



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA I**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ESTUDOS TERRITORIAIS – PROET**

**LAYSLA KAROLLINE SILVA ARAÚJO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO SEMIÁRIDO:  
ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR EM MUCUGÊ (BA), ENTRE O  
PERÍODO DE 2000 A 2022.**

**SALVADOR – BAHIA**

**2024**

**LAYSLA KAROLLINE SILVA ARAÚJO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO SEMIÁRIDO:  
ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR EM MUCUGÊ (BA), ENTRE O  
PERÍODO DE 2000 A 2022.**

Dissertação apresentada à Linha de Pesquisa Planejamento, Ordenamento e Gestão Territorial e Ambiental do curso de Pós-graduação em Estudos Territoriais - PROET, do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I, como requisito obrigatório para obtenção do título de mestre em Estudos Territoriais pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB.

**Orientador:** Prof. Dr. Sirius Oliveira Souza

**SALVADOR – BAHIA**

**2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca Professor Edivaldo Machado Boaventura – UNEB – Campus I

Bibliotecária: Célia Maria da Costa - CRB-5/918

A663d Araújo, Laysla Karolline Silva

Distribuição espacial das queimadas no semiárido: análise dos focos de calor em Mucugê (Ba), entre o período de 2000 e 2022 / Laysla Karolline Silva Araújo . – Salvador, 2024.

67 f. : il.

Orientador: Sirius Oliveira Souza.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Campus I. Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais – PROET, 2024.

Contém referências.

1. Queimada – Mucugê (BA). 2. Queimada – Aspectos ambientais – Mucugê (BA). 3. Parque Nacional da Chapada Diamantina (BA). 4. Sistema de informação geográfica. 5. Incêndios florestais – Mucugê (BA). I. Souza, Sirius Oliveira. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Campus I. III. Título.

CDD: 363.7396098142

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA I**  
**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ESTUDOS TERRITORIAIS – PROET**


**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**LAYSLA KAROLLINE SILVA ARAÚJO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DOS**  
**FOCOS DE CALOR EM MUCUGÊ (BA), ENTRE O PERÍODO DE 2000 A 2022.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Estudos Territoriais, do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I, da Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Salvador/Bahia, em 09 de agosto de 2024, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Mestre em Estudos Territoriais.

Salvador, 09 de agosto de 2024


**Banca examinadora:**

 Documento assinado digitalmente  
**SIRIUS OLIVEIRA SOUZA**  
Data: 12/08/2024 16:57:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Sirius Oliveira Souza – Orientador**

Universidade do Estado da Bahia - UNEB


Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

 Documento assinado digitalmente  
**CRISTIANO MARCELO PEREIRA DE SOUZA**  
Data: 09/08/2024 19:52:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Cristiano Marcelo Pereira de Souza – Membro Interno**

Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa – UFV

 Documento assinado digitalmente  
**CASSIANO GUSTAVO MESSIAS**  
Data: 09/08/2024 16:39:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Cassiano Gustavo Messias – Membro Externo**

Projeto de Monitoramento da Amazônia por Satélite (PRODES)

Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a minha família, pelo companheirismo, pela inspiração e por sedimentar a minha formação nos âmbitos emocional, afetivo, cognitivo e psíquico, em especial, a minha filha Lua, a minha mãe Itana, meu pai Jilvak, minha avó “Beré”, meu companheiro Luiz Felipe que muito se esforçaram, me apoiando sempre.

Muitos professores foram cruciais nesta jornada. Destaco Prof. Dr. Renato Barbosa Reis, orientador do Trabalho de Conclusão de Curso da graduação, que muito me incentivou a seguir estudando, a ingressar no mestrado e pelos ensinamentos contínuos. E agradeço ao Prof. Dr. Sirius Oliveira Souza, um agradecimento todo especial, pela orientação sábia, sensível, solidária e parceria ao longo dessa caminhada.

Ao Programa de Pós-graduação em Estudos Territoriais (PROET) – UNEB, por proporcionar mestrado de qualidade, professores excelentes, direcionamento acadêmico e conhecimento aos alunos.

Aos colegas mestrandos, Ítalo Teófilo, Vitoria Leticia e Natália Morena e a minha colega e amiga Deise França, pelos momentos e conhecimentos compartilhados e por tornarem o ambiente acadêmico inspirador e de apoio mútuo.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para desenvolvimento desta pesquisa, sou eternamente grato.

## RESUMO

Queimadas são ocorrências ambientais, decorrente de ignição espontânea ou provocada, comprometendo a fauna, a flora e todos os elementos integrantes da paisagem, recorrentes ou não, e que causam danos ambientais, sociais e econômicos. Nesta dissertação buscou-se compreender a distribuição espacial dos focos de calor no município de Mucugê (BA), região que compreende uma área na zona de amortecimento e entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, no semiárido baiano. Foram utilizados os dados públicos observacionais da superfície no BDQUEIMADAS, entre os anos de 2000 a 2022, perfazendo um período analisado de 22 anos. Estes dados foram espacializados, sendo compilado o grau de severidade com imagens orbitais selecionadas do satélite AQUA - EOS PM. Como parâmetros analisados, foram verificados os períodos com maior ou menor incidência de focos de calor associadas à vegetação, uso e ocupação do solo, declividade, hipsometria e densidade de vias. Observou-se no período de 22 anos, cerca de 1.001 focos de calor no município de Mucugê, sendo a maior ocorrência de focos de calor na área do PNCD. Como há riscos potenciais de ignição e propagação de queimadas na área analisada, associada a área do PNCD, há a demanda clarividente de lacunas na regulação ambiental de considerar o fator risco de queimadas como requisito para estudos futuros, minimizando perdas socioeconômicas e ambientais, e ao bioma Caatinga.

Palavras-chave: Queimadas; Parque Nacional da Chapada Diamantina; SIG.

## **ABSTRACT**

Fires are environmental occurrences, resulting from spontaneous or provoked ignition, compromising the fauna, flora and all the elements that make up the landscape, whether recurring or not, and which cause environmental, social and economic damage. This dissertation sought to understand the spatial distribution of hotspots in the municipality of Mucugê (BA), an area in the buffer zone and surrounding area of the Chapada Diamantina National Park, in the semi-arid region of Bahia. Public observational surface data from BDQUEIMADAS was used from 2000 to 2022, making up an analysis period of 22 years. This data was spatialized and the degree of severity was compiled using selected orbital images from the AQUA - EOS PM satellite. The parameters analyzed were the periods with the highest or lowest incidence of hotspots associated with vegetation, land use and occupation, slope, hypsometry and road density. Over the 22-year period, around 1,001 hotspots were observed in the municipality of Mucugê, with the highest number of hotspots occurring in the PNCD area. As there are potential risks of ignition and spread of fires in the area analyzed, associated with the PNCD area, there is a clear demand for gaps in environmental regulation to consider the risk factor of fires as a requirement for future studies, minimizing socio-economic and environmental losses, and to the Caatinga biome.

**Keywords:** Fires; Chapada Diamantina National Park; GIS.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Mapa da localização da área em estudo .....	26
<b>Figura 02:</b> Climatograma de Mucugê – BA .....	27
<b>Figura 03:</b> Fluxograma metodológico com etapas da pesquisa .....	30
<b>Figura 04:</b> Arquivo vetorial de pontos em formato shapefile .....	34
<b>Figura 05:</b> Mapa da Vegetação de Mucugê – BA .....	36
<b>Figura 06:</b> Mapa de Uso e Ocupação de Mucugê – BA .....	37
<b>Figura 07:</b> Mapa Hipsométrico de Mucugê – BA .....	38
<b>Figura 08:</b> Mapa de Declividade de Mucugê – BA .....	40
<b>Figura 09:</b> Mapa de Densidade de Vias de Mucugê – BA .....	41
<b>Figura 10:</b> Gráfico dos focos de calor nos anos de 2000 a 2022.....	42
<b>Figura 11:</b> Gráfico dos focos de calor nos anos de 2000 a 2007 .....	43
<b>Figura 12:</b> Mapas de focos de calor de 2000 a 2007 coletados no município de Mucugê – BA .....	44
<b>Figura 13:</b> Gráfico dos focos de calor nos anos de 2008 a 2015 .....	45
<b>Figura 14:</b> Mapas de focos de calor de 2008 a 2015 coletados no município de Mucugê – BA .....	47
<b>Figura 15:</b> Gráfico dos focos de calor nos anos de 2016 a 2022 .....	49
<b>Figura 16:</b> Mapas de focos de calor de 2016 a 2022 coletados no município de Mucugê – BA .....	51
<b>Figura 17:</b> Mapa de focos de calor de 2000 a 2022 coletados no município de Mucugê – BA .....	52

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	4
1.2 OBJETIVO .....	9
1.2.1 GERAL .....	9
1.2.2 ESPECÍFICOS .....	9
1.3 JUSTIFICATIVA .....	9
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>12</b>
2.1 QUEIMADAS E CONSEQUÊNCIAS NA BIODIVERSIDADE .....	12
2.2 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE QUEIMADAS .....	17
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
4.2 ANÁLISE FOCOS DE CALOR .....	38
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

### 1.1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o fogo é utilizado em grande escala pelos seres humanos com diferentes finalidades para modificar o ambiente, como, instrumento de manejo agrícola, por exemplo. Contudo, o uso indiscriminado do fogo tem contribuído com os danos naturais, materiais e humanos. Para Lopes (2013), a propagação do fogo que resulta em incêndios florestais é mais frequente em áreas que possuam condições climáticas e vegetação favoráveis à queima. Seja por combustão natural ou provocadas por ações antrópicas, associadas ao uso de queimadas nas atividades agropastoris, o que tem causado danos ambientais ao Brasil.

