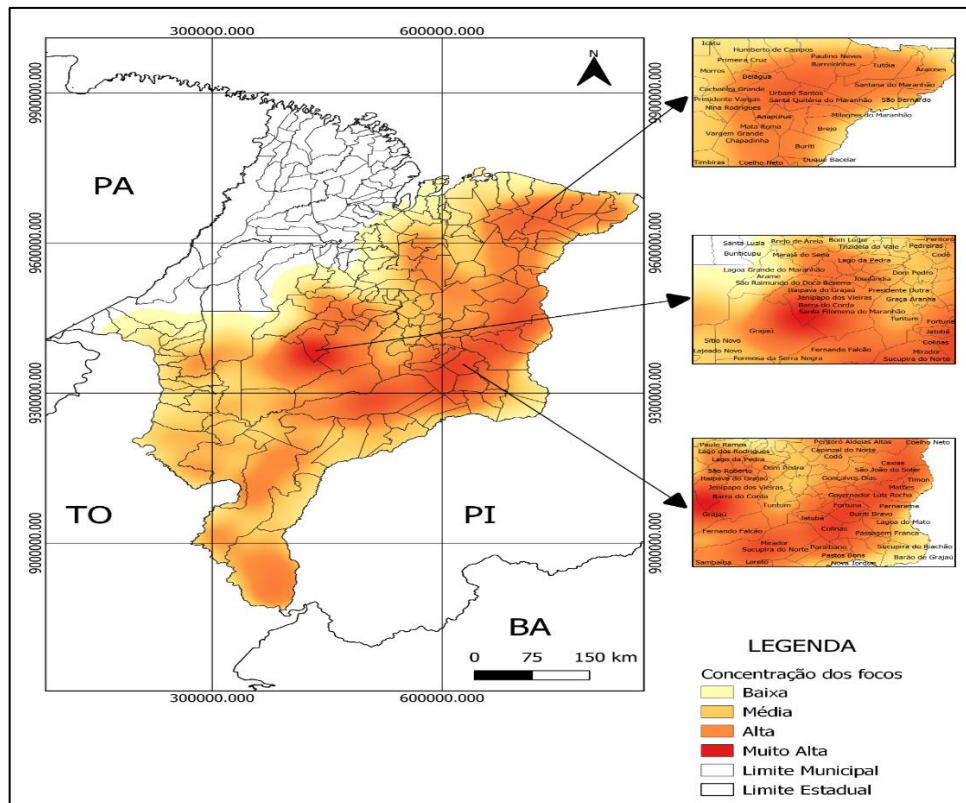
Fonte: INPE (2021).

Dessa forma, o presente estudo limitou-se a analisar os focos de calor no bioma cerrado visto que é o local onde ocorrem com maior frequência.

4.2.1 Focos de calor o ano de 2016

No ano de 2016 o Maranhão registrou um total de 21.789 focos de calor, sendo 16.567 (aproximadamente 76%) no cerrado. Observa-se que quase toda a extensão do Cerrado Maranhense, no ano de 2016, estava classificada entre MÉDIA e MUITO ALTA em relação a concentração de focos, sendo registrada uma BAIXA concentração apenas nas regiões limítrofes do bioma. Houve um acúmulo de casos na Região Central – nas proximidades dos municípios de Barra do Corda, Jenipapo dos Vieiras e Grajaú - e na Região Leste do Estado, com maior intensidade nas imediações de Mirador, Colinas e Buriti Bravo.

Figura 6 : Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2016.

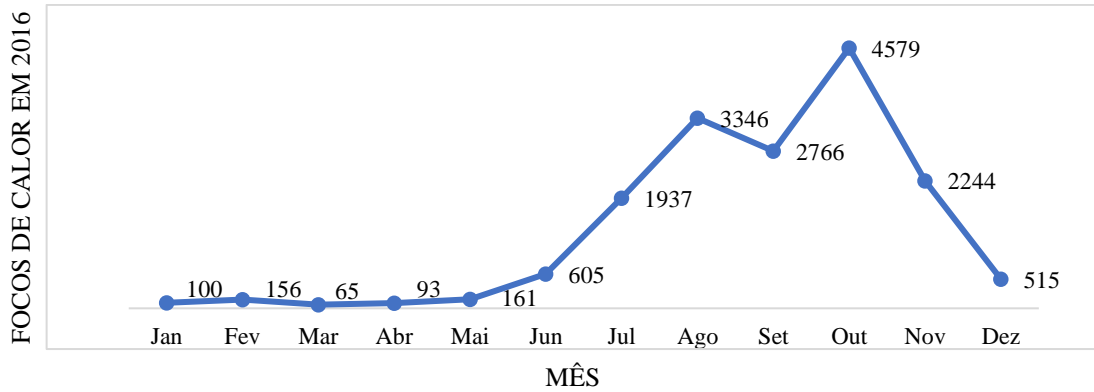


Fonte: autor (2021).

Ao se analisar durante o ano, observa-se que a partir do mês de junho houve um aumento significativo, registrando um leve declínio em setembro e atingindo o pico em outubro, com 4.579 casos. A partir de novembro há uma queda na frequência dos casos.

Esse aumento acontece em decorrência do início da estação seca (estiagem) e como consequência a diminuição das chuvas, o que promove um aumento no número de incêndios florestais, com pico no mês de outubro e queda nos registros a partir desse mês (IMESC, 2016).

Gráfico 2: Focos de Calor no ano de 2016.



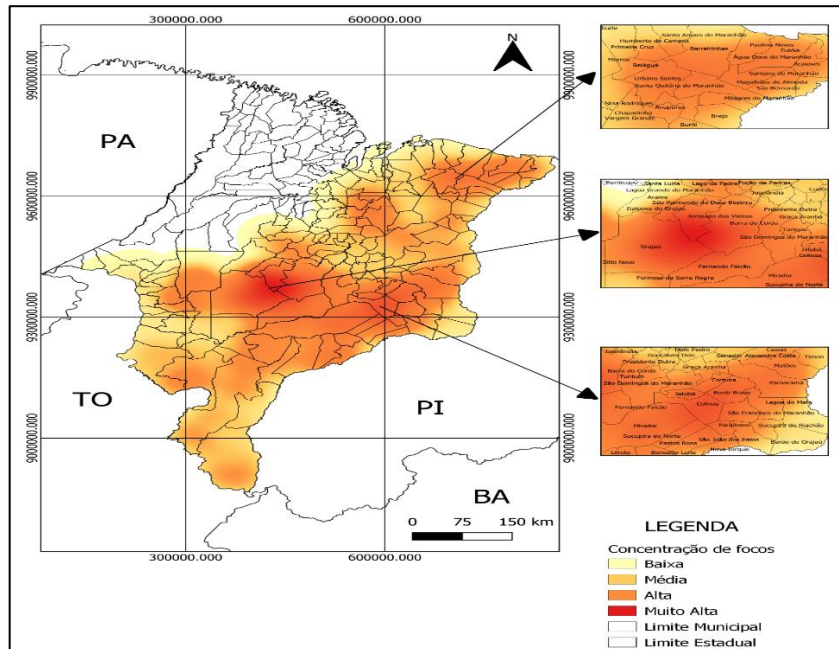
Fonte: Autor (2021)

4.2.2 Focos de Calor de 2017

Em 2017, o Maranhão registrou 25.576 casos, um aumento de 17,38% em relação ao ano anterior. Desse total, 19.389 aconteceram no cerrado - aproximadamente 75,80%.

Analisando o mapa de 2017 pode-se observar que os focos permanecem concentrados em duas regiões: nas proximidades do Município de Barra do Cordo e dos Municípios de Mirador e Colinas.

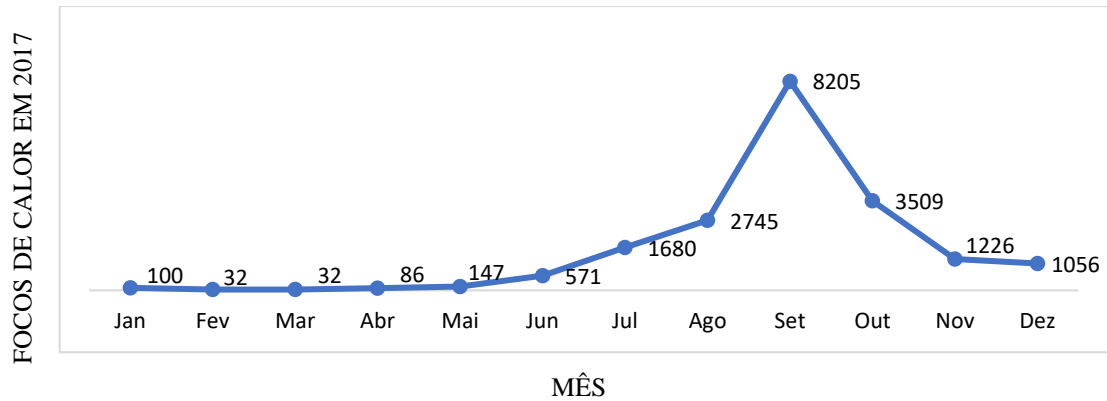
Figura 7: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2017.



Fonte: autor (2021).