Assim, no Brasil, os incêndios florestais são considerados um dos principais problemas ambientais, conceituado como um dos fatores essenciais que influenciam para a destruição e ameaça a biodiversidade das florestas (Lopes *et al.*, 2018). Além de todos os problemas de percepção imediata que o impacto do fogo causa por onde passa, a emissão dos gases resultantes da queima da biomassa posiciona o país como um dos maiores emissores de gases do efeito estufa no planeta, contribuindo com o aquecimento global e suas conseqüentes alterações climáticas, além dos prejuízos sociais, econômicos e ambientais (IBAMA, 2018).

Segundo Althoff *et al.*, (2016), os incêndios naturais na Caatinga são raros tanto porque a sua vegetação não fornece combustível contínuo e facilmente inflamável (de Queiroz *et al.*, 2017) como porque há uma baixa incidência de raios na região (Pinto, 2008). Em consequência, a flora e a fauna da Caatinga carecem de adaptações a queimadas frequentes. Portanto, a Caatinga é classificada como independente do fogo considerando-se condições e regimes naturais de fogo (Pivello, 2011). No entanto, devido às recentes atividades humanas, a Caatinga tem sido cada vez mais afetada por incêndios que a sujeitam à degradação (Althoff *et al.*, 2016) e podem transformá-la num sistema sensível ao fogo.

Estudos para a compreensão da caatinga brasileira e baiana apontam fatores considerados imprescindíveis para o fogo em ambientes naturais e o comportamento nesses ambientes tais como: topografia, materiais combustíveis e fatores climáticos. Estes elementos podem possibilitar a elaboração estratégica do perfil de risco de

incêndio na região em estudo, prevenindo o início do ciclo do fogo, possibilitando a elaboração de medidas preventivas (Leal, 2003).

Além disso, o ciclo do fogo pode ser considerado um regime que possui um padrão de ocorrência, e a compreensão dele, por meio de estudos, busca entender as condições favoráveis para o início do fogo, a partir de dados referentes a períodos de queimadas anteriores, fornecendo indicadores dos elementos que o provocam, os intervalos de tempo e espaço em que ocorrem (Melo; Justino; Lemos; Sediyaama; Ribeiro, 2011).

Ainda segundo Melo *et al.*, (2011), sejam curtos ou longos, a compreensão dos ciclos do fogo é relevante para a elaboração de projetos de empreendimentos e visualização de melhor período para o turismo na região da Caatinga, tendo em vista que as ocorrências cíclicas de queimadas podem acarretar prejuízos significativos as pessoas, bem como, por vezes, as pessoas podem provocar a ignição do fogo.

Assim, existem condições de risco permanente na região de Caatinga, seja por combustão natural ou induzido. E para minimizar os riscos, os mecanismos de previsibilidade efetiva dos ciclos do fogo e informações de ações preventivas devem ser constantes, bem como o estabelecimento de medidas de controle para a ignição que possam ser provocadas pelos empreendimentos e turistas. Apesar da legislação brasileira (Brasil, 1965; Brasil, 1967; Brasil, 1981; Brasil, 1988; CONAMA, 1997) apontar à necessidade da manutenção da biodiversidade, há lacunas quanto às políticas de prevenção de incêndios, especialmente naqueles localizados em áreas interioranas semiáridas, O que pode provocar o aumento dos riscos naturais, econômicos e sociais decorrentes das mesmas.

Com isso, o fogo está presente na história, na rotina da humanidade e sua dominação foi indicativo de evolução. No entanto, segundo Melo; Justino; Lemos; Sediyaama e Ribeiro (2011), o uso indiscriminado desse fogo acarreta danos ambientais, alcançando esferas globais, com a emissão de gases do efeito estufa, seja pela queima de biomassa, limpeza vegetal para expansão das fronteiras agrícolas, transformando Cerrados e florestas em pastagens ou renovando cultivos, sendo imprescindível dimensionar os riscos/efeitos diretos das queimadas (destruição

da flora, erosão e empobrecimento do solo), além dos indiretos como alterações climáticas, inclusive o aquecimento global.

A fim de compreender o conceito de incêndio e de queimadas, faz-se necessário explicar suas diferenças e particularidades, apresentando os conceitos de cada uma delas, segundo as definições propostas pelo IBAMA/MMA. Segundo exposto na página oficial do órgão do governo brasileiro – IBAMA, quanto ao fogo refere-se ao desenvolvimento simultâneo de calor, luz e/ou chama, produzido pela combustão viva de algum material combustível; o foco de calor é o registro de calor detectado na superfície do solo por sensores a bordo de satélites de monitoramento; já a queimada é um procedimento de manejo agropastoril que utiliza o fogo para limpeza da área de cultivo ou mesmo para queima de restos de produção; e o incêndio florestal é o fogo fora de controle em qualquer tipo de vegetação; muitas vezes ocasionado por queimadas mal aceiradas/monitoradas, ou não autorizadas devidamente (IBAMA, MMA, s.d.).

Em vista disso, anualmente no Brasil são registradas inúmeras ocorrências de incêndios, as quais foram e são responsáveis pela realização de programas de governo voltados exclusivamente para o combate e prevenção, dentre eles, o Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais (Previncêndio), o Sistema Nacional de Informação sobre o Fogo (Sisfogo), o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e as diversas ações de conscientização ambiental, como o lançamento de cartilhas de como prevenir incêndios florestais; palestras conscientizadoras realizadas por bombeiros e/ou brigadistas em povoados e comunidades do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD). No Estado da Bahia, a região da Chapada Diamantina, é uma das que mais sofrem com as queimadas, isto obriga o Parque Nacional da Chapada Diamantina, a gastar muito dos seus recursos financeiros em ações de combate e controle dos incêndios (Silva, 2013).

Nesse sentido, os incêndios florestais são causados em sua maioria por atividades humanas, dentre elas pode-se citar a ampliação de áreas agropecuárias, extração de produtos não madeireiros e produção de carvão vegetal (Hardesty; Myers; Fulks, 2005; FAO, 2010). Na Chapada Diamantina há registros de queimadas em grandes extensões de seu território, abarcando trechos do Cerrado e suas formações

campestres, dos campos rupestres atingindo espécies endêmicas e da Mata Atlântica, principalmente nas nascentes que alimentam rios importantes. De acordo com Conceição e Pivello (2011), as vegetações campestres que, correspondem a 76,8% do PNCD, são muito inflamáveis associadas aos períodos secos e a ação pronunciada do vento, o que facilita a propagação das chamas.

Entretanto, segundo Araújo (2015), a compreensão de fatores ambientais associados ao conhecimento do espaço e do tempo em que as queimadas ocorrem, permite melhorar o gerenciamento e a prevenção de ocorrências, assim como contribuir para subsidiar políticas públicas no planejamento territorial.

Nesse contexto, Batista (2004) apresenta alternativas além do processo fiscalizatório, em caráter continuado, tais como as atividades educacionais e de sensibilização, em especial os agricultores; o monitoramento dos incêndios; a construção de mapas de risco e monitoramento do clima; o controle de acesso e a formação de brigadas (Batista, 2004, p. 237-241).

Nessa conjuntura, o sensoriamento remoto também passou a se constituir como uma ferramenta indispensável que permite observar todo o globo com uniformidade, mesmo áreas extensas e de difícil acesso, visto que um mesmo sensor é utilizado para observar lugares diferentes e de forma contínua pelas séries temporais (Pereira; Chuvieco; Beaudoin; Desbois, 1997). Após o advento destes satélites os estudos ambientais deram um salto enorme em termos de qualidade, agilidade e número de informações, pois através de seu uso é possível, dentre tantas funções, identificar as áreas de incêndio e queimada.

Para Silva *et al.* (2013), os dados de focos de calor, extraídos de imagens de satélites, para identificação das áreas de ocorrência de incêndios, contribuem de forma eficaz na prevenção, no monitoramento e combate destes eventos. A partir destes dados, informações e estimativas sobre localização, período e frequência dos incêndios são geradas, evidenciando sua dinâmica espaço/temporal na área de ocorrência.

Já para Miranda (2010), nas áreas queimadas é possível obter estimativas mais precisas das alterações ambientais, como queima de biomassa, detecção de focos ativos, delimitação da área atingida por incêndios, intervalos de retorno do fogo, níveis

de regeneração florestal, ecossistemas atingidos, mudanças de temperatura, severidade do incêndio, estratificação de risco e estratégia de manejo. Tais ferramentas possibilitam uma melhor gestão das áreas afetadas.

As cinzas e o carvão são resultado de diferentes regimes de fogo: cinzas de coloração branco-acinzentada são o resultado da combustão completa da biomassa disponível e são registradas em incêndios de temperaturas mais elevadas; já o carvão é um resíduo resultante de combustão incompleta e é encontrado em regimes de fogo menos intensos (Smith; Hudak, 2005). Embora importantes marcadores de incêndios florestais, as cinzas e supressão vegetal apresentam limitações para aferições, a primeira sofre alteração com ação dos ventos, enquanto a segunda pode ser confundida com outras ações antrópicas como desmatamento (Giglio *et al.*, 2006; Bastarrika; Chuvieco; Martín, 2011).