Semelhante ao ano de 2016, esse aumento dá-se por conta do início do período de estiagem, com baixos índices pluviométricos em decorrência das massas de ar seco que estão paradas na região (IMESC, 2017).

Gráfico 3: Focos de Calor no ano de 2017.



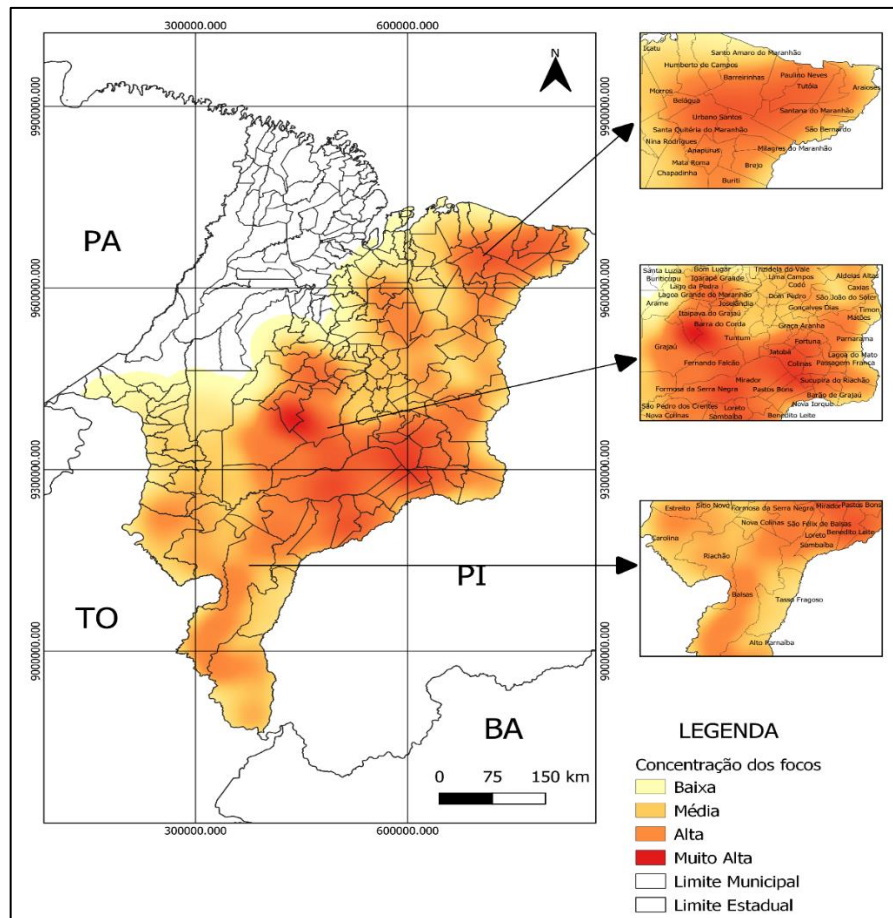
Fonte: Autor (2021).

Outrossim, na análise de ocorrências durante o ano nota-se que o crescimento mais expressivo se inicia no mês de junho, atingido o ápice em setembro com 8205 casos, sendo o maior registro em um mês na série analisada (2016 a 2020).

4.2.3 Focos de calor no ano de 2018

No ano de 2018 foram contabilizados um total de 13.892 focos de calor no Estado – uma redução de 45,68%. Desses, 11.282 foram no bioma cerrado – 81,21 % aproximadamente. Um dos fatores dessa redução foi o aumento da pluviosidade no Maranhão (IMESC, 2018).

Figura 8: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2018.



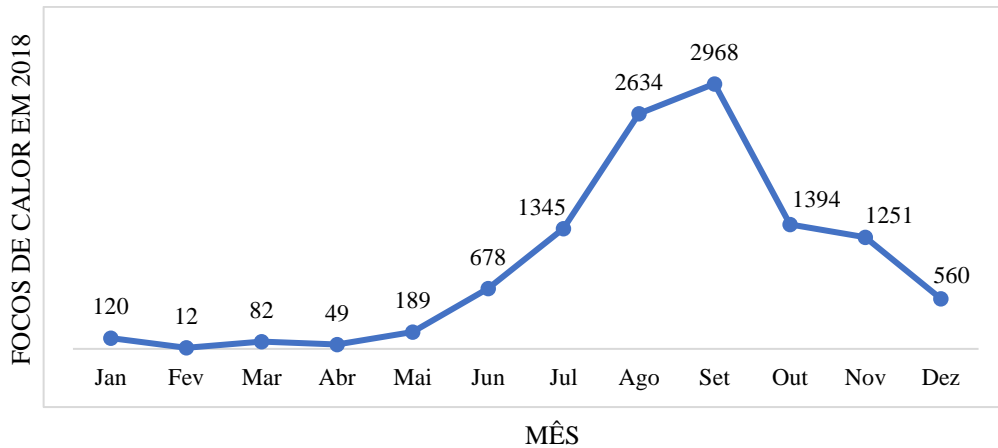
Fonte: autor (2021).