Desta forma, o uso do sensoriamento remoto, permite uma análise detalhada no que diz respeito aos estudos de ocorrências de queimadas, visto que é possível obter resultados espaciais acurados sobre a localização da ocorrência do fogo, locais críticos de recorrências de queima e variabilidade temporal, o que permite uma abordagem sistemática em termos de gerenciamento e planejamento de ações preventivas e de controle do fogo. Além do mais, melhores observações do comportamento do fogo e estimativas melhoradas de impactos por ele gerados podem reduzir a incerteza e melhorar a previsão de feedbacks futuros (Mouillot *et al.*, 2014).

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 GERAL**

Compreender a distribuição espacial dos focos de calor no município de Mucugê (BA), entre o período de 2000 a 2022.

### **1.2.2 ESPECÍFICOS**

- Caracterizar os aspectos ambientais do município de Mucugê/BA.
- Investigar a distribuição espacial dos focos de queimadas em Mucugê/BA.
- Entender as consequências das ocorrências de queimadas no município, com foco no mapeamento dos focos de calor, a fim de amparar o diagnóstico dos principais impactos ambientais locais.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O território da Chapada Diamantina, composto pelos municípios de Abaíra, Andaraí, Barra da Estiva, Boninal, Bonito, Ibicoara, Ibitiara, Iramaia, Iraquara, Itaetê, Jussiape, Lençóis, Marcionílio Souza, Morro do Chapéu, Mucugê, Nova Redenção, Novo Horizonte, Palmeiras, Piatã, Rio de Contas, Seabra, Souto Soares, Utinga, Wagner, registra o maior número de focos de incêndio durante o período de setembro a dezembro anualmente, embora normalmente não seja aquele onde se encontram as maiores extensões queimadas, segundo dados do IBAMA (2008). Esses municípios concentram a maior parte da renda no turismo, e a queimada afeta de maneira direta essa renda. Por isso, o Poder Público tem investido em monitoramento e mapeamento dos focos de calor neste local.

A mensuração dos focos de queimadas é indispensável na medida em que é cada vez mais necessário conhecer e compreender os efeitos que provocam nas atividades turísticas, visando subsidiar as atividades de planejamento das ações prioritárias a serem tomadas, para assegurar a qualidade dos serviços turísticos.

Além disso, a Chapada Diamantina é uma região do Brasil situada no centro da Bahia que é acometida por grandes incêndios todos os anos, que destroem extensas áreas de caatingas, cerrados, florestas e campos rupestres, impactando trechos de vegetação em nascentes e margens de rios, importantes ao abastecimento de água à população (Conceição, 2000).

A destruição de maneira rápida desses ecossistemas na Chapada Diamantina nos últimos anos ocasionou degradação ambiental acentuada em vários locais, havendo necessidade de intervenções humanas para sua recuperação. A preservação da biodiversidade, que pode ser perdida, tem grande valor científico e possibilita o uso da região para fins didáticos, como o treinamento de jovens em diversos tópicos da história natural, servindo também para educar e informar o grande público a respeito do valor do patrimônio natural (Harley, 1995). O prejuízo provocado pelas queimadas e o desconhecimento dos processos envolvidos na regeneração dos ecossistemas de campo rupestre na Chapada Diamantina indicam a necessidade de estudos para o reconhecimento dos efeitos do fogo sobre sua vegetação.

Nesse sentido, este trabalho também se legitima frente ao Parque Nacional da Chapada Diamantina, estabelecido pela Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), que considera, entre seus princípios fundamentais, uma Unidade de Conservação de proteção integral, e por isso apenas admite-se o uso indireto de seus recursos naturais, salvo aquelas permitidas.

Além disso, justifica-se este trabalho, na necessidade de conhecer e compreender o efeito ambiental das queimadas, pois tal fenômeno afeta a configuração geográfica natural. Em suma, compreender esses efeitos é de extrema importância para que sejam traçadas as estratégias que auxiliem a mitigação dos efeitos negativos das queimadas sobre as atividades rotineiras e conseqüentemente a economia da região.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 QUEIMADAS E CONSEQUÊNCIAS NA BIODIVERSIDADE

De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio, 2010) há diferença entre incêndio florestal e queima controlada, onde incêndio florestal é todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência) como por causa natural (raios). E a queima controlada é uma técnica agrícola ou florestal em que o fogo é utilizado de forma racional, em outras palavras, tendo o controle da sua intensidade, e limitado a uma área predeterminada, atuando como um fator de produção.

Este incêndio florestal, além de destruir a vegetação nativa e ocasionar a morte de muitos animais selvagens, também pode causar prejuízos financeiros e colocar em risco a vida de pessoas. Pois podem atingir não só lavouras, pastos e áreas naturais, mas também casas, galpões, instalações rurais, entre outros. Ademais, muitos criadores de gado e de outros animais costumam queimar o pasto para os animais comerem a rebrota, porém pela falta de cuidado, esse fogo avança para outras áreas, tornando-se um incêndio florestal. Além dessa técnica, queimar a vegetação, para matar plantas nativas e substituir por lavouras, é aceito por alguns povos indígenas, pequenos e médios agricultores e grandes fazendeiros, porém essa forma de preparar o terreno enfraquece a terra (Bond; Van Wilgen, 1996).

Já para Neary *et al.* (1999), quando ocorre um incêndio, a terra perde nutrientes sem a cobertura de folhas e galhos secos. Dessa forma, diminui a capacidade de retenção de umidade do solo, ou seja, diminui a vida do solo, como as minhocas, fungos, bactérias, entre outros que melhoram a terra para as plantas crescerem saudáveis. Assim, a maior parte da água da chuva não penetra no solo, dificultando a recarga dos lençóis freáticos (água armazenada debaixo da terra que abastece nascentes e poços).

Uma outra causa é a desocupação acompanhada da imprudência e negligência, pois utilizam-se de fogueiras sem os devidos cuidados causando incêndios, na maioria das vezes. Ou mesmo a queima de resíduos sólidos, prejudicando o ambiente com a poluição do ar e podendo causar incêndios. Além do

mais, sabemos também que, queimar lixo, desperdiçar materiais que podem ser reciclados, reaproveitados ou utilizados para fazer adubação (Brasil, 1989).

Assim, os incêndios florestais são considerados um dos principais problemas ambientais do Brasil, conceituado como um dos fatores essenciais que influenciam para a destruição e ameaça a biodiversidade das florestas (Lopes *et al.*, 2018). Além de todos os problemas de percepção imediata que o impacto do fogo causa por onde passa, a emissão dos gases resultantes da queima da biomassa posiciona o país como um dos maiores emissores de gases do efeito estufa no planeta, contribuindo com o aquecimento global e suas conseqüentes alterações climáticas, além dos prejuízos sociais, econômicos e ambientais (IBAMA, 2018).

Ainda por consequência desses incêndios causados com a queima de resíduos, o gás carbônico, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, é liberado em enormes quantidades no ar, assim, várias pesquisas indicam que isso pode provocar um superaquecimento global e ter efeito desastroso em toda superfície terrestre. Ademais, a grande quantidade de fumaça produzida diminui a quantidade de chuvas, e liberam partículas, como a fuligem, que não deixam as nuvens ficarem carregadas, o que é discutido na obra de Neary *et al.* (1999).

Além disso, a fumaça gerada pelos incêndios florestais resulta em vários problemas de saúde às pessoas. Os principais são os problemas respiratórios (bronquite, asma, infecções); problemas do coração e do sistema nervoso; dores de cabeça e náuseas; conjuntivite; alergias e intoxicações; maior ocorrência de câncer, dentre outros. E a cura para muitas dessas e de outras doenças se dá pelo uso de remédios feitos à base de plantas nativas e de substâncias extraídas de alguns animais. Porém, com a degradação da fauna e da flora e, conseqüentemente, um desequilíbrio ambiental, há um considerável impacto não só na possível cura das doenças, como também na cadeia alimentar, prejudicando o ciclo da vida (Brasil, 2020).

Assim, os incêndios florestais são considerados um dos principais problemas ambientais do Brasil, conceituado como um dos fatores essenciais que influenciam para a destruição e ameaça a biodiversidade das florestas (Lopes *et al.*, 2018). Além de todos os problemas de percepção imediata que o impacto do fogo causa por onde

passa, a emissão dos gases resultantes da queima da biomassa posiciona o país como um dos maiores emissores de gases do efeito estufa no planeta, contribuindo com o aquecimento global e suas conseqüentes alterações climáticas, além dos prejuízos sociais, econômicos e ambientais (IBAMA, 2018).

Como consequência das profundas alterações pelas quais vêm passando, a Caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se encontra instalada, existindo uma relação estreita entre este tipo de degradação, a vegetação e os solos, sendo o seu desenvolvimento iniciado com as modificações que venham a diminuir a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados, aumentando os processos erosivos e deteriorando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo (CCD, 1995).

A área do Parque Nacional da Chapada Diamantina está inserida no semiárido baiano, integrante no Nordeste brasileiro, caracterizada pela escassez e sazonalidade das chuvas, constando ecossistemas vulneráveis, com processo natural de desertificação (condições climáticas e de solo), centro de discussões preservacionistas à sobrevivência das espécies endêmicas e humanas que ocupam o território (Araújo; Souza, 2011). Inseridas no bioma Caatinga ocupando 11% do território nacional, presente nos estados nordestinos: AL; BA; CE; PB; PE; PI; RN; SE e MG (Sudeste) (Silva *et al.*, 2009; Sá; Angelotti, 2009).

Ainda, a Caatinga, ou chamada também de Domínio das Caatingas, por apresentar ampla variedade de paisagens e de espécies endêmicas, é um bioma exclusivamente brasileiro; ou seja, suas características não são encontradas em outras localidades (AB'SÁBER, 2007). Este é extremamente afetado pelos incêndios originados, predominantemente, por atividades humanas. Assim a Caatinga apresenta um alto nível de degradação por atividades antrópicas e fenômenos naturais, relacionados com aspectos climáticos, tais como a seca, altas temperaturas, *deficit* de água, baixa umidade e ocorrência de incêndios (Mariano *et al.*, 2018).

Segundo o INPE (2022), as formações savânicas cobrem a maior parte da Caatinga e são o tipo de uso e cobertura natural com maior ocorrência de fogo, representando 79% de 1985 a 2022. E após essas formações, as regiões mais

suscetíveis ao fogo seguem na ordem de áreas de Pastagem, áreas de Formações Florestais e Campestres de vegetação nativa (Vieira, 2021).

É de fundamental importância entender que as queimadas são uma das principais ameaças à vida, à saúde e aos meios de subsistência humana, ao desenvolvimento econômico e ao sistema ambiental. Florestas e outros ecossistemas continuam sendo ameaçados pela degradação descontrolada e pela conversão a outros tipos de usos de terra, influenciados pelo aumento das necessidades humanas como a expansão agrícola, gestão ambiental inadequada, falta de um sistema de controle de incêndio efetivo, insustentabilidade da exploração madeireira, entre outros (Souza, 2008).

Ainda segundo Souza (2008), há vários impactos negativos – naturais, sociais e econômicos – são gerados pela ocorrência de queimadas. A interrupção na operação de aeroportos e acidentes em rodovias por falta de visibilidade; interrupção do fornecimento de energia elétrica por problemas nas linhas de transmissão; alterações na química da atmosfera e no ciclo hidrológico, causando aquecimento da atmosfera, enchentes, erosões e afetando a produtividade agrícola; aumento nas taxas de internações hospitalares e na incidência de casos de mortalidade por doenças respiratórias e cardíacas são exemplos rotineiros desses impactos.

Para tanto, alguns dispositivos legais chamam atenção à prevenção, combate e fiscalização de incêndios. Na Bahia, o Decreto nº 8.394, de 13 de dezembro de 2002, elaborou o Plano de Ações Interagências para Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, com o objetivo de dotar o Estado da Bahia de modernos e eficazes mecanismos de prevenção e combate aos incêndios florestais. Esse decreto foi de extrema necessidade, pois a ocorrência de incêndios florestais vem aumentando consideravelmente no Estado, destruindo os recursos naturais e seus ecossistemas associados (Bahia, 2002).

Além dos dispositivos federais, cabe a cada estado e município elaborar seus normativos próprios. Em 2005 foi criado na Bahia a Câmara Técnica do Fogo junto ao Conselho Consultivo do Parque Nacional da Chapada Diamantina (CONPARNA-CD), com a responsabilidade de criar o Plano de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais no PNCD e sua Zona de Amortecimento (ZA). Para o combate ao fogo no

PNCD e sua ZA são empregados o Corpo de Bombeiros, os brigadistas voluntários, a Companhia de Polícia Ambiental do Cerrado (CIPPA) e técnicos do INEMA, com apoio do ICMBIO, IBAMA e do PREVFOGO. A ação de combate ao fogo é feita em conjunto, buscando sempre modernizar as estratégias de combate aos incêndios, como o Projeto de Chuvas artificiais que utiliza a tecnologia de sementeira de nuvens. A técnica de sementeira de nuvens tem sido discutida por especialistas, pois modifica o regime de chuvas, o que pode gerar outras consequências para a fauna e a flora, além de ser uma estratégia com custo muito superior se comparado a outras com eficiência similar (Batista, 2014).

De acordo com o Art. 1º e 5º da Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017, a prevenção e combate a incêndio e desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público e a fiscalização do cumprimento das disposições desta Lei é de responsabilidade da respectiva administração municipal, a ser realizada de forma e em horários que não causem constrangimento aos clientes do estabelecimento. Além disso, a Lei determina que cabe ao Corpo de Bombeiros Militar (CBM), planejar, analisar, avaliar, vistoriar, aprovar e fiscalizar as medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público, sem prejuízo das prerrogativas municipais no controle das edificações e do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano e das atribuições dos profissionais responsáveis pelos respectivos projetos, e em municípios que não tiverem CBM instalada, podem criar e manter serviços de prevenção mediante convênio com a respectiva corporação militar estadual (Brasil, 2017).

Ademais, o Projeto de Lei nº 2.465, de 13 de setembro de 2022, pretende criar o Sistema Nacional de Prevenção, Combate e Monitoramento de incêndios florestais – SISFLOBRAS e o Comando Nacional de Combate a Incêndios Florestais – CONFLOBRAS, alterando a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e a Lei nº 10.410, de 11 de janeiro de 2002, que cria e disciplina a carreira de Especialista em Meio Ambiente. Desta forma, o SISFLOBRAS será criado para ações coordenadas de monitoramento, investigação, inventário de equipamentos, formação de comandos, gestão de contingentes, coordenação de pessoal e curso de formação de tropas com pessoal especializado,

para pronto-emprego no combate a incêndios florestais e desastres naturais correlatos (Brasil, 2022).

Tanto a Lei Federal e o Projeto de Lei quanto o Decreto Estadual possuem contribuições importantes para a prevenção a incêndios, neles são dispostos os mecanismos de prevenção, os órgãos de fiscalização e a importância legislativa para situações de incêndios em estabelecimentos e em locais públicos, não só em zona urbana como também em zona rural e de florestas.

De acordo ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1990), as altas concentrações de fumaça além de violarem os padrões de qualidade do ar previstos em suas Resoluções que fixam os padrões de qualidade, ainda afetam a cada ano a saúde da população localizada em regiões com ocorrência e recorrência de queimadas. A poluição mata pessoas e a expectativa de vida fica reduzida. Sendo crianças, idosos e moradores das regiões mais pobres os mais afetados (Duarte, 2005).

Desta forma, o registro temporal é um processo chave para a compreensão dos regimes de fogo, recorrência, recuperação da biomassa e dimensões, sendo imprescindível para a gestão florestal na compreensão da dinâmica de risco de incêndio e para o desenvolvimento de métodos eficazes de alertas precoces (HUESCA e cols., 2014; MOUILLOT, 2014).

## **2.2 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE QUEIMADAS**

Considerando o cenário nacional frente ao aumento da ocorrência de focos de calor, várias metodologias e técnicas vêm sendo empregadas no monitoramento, emissão de alertas, prevenção e sua mitigação. Dentre estas, destaca-se a utilização das geotecnologias, representadas principalmente pelos dados oriundos de Sensoriamento Remoto, softwares de geoprocessamento, dados de GPS (Global Positioning System), da cartografia digital, da fotogrametria e da topografia, que progrediram e evoluíram rapidamente nos últimos anos. Conceitualmente, as geotecnologias podem ser definidas como “as tecnologias envolvidas na aquisição, processamento e manipulação de dados espaciais, possibilitando o armazenamento e apresentação de informações espaciais” (Gonzalez; Costa, 2016).

Segundo Silva (2001), o Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que atua sobre bases de dados georreferenciados, para os transformar em informação relevante. Sabe-se que criar dados não significa diretamente gerar informação, mas a obtenção de informação, originada a partir dos registros de ocorrência (dados), somente se concretiza se os dados são integrados ao referencial adequado. No Geoprocessamento, o referencial é o contexto ambiental e a geração da informação pela integração racional dos dados ambientais pode ser denominada geoinclusão.

Uma outra definição pode ser adotada para o Geoprocessamento, disposta por Silva (2001), como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, atuando sobre base de dados georreferenciados propicia a geração de análises e sínteses que consideram, adequadamente, as propriedades intrínsecas e geotopológicas dos eventos e entidades identificados, criando informação relevante para apoio à decisão quanto aos recursos ambientais.

O termo “geoprocessamento” refere-se à área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Relacionando-se entre as geotecnologias e o geoprocessamento estão os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que correspondem às ferramentas computacionais que permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diferentes origens e ao criar banco de dados georreferenciados (Câmara; Davis; Monteiro, 2001). Campos-Garcia *et al.* (2019) ainda destaca que nos últimos anos vem ocorrendo um aumento na disponibilidade de softwares com tecnologia SIG, e, em alguns casos, estes podem ser encontrados gratuitamente na Internet. Com essa evolução, tornou-se cada vez mais viável a realização de análises complexas com informações espaciais e não espaciais e modelar futuros cenários no âmbito dos desastres.

Para Schimith, Faria e Schimith (2007), a combinação do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica em análises de cunho ambiental, como no caso dos desastres naturais e tecnológicos, permite uma investigação detalhada das relações espaciais pertencentes a um ambiente-alvo, configurando-se em um sistema de apoio à decisão.