Inicialmente, pode-se observar que em 2018 houve menos casos, pois, a área em vermelho (concentração MUITO ALTA) é menor que a do ano anterior. Além do aumento na quantidade de chuva, políticas públicas, como o MAIS PRODUÇÃO que capacita o pequeno e médio produtor com novas técnicas as quais substituem as queimadas para limpeza do terreno, também forma responsáveis pela diminuição dos casos (IMESC, 2018).

Contudo, a concentração de casos continua sendo nas Regiões de Barra do Corda e Mirador. Além dessas, observa-se também um acúmulo de registros no Nordeste do Estado, nas proximidades do Município de Barreirinhas.

No decorrer do ano, a distribuição de focos manteve-se equivalente aos anos anteriores, com o aumento mais significativo a partir do mês de junho e atingindo o pico em setembro com 2968 registros.

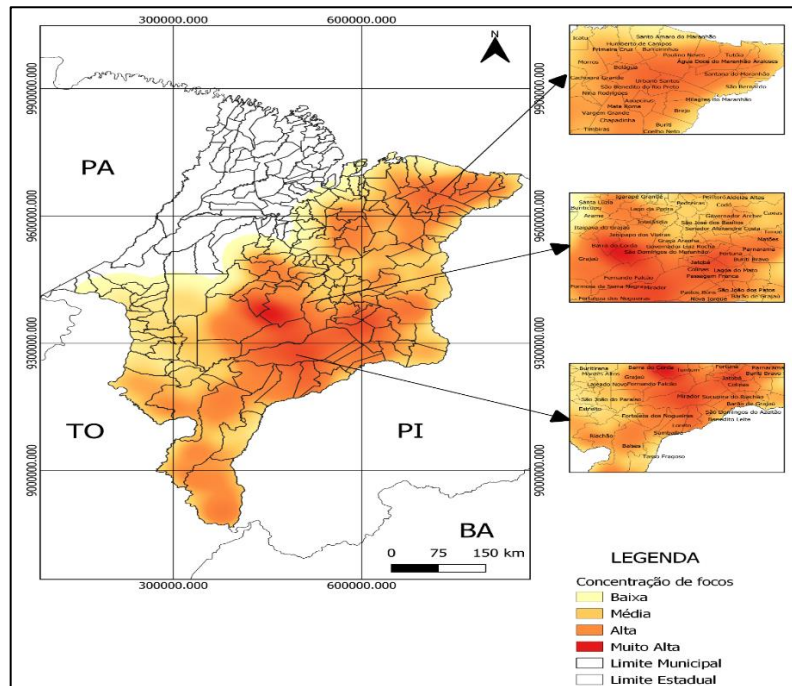
Gráfico 4: Focos de Calor no ano de 2018.



Fonte: Autor (2021)

4.2.4 Focos de calor no ano de 2019

Figura 9: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2019.



Fonte: autor (2021).

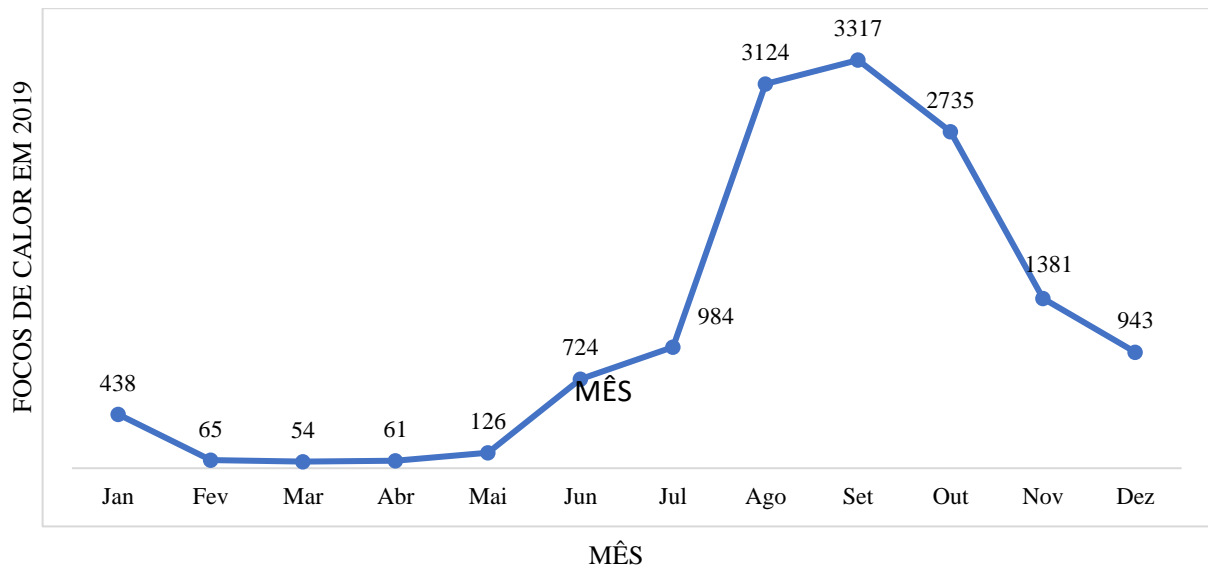
Em 2019, segundo o INPE, foram registrados 18.521 casos de focos no Estado do Maranhão, representando um aumento de 33,32%. Desses, 13.952 ocorreram no cerrado – aproximadamente 75%.