Ainda sobre o conceito de geotecnologia, a Embrapa o aborda como uma área de investigação que gera soluções, a partir da localização geográfica de objetos e fenômenos, tanto para atividades cotidianas quanto para o setor produtivo e políticas públicas. Por um lado, colabora para a compreensão e desenvolvimento da ciência geográfica, por outro, busca analisar de que maneira o uso desse instrumental tecnológico nas diversas atividades humanas contribui no processo de (re)produção do espaço geográfico, uma vez que são utilizadas como meio de orientação e tomada de decisão (Matias, 2005).

O advento das chamadas geotecnologias (o que inclui Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global – GPS, Sistema de Informações Geográficas – SIG) se enquadra nesse contexto à medida que fazem parte da tendência de construção de uma infraestrutura voltada para aquisição, processamento e análise de informações sobre o espaço geográfico que busca racionalizar o processo de tomada de decisão. Nas condições sociais e econômicas do mundo atual, faz-se necessário decidir de forma correta e no menor tempo possível, aliando eficiência e eficácia (Matias, 2005).

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto consiste na técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto (Meneses; Almeida, 2012). A respectiva técnica é uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global, cujo processo para produção de imagens se dá através da utilização da radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, como o Radar (Moreira, 2005).

Além dos conceitos de incêndio florestal e queima controlada, importante entender também sobre foco de calor, pois é a detecção, através de sensores embarcados em satélites de um ponto na superfície terrestre, que apresenta temperatura de brilho, da ordem de 47 °C, que chega ao sensor, estes sensores atuam na faixa do infravermelho-médio próximo a 4 mm, possibilitando a detecção de energia emitida por corpos em chamas comum na faixa de 3,7 a 4,1 mm (INPE, 2007).

A utilização de geotecnologias para o mapeamento das queimadas não distingue queima controlada de incêndio florestal. No entanto, por dedução, podemos inferir que grandes queimadas com perímetro irregular são incêndios florestais, sendo a cartografia de áreas queimadas fundamental para o aprimoramento e a manutenção das atividades preventivas, aumentando a eficiência técnica e econômica dos trabalhos de controle deste sinistro (Fonseca; Ribeiro, 2003). Visto que, um sistema de gestão de prevenção, controle e fiscalização de queimadas deve identificar, de forma rápida, precisa e economicamente acessível, os limites das áreas queimadas (Bastarrika; Chuvieco, 2006).

Os focos de calor podem ser localizados em tempo real ou através de vestígios de áreas queimadas, podendo ser identificado em imagens de até 3 anos após a ocorrência do fogo (França; Ramos; Setzer, 2007). É necessário salientar que a relação de queimada e foco de calor não é direta, sendo que um foco de calor pode corresponder a várias queimadas ou a uma única queimada dentro de um mesmo pixel, em contrapartida uma queimada de grande extensão é detectada por um grupo de pixels vizinhos que resultam em vários focos de calor conexos a uma única queimada (Bittencourt Bazzan; Lahm, 2013).

De acordo com o INPE (2007), nem todas as queimadas são detectadas, havendo alguns obstáculos como: frentes de fogos com menos de 30m, fogo no chão sem afetar copas, nuvens cobrindo a área de observação sendo este um dos principais agravos ao monitoramento, além disso fogo em encosta de montanhas e por fim a imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 1 km, mas podendo chegar a 6 km.

É irrefutável que o uso de geotecnologias é fundamental para a gestão de territórios, em especial os de grande extensão, uma vez que, tais técnicas são possíveis obter rapidamente informações atualizadas, facilitando o planejamento e gestão do território, permitindo levantar novas hipóteses de impactos ambientais futuros e elaborar mecanismos que auxiliem na desaceleração do desmatamento e nas medidas mitigadoras (Fitz, 2008). Em relação ao fogo, os atuais recursos computacionais voltados ao geoprocessamento, como o Sistema de Informação Geográfica/SIG e o sensoriamento remoto, permitem análises espaciais e temporais que facilitam estudos de prevenção e combate a incêndios (Pezzopane *et al.*, 2012).

Assim, para Carvalho-Júnior (2018), devido às características de periodicidade de imageamento, visão sinóptica e informações multiespectrais e multi espaciais, as imagens produzidas pelos sensores remotos se caracterizam como ferramentas úteis na observação do alvo e avaliação integrada do ambiente, pois minimizam custos e facilitam o monitoramento da dinâmica e transformação da paisagem.

No que consiste às aplicabilidades, é relevante destacar as pesquisas internacionais, que atestam a necessidade de um reconhecimento dos focos de calor a fim de subsidiar o planejamento ambiental de distintas áreas. Alguns autores como Manso *et al.* (2010), Armenteras-Pascual *et al.* (2010), Fuentes-Santos, Marey-Pérez e González-Manteiga (2013), Collins *et al.* (2013), Adámek *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2018) pesquisaram sobre as diversas aplicabilidades desse instrumento, apontados em síntese, a seguir.

Manso *et al.* (2010) declara a importância do mapeamento de queimadas como um método para estudos de análise de estatísticas evolutivas de densidades de efetivos pecuários e de população, durante o período de 1930 e 2001. Essa pesquisa foi composta pelo georreferenciamento de cada ocorrência de fogos relativos ao período Outono-Primavera de 2007, em três sítios da região Norte de Portugal: Alvão/Marão, Montemuro e Barroso/Larouco. Em cada ocorrência foi descrita a dimensão das áreas aridas e os respectivos efeitos na vegetação e na erosão e avaliada a severidade do fogo.

Ainda, o estudo de Manso *et al.* (2010) mostrou que era possível implementar e melhorar as metodologias de participação cidadã. Este poderia ser um caminho viável para uma gestão florestal mais eficaz e prevenção de incêndios, uma vez que pode ajudar a atenuar os conflitos de interesse na gestão do espaço florestal. Porém, para que a participação seja realmente efetiva e representativa, era necessária uma política de capacitação e conscientização sobre a importância da informação.

Com foco em problemáticas do clima, Armenteras-Pascual *et al.* (2010) propuseram o uso do mapeamento de queimadas para subsidiar um desenvolvimento sustentável de sociedades. Neste estudo, com foco na Colômbia, defende-se uma caracterização dos dados de séries temporais derivados de satélite de cobertura, áreas queimadas e detecção de incêndios ativos entre dezembro de 2000 e 2009. Um

mapa de tipos de vegetação também foi usado para determinar a variabilidade espacial e temporal desses fatores e as interações com a quantidade total de área queimada e incêndios ativos detectados na Colômbia.

Além disso, Armenteras-Pascual *et al.* (2010), concluiu que tal avaliação indica forte sazonalidade do clima e do fogo e é marcada pela diferença regional, parcialmente explicada por diferenças climáticas entre regiões e tipos de vegetação, especialmente nas regiões do Orinoco e do Caribe. A incidência do fogo na Amazônia e nos Andes foi menos influenciada pelo clima em termos de área queimada impactada, mas a força do fenômeno ENOS afetou mais o Orinoco e os Andes em termos de área queimada. Muitos dos incêndios ativos detectados ocorreram em áreas de transição entre os Andes sub montanos e de baixa altitude e a Amazônia, onde está ocorrendo extensa conversão para pastagem.

Os estudos de Fuentes-Santos, Marey-Pérez e González-Manteiga (2013) basearam-se em analisar a estrutura espacial do incêndio florestal com análise de padrões de pontos espaciais e técnicas de inferência recentemente desenvolvidas no pacote Spatstat de R, no distrito de Fonsagrada-Ancares, que é um dos mais atingidos pelo fogo na região da Província de Lugo na Espanha e, portanto, o foco central do estudo. Nesta pesquisa, o principal objetivo foi determinar a distribuição espacial dos pontos de ignição para modelar e prever a ocorrência de incêndios. Assim foi descoberto que a distribuição espacial dos incêndios florestais não é aleatória e que a ocorrência de incêndios pode depender de conflitos de propriedade, pois os donos das propriedades provocavam incêndios florestais a fim de determinar os limites entre as terras pertencentes a cada um, respectivamente.

Considerando o contexto de aplicações do mapeamento de queimadas em florestas mais atuais em cidades europeias, para evitar maiores consequências, constam trabalhos como Collins *et al.* (2013), Adámek *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2018). Collins *et al.*, baseou-se em um modelo de Dinâmica de Sistemas (SD), explorando as interações entre sistemas físicos e políticos no manejo de incêndios florestais que afetam a eficácia de diferentes alocações. No entanto, a análise SD indicou que uma política que enfatiza a supressão pode degradar a eficácia de longo prazo do manejo de incêndios florestais. Este artigo, escrito por Collins *et al.*, ilustra os fenômenos através de um estudo de caso de Portugal, mostrando que uma abordagem

equilibrada aos esforços de supressão e prevenção pode mitigar as consequências auto reforçadas desta armadilha e gerir melhor os danos de incêndio a longo prazo.

Já o trabalho realizado por Adámek *et al.* (2015), utilizou o mapeamento das queimadas a fim de analisar as concentrações de carvão vegetal no solo que correspondem aos dados florestais contemporâneos, assim utilizaram dados dos incêndios antigos e recentes em florestas temperadas de coníferas de uma paisagem de arenito, além dos dados florestais paleoecológicos e contemporâneos para revelar eventos de incêndios florestais na paisagem atual e no passado distante. Foi utilizado a regressão linear e o método Ecological Niche Factor Analysis (ENFA), identificando os fatores que influenciam a ocorrência de incêndios na paisagem em duas escalas de tempo demonstrando as consequências de longo alcance para o manejo florestal porque, ao contrário das crenças predominantes, o fogo deve ser considerado um condutor natural dos padrões de vegetação florestal, mesmo nesta região temperada.