Ao analisar o mapa pode-se observar que, diferentemente dos anos anteriores, em 2019, a porção Sul do Estado apresentou uma maior concentração de casos. Por outro lado, o Nordeste Maranhense continuou evidenciando um acúmulo significativo de ocorrências.

No entanto, a maior concentração de casos permanece na Região Central do Estado, nos Municípios de Barra do Corda, Grajaú, Fernando Falcão e Mirador.

A análise por meses mostra que não existe divergências no decorrer do ano em comparativo aos anos anteriores. Há um aumento a partir de junho, com ápice em setembro, com 3.317 casos.

Gráfico 5: Focos de Calor no ano de 2019.



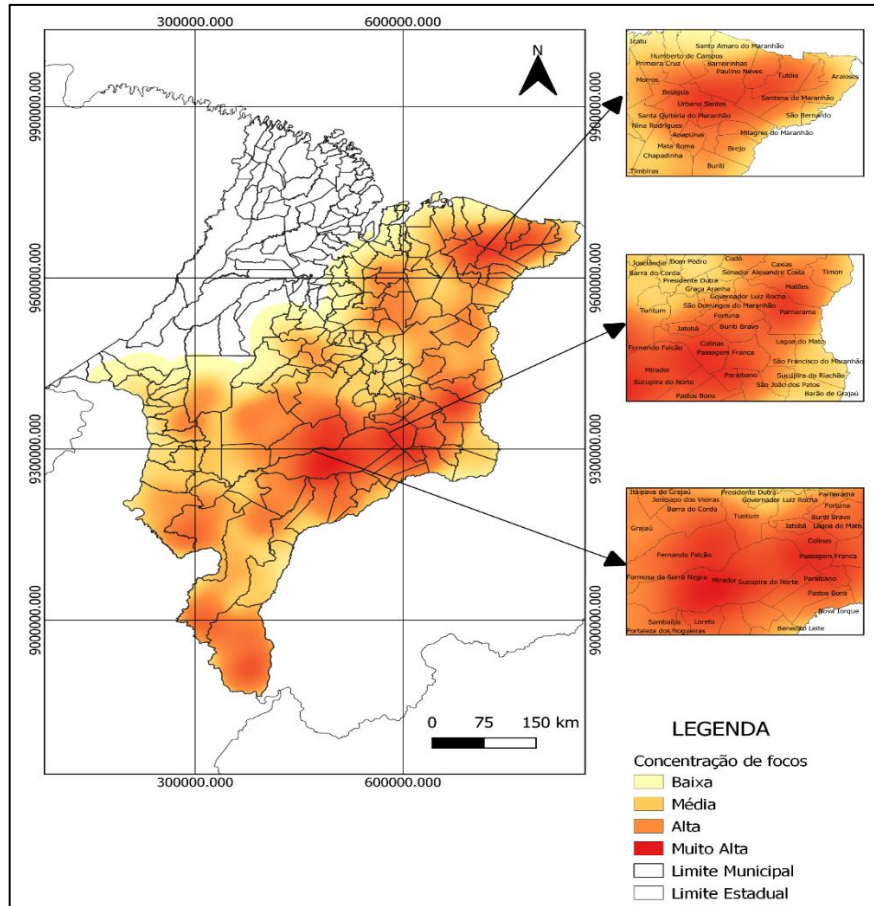
Fonte: Autor (2021).

Esse aumento acontece por conta do início do período seco, no qual as precipitações ficam restritas ao extremo norte, noroeste e oeste do estado, dessa forma, os focos se concentram na porção sudeste do Estado (IMESC, 2019).

4.2.5 Focos de calor no ano de 2020

No ano de 2020, foram contabilizados um total de 16.817 focos de calor no Maranhão, representando uma diminuição de 9,20%. Desses, 13073 casos foram registrados no cerrado, um total de 77%, aproximadamente.

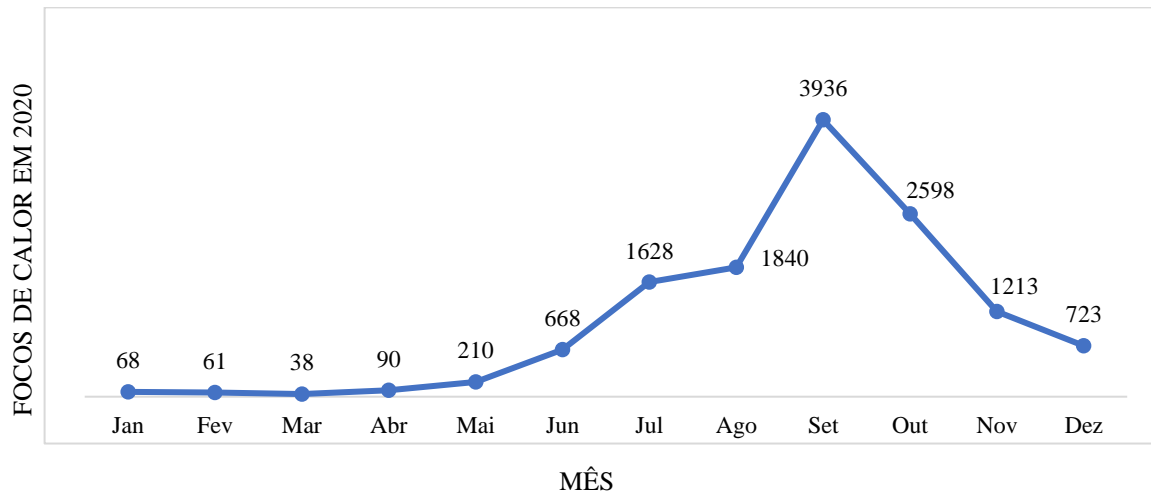
Figura 10: Mapa de Concentração dos Focos de Calor no Cerrado Maranhense em 2019.



Fonte: Autor (2021).

Nesse ano, pode-se notar que a maior frequência de casos esteve nas Regiões Sudeste e Leste do Estado, principalmente nas proximidades dos Municípios de Mirador, Fernando Falcão e Colinas. Paralelamente, a porção Nordeste também apresentou um acúmulo de casos (Urbano Santos, Barreirinhas, Santa Quitéria do Maranhão e Santana do Maranhão).

Gráfico 6: Focos de Calor no ano de 2020.

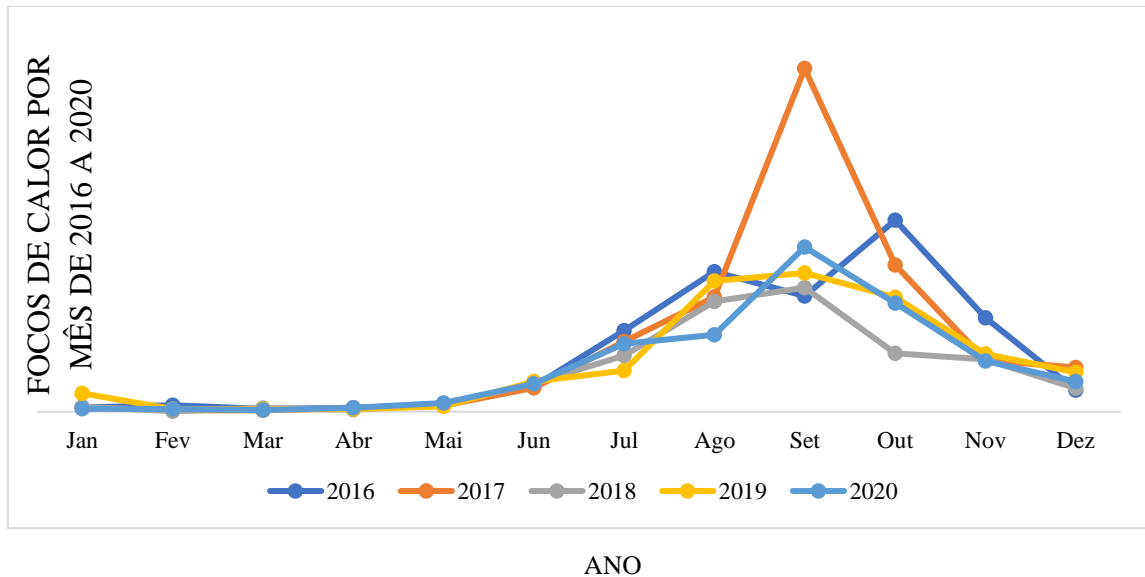


Fonte: Autor (2021).