Por fim e não menos importante, Silva *et al.* (2018), utilizou o mapeamento de queimadas para analisar dados estatísticos publicados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO, sobre as principais causas, ocorrências e áreas queimadas nas Américas do Norte, Central, Sul e Região do Caribe, no período de 1990 a 2004. Levando em consideração as mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas. Com longos períodos de estiagem, as chances de ocorrências de fogo acontecem com maior frequência e intensidade e, sem o devido controle, acabam ocasionando grandes incêndios florestais. Dessa forma, os autores puderam concluir que a América do Sul tem as maiores médias, em comparação com as demais regiões, e que os Estados Unidos têm o maior quantitativo de ocorrências, além da forte influência de fenômenos como El Niño e das atividades humanas que foram responsáveis pela grande maioria das ocorrências de incêndios florestais.

Além dos trabalhos sistematizados anteriormente, é relevante destacar alguns trabalhos no contexto do mapeamento de queimadas no território brasileiro, cujas abordagens metodológicas basearam-se no IBGE (2009), a exemplo de trabalhos de Medeiros e Fiedler (2004), Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), Aximoff e Rodrigues (2011), Mesquita *et al.* (2011), Rodrigues, Borges e Franca-Rocha (2011), Jesus, Rosa, Barreto e Fernandes (2020), Bello, Vasques Freitas, e Maria Vieira (2023).

Para Medeiros e Fiedler (2004), cujo trabalho avalia as ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), MG, e fornece subsídios para redução desses índices, foi considerado que esta avaliação deveria ter a conservação da biodiversidade como elemento principal de discussão sobre a melhor forma de manejo de fogo para a Unidade de Conservação. Tendo a coleta de dados feita através da avaliação dos relatórios de ocorrência de incêndios florestais disponíveis na Unidade no período de 1987 a 2001 e visitas de campo.

Baseado nos mesmos princípios metodológicos utilizado no estudo de incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), Fiedler, Merlo e Medeiros (2006), realizaram a análise da ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), GO, no período de 1992 a 2003. Com os mapas de focos de calor, dados dos relatórios de ocorrência de incêndios na Unidade de Conservação, entrevistas aos brigadistas e à comunidade do entorno, os autores analisaram as causas e a frequência de ocorrência de incêndios florestais, as áreas queimadas ano a ano, os locais e épocas de incidência, o trabalho de prevenção e combate desenvolvido pelos brigadistas e a opinião da população em relação ao trabalho desenvolvido no Parque. Ainda neste estudo, a comunidade local salientou que falta estímulo à utilização de técnicas de substituição ao uso do fogo nas propriedades rurais e campanhas educativas de prevenção de incêndios florestais.

Outro exemplo de trabalho relacionado ao mapeamento de queimadas, refere-se a Aximoff e Rodrigues (2011), cuja pesquisa utilizou-se da análise do histórico (1937-2008) de ocorrência de incêndios florestais do Parque Nacional do Itatiaia (PNI), RJ, primeiro parque do Brasil. Para isso, foi realizado um levantamento de informações no PNI, sobre o número total de incêndios, a extensão das áreas queimadas, os meses de maior incidência, a relação do fogo ao período de seca, a fauna e flora atingidas, os agentes causadores, as principais causas e as perícias dos incêndios. Esse trabalho contribuiu para revelar a fragilidade do PNI diante dos incêndios florestais e a importância de serem implementadas ações de prevenção e combate, que garantam efetivamente a proteção integral dessa Unidade de Conservação.

Em um outro trabalho, Mesquita *et al.* (2011) utilizam imagens de satélite para analisar o histórico do fogo no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) entre

os anos de 1973 e 2010. Neste trabalho foram analisadas as áreas atingidas pelo fogo em cada ano, o que possibilitou conclusões acerca de quais regiões do Parque são mais suscetíveis a incêndios. Também foram relacionados fenômenos meteorológicos como o El Niño, e fenômenos sociais como aspectos relacionados à criação de gado na região. No entanto, neste trabalho apenas foram buscadas as causas do fogo para momentos extraordinários que se deram neste período e que foram conhecidos historicamente. Uma análise relacionada aos eventos climáticos rotineiros da região não é feita nesse escopo.

Assim, em outro trabalho também no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Rodrigues *et al.* (2011) fez uma análise das ocorrências de fogo no PNCD e na sua zona de amortecimento (10Km dos territórios circundantes do Parque) nos anos de 2004 a 2009. Em sua análise os autores apontaram a periodicidade do fogo (em quais épocas são mais frequentes), os locais e as causas, sendo que parte das ocorrências são originadas por atividades humanas. Porém, eles não se aprofundaram, portanto, nos aspectos meteorológicos que incitam a ocorrência do fogo, quando por causas naturais, ou que a agravam quando provocada por ações humanas.

Desta forma, Jesus, Rosa, Barreto e Fernandes (2020) elaboraram o mapeamento de queimadas nos biomas brasileiros: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, com ênfase nas incidências nas áreas de Unidades de Conservação, a fim de discorrer sobre o comportamento temporal e espacial das ocorrências de fogo de 2003 a 2017. Nesta pesquisa foi aplicado o algoritmo Kernel para analisar a distribuição espacial a partir da média da série temporal estudada, e o teste não paramétrico de Mann-Kendall, considerando também a sua Persistência de Longo Alcance para verificar a tendência de ocorrência, permitindo a identificação e quantificação, especialmente, dos maiores focos de queimadas nos Biomas brasileiros, bem como, nas Unidade de Conservação em cada respectivo bioma, servindo como base para medidas de prevenção e controle do fogo principalmente nas Unidades de Conservação as quais possuem maiores ocorrências no país.

Sob uma outra perspectiva, Bello, Vasques Freitas e Maria Vieira (2023), elaboraram o mapeamento de risco de fogo no bioma Caatinga, utilizando ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o método de análise hierárquica gaussiano, de modo a identificar as regiões mais suscetíveis à ocorrência de

incêndios. Os resultados desse estudo mostraram que o risco de fogo no bioma está, primordialmente, relacionado às condições pluviométricas e atividades antrópicas, o que foi demonstrado pelo maior número de focos de fogo nas classes de floresta e agropecuária. O mapeamento do risco de fogo indicou as porções nordeste e centro-leste do bioma como apresentando alto risco, devido ao fato dessas regiões apresentarem baixos índices pluviométricos anuais, temperaturas e declividades mais elevadas, e predominância de atividades agrossilvopastoris. Desta forma, foi possível ressaltar a necessidade do desenvolvimento de pesquisas na área de risco de fogo e seus índices, além de ações de controle, monitoramento, prevenção e predição de incêndios na região.

Proporcionando uma visão mais ampla a considerar os exemplos supracitados, verifica-se que o mapeamento de queimadas desempenha um papel essencial na compreensão dos processos naturais da superfície da Terra e da evolução da paisagem por interferência antrópica, sejam elas no interior dos continentes ou em ambientes costeiros.

Além de auxiliar na fiscalização, a cartografia de áreas queimadas gera subsídios para análises espaciais e temporais das ocorrências, constituindo também importante base de dados nas estimativas dos impactos das mesmas sobre o meio ambiente e para estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas (Zhan *et al.*, 2002). Em diversas situações, é extremamente difícil delimitar áreas queimadas *in loco*, devido ao fato de as unidades de conservação, geralmente, envolverem áreas extensas de difícil acesso. Nesse contexto, o sensoriamento remoto é uma ferramenta muito útil para quantificação e delimitação dessas áreas, pois possibilita extrair informações por meio de imagens orbitais (Pereira, 1999).