A distribuição durante o ano manteve-se semelhante aos outros anos: aumento considerável a partir do terceiro trimestre. O ápice ocorreu no mês de setembro com 3936 casos registrados, após esse mês houve queda nos registros.

4.3 Análise por mês da série de estudo 2016 a 2020

Gráfico 7: Focos de calor por mês de 2016 a 2020.



Fonte: Autor (2021).

O gráfico 06 mostra a distribuição de focos de calor durante os anos de estudo. Pode-se observar que o aumento expressivo dos casos se inicia no terceiro trimestre de todos os anos e a diminuição por volta de outubro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o exposto, observa-se que os incêndios florestais causam devastações em diferentes biomas, provocando problemas de saúde, prejuízos a economia e mortandade de espécies da fauna e flora.

Dessa forma, a atividade preventiva mostra-se como uma metodologia eficiente na mitigação de ocorrências dessa natureza. Nesse contexto, esse trabalho evidenciou a problemática de como o geoprocessamento pode influenciar nas atividades preventivas de combate a incêndio florestal no cerrado maranhense.

Assim sendo, fora feito o geoprocessamento dos focos de calor do cerrado maranhense entre os anos de 2016 a 2020, utilizando a ferramenta de kernel (mapa de calor), para ter-se uma análise mais fidedigna dos dados.

Notou-se que durante o período examinado os casos foram concentrados na região central e sudoeste do estado, com focos nas imediações dos municípios de Barra do Corda, Fernando Falcão e Mirador.

Dessarte a isso, também foi observado que os focos de calor são exponencialmente maiores no segundo semestre quando em comparação ao primeiro. Isso decorre, principalmente, pois nesse período a quantidade de chuvas é menor tornando a vegetação mais seca. Em geral, os gráficos dos números de focos de calor em cada ano apresentaram crescente a partir do mês de junho com queda por volta dos meses de novembro e dezembro.

Portanto, o trabalho preventivo deve ser realizado em duas frentes: a frente passiva e a frente ativa. Na atuação passiva o fortalecimento da campanha “Maranhão sem Queimadas”, protagonizada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, o qual aliado com outros órgãos realiza palestras, conscientizações e fiscalizações junto a população, é uma alternativa mitigadora dos incêndios. Essa campanha deve ser enfatizada nos municípios que apresentaram maiores concentrações de casos.

Outrossim, na frente ativa tem-se a criação de bases descentralizadas nos quartéis que houveram maiores concentrações de focos. Essas bases podem atuar construindo aceiros preventivos, realizando a queima controlada para minimizar o material combustível e mapeando as regiões para facilitar o deslocamento das tropas durante o combate.

Além disso, para que o trabalho preventivo tenha maior eficiência, é necessário que as atuações passivas e ativas sejam praticadas no período anterior aos meses com maiores registros de queimadas, ou seja, em meados dos de março, abril e maio.

Com efeito, um dos problemas observados na pesquisa é que algumas regiões que concentram focos de calor são áreas de conservação ambiental ou terras indígenas, as quais é exigido autorização de outros órgãos para realizar o trabalho de prevenção e combate.

Ademais, esse estudo pode ser ampliado para o bioma amazônico visto que esse também sofre com inúmeros incêndios florestais, elaborando o cruzamento dados com as áreas desmatadas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Juliane Borralho de et al. **Monitoramento dos focos de incêndios na Mesorregião Oeste do Estado do Maranhão.** Disponível em: <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.17.40.42/doc/1223-1230.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

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

BRASIL. **DECRETO-LEI Nº 2.848, DE 7 DE DEZEMBRO DE 1940. Código Penal.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848compilado.htm. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRASIL. **Constituição Federal.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 fev. 2021.

BRASIL. **Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 - Lei de Crimes Ambientais.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 7 ago. 2021a.

BRASIL. **DECRETO Nº 2.661, DE 8 DE JULHO DE 1998. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e flor.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm. Acesso em: 22 maio. 2021b.

BRASIL. **DECRETO Nº 6.514, DE 22 DE JULHO DE 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Código FLorestal.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 14 abr.

2021.

BRASIL. Plano de ação para prevenção e controle do desmameamento e das queimadas: cerrado. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2011.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA GEOINFORMAÇÃO.** INPE. São José dos Campos, 2001.

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.

CARVALHO, Jefferson Xavier de. **FOGO NO CERRADO: Causas e Conseqüências da Ação do Fogo no Bioma Cerrado no Município de Goiás.** 2009. Monografia (Licenciatura em Geografia). Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2009.

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

DANILO MUNIZ DA SILVA et al. **Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade.** Biodiversidade Brasileira, v. 1, n. 2, p. 26–39, 2001.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-ICMBio. **Manual para Formação de Brigadistas de Preservação e Combate aos Incêndios Florestais.** Brasília: DF, 2010. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/manulicmbio.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2021.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Relatório de Queimadas Maranhenses 2018.** Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DIAS, Genebaldo Freire. **Queimadas e Incêndios Florestais: cenários e desafios: subsídios**

para educação ambiental. Brasília: MMA. 2009.

FERRAZ, Carlos Augusto de Melo et al. **O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo.** Disponível em: [GREGIO, Nivaldo de Oliveira. **TERMODINÂMICA, UM TUTORIAL PARA ENTENDIMENTO DO CONCEITO DE ENTROPIA**, 2016. 94p. Dissertação \(mestrado\) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.](https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A155F0B71C0155FFA994AB0C85#:~:text=O uso de ferramentas de,críticas%3B aumento da “sen. Acesso em: 12 mar. 2021.</p></div><div data-bbox=)

IBAMA. **PORTARIA Nº 94-N, DE 9 DE JULHO DE 1998.** Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria_ibama_94_n_98.pdf. Acesso em: 3 jun. 2021.

INPE. **Banco de Dados de queimadas.** Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 5 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese.** Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 13 fev. 2021.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Relatório de Queimadas Maranhenses. 2018.** Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 15 mar. 2021.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Relatório de Queimadas Maranhenses 2017.** Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 15 mar. 2021

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Relatório de Queimadas Maranhenses 2016.** Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 15 mar. 2021

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Relatório de Queimadas Maranhenses 3º Trimestre 2020**. Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/show/situacao-ambiental>. Acesso em: 15 mar. 2021.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J.; TURNER, L. A. **Toward a Definition of Mixed Methods Research**. *Journal of Mixed Methods Research*, vol.1, pp.112-133, 2007

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Texto_Adicional_ConservacaoID-xNOKMLsupY.pdf. Acesso em: 2 mar. 2021.

MARANHÃO. **LEI ORDINÁRIA ESTADUAL Nº 8.528 DE 07 DE DEZEMBRO DE 2006**. Dispõe sobre a Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado do Maranhão. Disponível em: <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1824>. Acesso em: 3 jun. 2021.

MARANHÃO. **Lei 10.230, de 23 de abril de 2015**. Dispõe sobre o Lei de Organização Básica do CBMMA. Disponível em: <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=3868>. Acesso em 4 jun 2021.

MEDEIROS, Anderson Maciel Lima de. **Artigos Sobre Conceitos em Geoprocessamento**. Disponível em: <https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2012/09/E-book-Artigos-sobre-Conceitos-em-Geoprocessamento-Anderson-Medeiros.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2021.

MELO, Luiz Antonio Manaus Nunes de. **Incêndios florestais, prevenir é a solução**. Disponível em: <http://www.ambientelegal.com.br/incendios-florestais-prevenir-e-a-solucao>. Acesso em: 16 mar. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado**. BRASIL: Brasil, 2009.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de Ayres et al. **Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis**. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a06v20n1.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2021.

OLIVEIRA, Jean Carlos Pinto De Arruda. **GEOPROCESSAMENTO: UMA ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR NO BIOMA AMAZÔNIA DO ESTADO DE MATO GROSSO QUE INTERFEREM NAS TOMADAS DE DECISÕES DAS ATIVIDADES DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MATO GROSSO.** Disponível em: <http://revistacientifica.pm.mt.gov.br/ojs/index.php/semanal/article/view/268>. Acesso em: 19 fev. 2021.

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.

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

ANEXO**DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE**

Eu, Aspirante a Oficial BM, **Abisaer** Lima Lago Junior declaro para todos os fins que meu trabalho de fim de curso intitulado “**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA PREVENÇÃO A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO CERRADO MARANHENSE**” é um documento original elaborado e produzido por mim.

Dados do Orientador:

Nome/Grau/Hierarquia: CAP QOCBM Yury Ribeiro **Calisto**.

Filiação/Instituição: Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão.

E-mail: yuryes.k@gmail.com.

Telefones: (98) 98246-7623.

Abisaer Lima Lago Junior
ASP OF BM
MATRÍCULA: 06873421-00

ABISAER LIMA LAGO JUNIOR

DISCENTE

CPF: 066.584.543-02