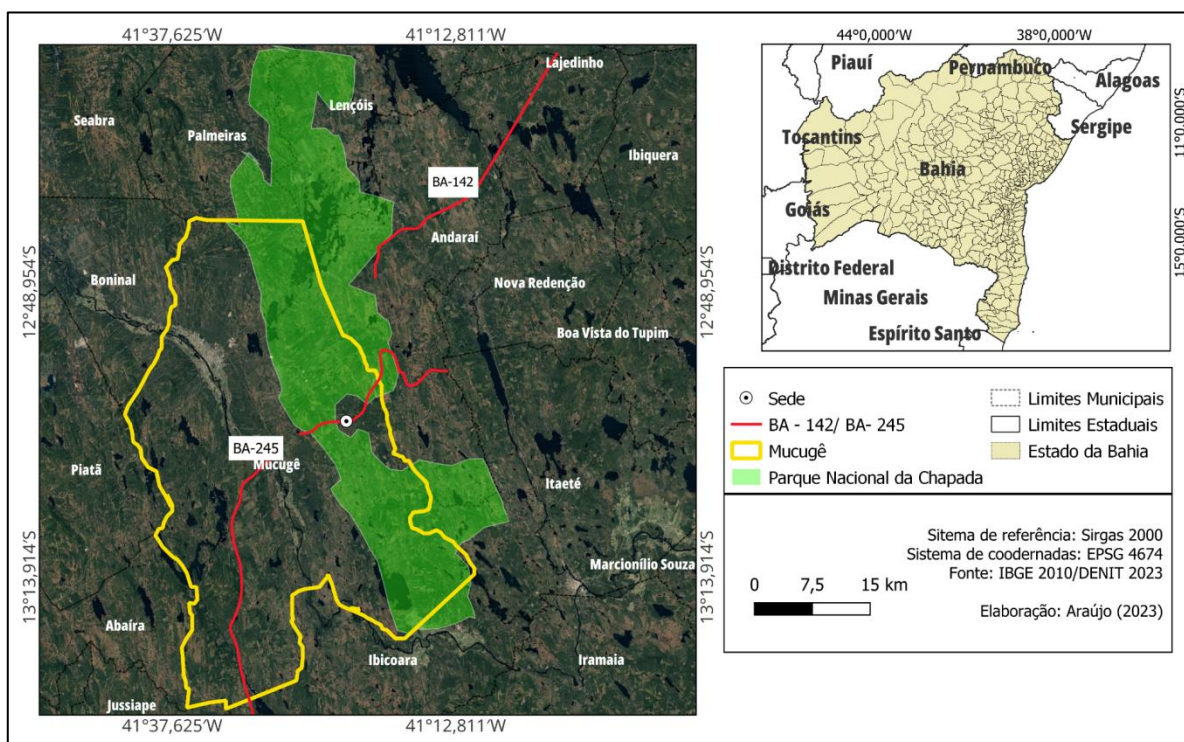
A rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais é fundamental para a viabilização do controle do fogo, além de interferir na redução dos custos nas operações de combate e na redução dos danos. No entanto, um conhecimento inadequado da localização do incêndio e extensão da área queimada prejudica a estimativa do impacto do fogo sobre o ambiente (Batista, 2004).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Mucugê está localizado no Território de Identidade da Chapada Diamantina - BA, foi criado pela Lei Provincial nº 271 de 17/05/1847. Além de Mucugê (SEI, 2011). Mucugê está localizado entre as coordenadas aproximadas de latitude 12° 59' 47" Sul e longitude 41° 22' 11" Oeste, a uma altitude média de 983 m acima do nível do mar e caracteriza-se pelo clima subúmido a seco e bioma da Caatinga. Faz divisa ao norte com os municípios de Palmeiras e Lençóis, ao sul com Ibicoara, ao leste com Andaraí, e oeste com Abaíra, Piatã e Boninal. Com uma área total de 2.462,2 km<sup>2</sup>, estando distante 444 Km de Salvador, capital do estado da Bahia. A rodovia BA-142 é a principal via de acesso ao município que não é atendida pelo aeroporto (SEI, 2011).

**Figura 01:** Mapa da localização da área em estudo



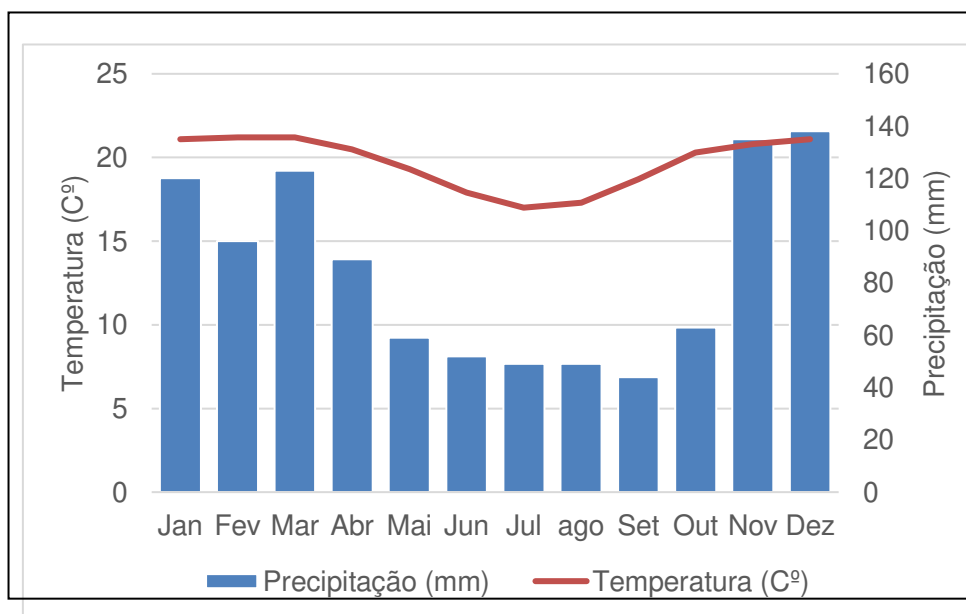
Fonte: Bahia SEI (2022); IBGE (2021). Elaboração: autora da pesquisa.

Neste estudo foi considerada a maior área do Parque Nacional da Chapada Diamantina, inserida no município de Mucugê. O PNCD é uma unidade de conservação de proteção integral, inserida no bioma Caatinga, criado em 17 de

setembro de 1985, pelo Decreto Federal nº 91.655 que visa à proteção dos ecossistemas da Serra do Sincorá. Está localizado na região Centro Sul do estado da Bahia e sua área abrange os municípios de Andaraí, Ibicoara, Itaeté, Lençóis, Mucugê e Palmeiras. Possui extensão territorial de aproximadamente 151.476 hectares (IBAMA, 2008).

O clima de Mucugê é tropical semiúmido, sendo caracterizado por apresentar estação chuvosa de outubro a março e estação seca de abril a setembro (Stradman, 1998). Assim, a partir dos estudos acerca dos padrões climatológicos e com base em dados mensais médios entre 2000 e 2022, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), observam-se que os meses que apresentam menor precipitação (Figura 02) estão entre abril e setembro com valores inferiores a 100 mm e o mês com maior precipitação é o mês de dezembro com quase 140 mm.

**Figura 02:** Climograma de Mucugê – BA



Fonte: INMET (2022). Organização: autora da pesquisa.

Os ventos alimentam a combustão e direcionam os incêndios, facilitando, portanto, sua propagação (Torres, 2006). Deste modo, áreas que recebem diretamente o vento predominante, são mais propícias à propagação de queimadas. Assim, os meses de abril a setembro apresenta maior intensidade média do vento, com destaque para o mês de Agosto com cerca de 13,7 km/h e Setembro com cerca de 12,5 km/h, enquanto o mês de Dezembro demonstra a menor intensidade média do vento mensal, com cerca de 8,8 km/h, (INMET, 2022).

Com relação à sua geologia, são encontradas quatro unidades geológicas: Caboclo, Tombador e Paraguaçu, ambas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço, originadas durante o Proterozóico Médio, entre aproximadamente 1600Ma à 958Ma. Porém a unidade geológica predominante é a formação Tombador, exposta principalmente a norte e leste da Serra do Sincorá, resultantes da ação de diferentes sistemas eólicos, fluvioeólicos e leques aluviais, cujos litotipos principais são os arenitos, quartzitos e conglomerados (Paim *et al.*, 2004).

Nesse sentido, as rochas predominantes e que englobam as superfícies de erosão e pediplanação são geologicamente constituídas pela Formação Tombador (arenitos, argilitos e conglomerados), do Grupo Paraguaçu (argilitos, siltitos e arenitos) e por coberturas residuais derivadas dos sedimentos do Grupo Paraguaçu. Estas coberturas dominam a parte ocidental da área e são essencialmente arenosas ou areno-argilosas. A oeste de Mucugê e ao longo do rio Paraguaçu, estas superfícies aplainadas encontram-se lateritizadas (CPRM, 1994).

De acordo com as análises de Caseti (1994) sobre diversos tipos de relevo, o predominante em Mucugê é o Apalachiano, pois é caracterizado por cristas, topos aplainados, material dobrado formando anticlinais e sinclinais, rede de drenagem orientada nas inúmeras falhas e fraturas. Já Piló (2000), afirma que o município apresenta uma morfologia específica (dolinas, vales cegos e outros), como também uma drenagem predominantemente subterrânea. Pelas observações da carta topográfica e do Modelo Digital de Terreno (MDT), esta área é caracterizada como suavemente ondulada, encontrando-se além do relevo negativo, algumas feições côncavas e morros residuais onde os calcários estão mais silicificados ou dolomitizados (CPRM/DNPM, 1990).

Os Campos Gerais são predominantes e englobam as superfícies de erosão e pediplanação geologicamente constituídas por rochas da Formação Tombador (arenitos, argilitos e conglomerados), do Grupo Paraguaçu (argilitos, siltitos e arenitos) e por coberturas residuais derivadas dos sedimentos do Grupo Paraguaçu. Estas coberturas dominam a parte ocidental da área e são essencialmente arenosas ou areno-argilosas. A oeste de Mucugê e ao longo do rio Paraguaçu, estas superfícies aplainadas encontram-se lateritizadas (CPRM, 1994).

É válido ressaltar que este geoambiente destaca-se pelo seu manancial hídrico abrigando diversas nascentes que alimentam as bacias do Rio Paraguaçu e Una. Esse lado ocidental da serra possui elevadas altimetrias que variam de 1040m a 1700m, e a declividade varia de média a muito forte (12% a >30%), sendo os rios alimentados pela quantidade de chuva, que variam de 800mm a 1100mm (Paim *et al.*, 2004).

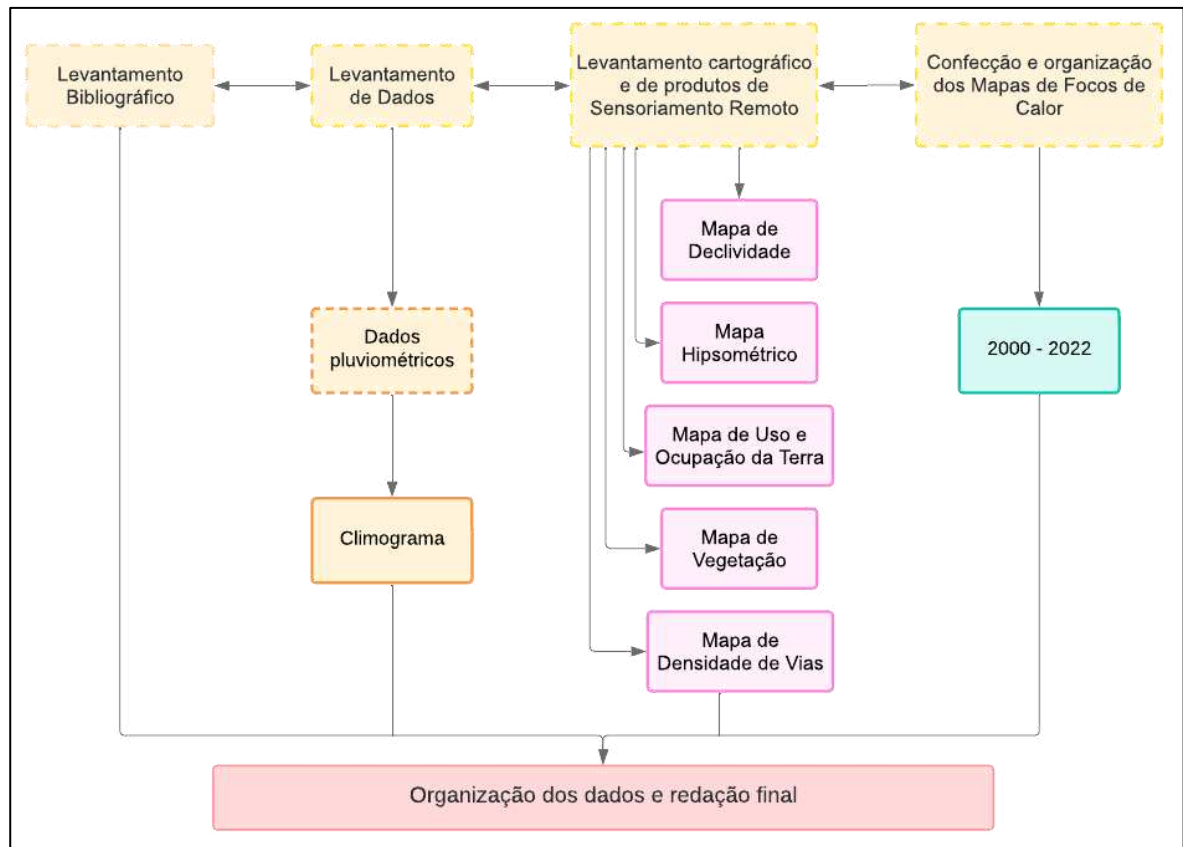
Atualmente, o município de Mucugê possui o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) em 0,606 (IBGE, 2010), com uma economia totalmente voltada para a agricultura irrigada, e o PIB per capita em R\$65.937,26 (IBGE, 2020). Diversas culturas são manejadas nesta região, principalmente a *Solanum tuberosum L.* e o *Coffea arábica*. O turismo histórico e ecológico aparece como segunda fonte de arrecadação financeira do município (MapBiomias, 2018).

### **3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Esta pesquisa está compartimentada em formas de interpretação e investigação. A interpretação corresponde, essencialmente, ao modo como o fenômeno foi analisado, enquanto a investigação diz respeito à parte procedimental da pesquisa (Moraes, 2003).

Para tal interpretação, considera-se a dinâmica dos focos de calor numa escala temporal de 22 anos, propiciando uma análise das alterações sobre o território do município de Mucugê – BA enquanto instrumento de intervenção das relações econômicas e sociais sobre o meio físico. Diante das tais colocações, nesta pesquisa é importante considerar as relações entre os aspectos antrópicos e os aspectos naturais sob uma ótica sistêmica, como a sociedade historicamente modifica a natureza, fazendo dela um reflexo das ações antrópicas.

Assim, as etapas do desenvolvimento dessa pesquisa serão estruturadas seguindo as etapas norteadoras e sintetizadas, cujos procedimentos estão ilustrados no fluxograma exposto na Figura 03.

**Figura 03:** Fluxograma metodológico com etapas da pesquisa

**Elaboração:** a autora da pesquisa.

Para se atingir a primeira etapa, foi realizado um levantamento dos dados bibliográficos, teses, dissertações e artigos científicos, gerando uma revisão de literatura como pré-requisito. Desta forma, foi utilizado os dados socioeconômicos disponibilizados na Superintendência de Estudos econômicos e Sociais da Bahia - SEI e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para caracterização socioeconômica do município de Mucugê, além de analisar o perfil da população utilizando as variáveis de PIB, índice de Gini, escolaridade, taxas de desemprego, quantitativo de empregos relacionados a atividade turística.

Assim, os objetivos da pesquisa e meios para alcançá-los foram traçados, usando como suporte, a construção de informações das características dos focos de calor do município de Mucugê, por meio de mapas, dados e documentos, subsidiando análises iniciais e posteriores da pesquisa a partir do uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir disso, foram utilizados para mapeamento de áreas e períodos dos focos de calor com diferentes graus de incidência de fogo (frequência e magnitude), no presente estudo foram escolhidas as seguintes variáveis a serem utilizadas para análise do risco de fogo como vegetação, uso e ocupação da terra, densidade de vias, declividade e hipsometria. Cada variável foi analisada de modo a se estabelecer graus ou níveis de risco, de acordo com a influência da mesma na ignição e propagação do fogo em Mucugê. A partir disso, foram elaborados mapas para cada uma das variáveis analisadas, conforme será descrito a seguir.

Para a elaboração dos mapas nesta pesquisa, utilizou-se o software QGIS 3.28, disponibilizado de forma gratuita, visto que esse software apresenta ferramentas mais completas para as análises aplicadas para dados espaciais, além de proporcionar um excelente padrão na propriedade de exportação dos produtos gerados.

Na organização do Mapa de Vegetação foi utilizado a base de dados disponibilizada pelo IBGE (2018) em escala 1:250.000. Já o Mapa de Uso e Ocupação da Terra foi organizado a partir da base de dados disponibilizada pelo MapBiomias (2022) em escala 1:100.000, considerando as classificações principais: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpo D'água. Para os mapas de Densidade de Vias, Declividade e Hipsométrico, foram obtidos através do projeto TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil do INPE (2022). A plataforma TOPODATA, por meio do WebMapit, permite o acesso aos índices de altitude, declividade, orientação, entre outros, para todo o Brasil desde 2011. Assim, foi realizado o download das quadrículas que cobrem a região e feito o mosaico de Mucugê - BA.

O mapa final de Densidade de Vias foi obtido a partir da aplicação do Estimador de Densidade Kernel, já o mapa final de Declividade foi obtido a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) com dados em cobertura global pela SRTM<sup>11</sup>, após

---

<sup>11</sup> O sensor SRTM consiste num sistema de radar especialmente modificado que voou a bordo do ônibus espacial Endeavour. O levantamento do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) incorpora a técnica InSAR e disponibiliza gratuitamente seus dados em escala global por intermédio da United States Geological Survey (USGS). Tal aquisição de dados se deu a partir de 11 dias de trabalho no ano de 2000, em que o radar SRTM obteve dados de altimetria estereoscópica de 80% da superfície terrestre, gerando imagens com resolução espacial de um arco segundo para os Estados Unidos e três

reclassificação, sendo apresentado em porcentagem, de acordo com a distribuição da EMBRAPA (2022). Posteriormente a obtenção dos dados, realizou-se a organização em ambiente SIG com uso do Software QGIS, versão 3.28.10 Firenze.

Além disso, foi utilizado o Programa Queimadas do INPE que disponibiliza gratuitamente o banco de dados e contribui para o monitoramento dos incêndios e queimadas via imagens de satélites, podendo ser visualizada a superfície, o que inclui as áreas remotas que ainda não podem ser monitoradas de outras formas. Segundo o INPE (2017), nas áreas com facilidade de acesso ou mesmo que possua torres de observação, a utilização da base de dados pode ser marginal, já que no momento da queimada há possibilidade de elaborar o registro do mesmo, bem como, as medidas necessárias de combate ao incêndio. Este Programa fornece a maior variabilidade de dados possíveis acerca do uso do fogo na vegetação, beneficiando o Estado, iniciativas privadas e população. A disponibilização dos dados ocorre cerca de três horas após sua produção em casos especiais, mediante contrato específico, os dados podem ser fornecidos imediatamente.

O presente trabalho buscou na base de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) as informações relativas aos focos de calor iniciadas às 00:00 de 01 de janeiro de 2000, e finalizadas às 23:59h de 31 de dezembro de 2022, no município de Mucugê, buscando comparar anualmente o aumento/diminuição das áreas desses focos dentro do recorte temporal de 22 anos.

Nessas imagens extraídas do banco de dados no INPE, é possível identificar os focos de incêndio, sendo que em cada um deles pode haver uma ou várias queimadas distintas no raio da área correspondente a cada pixel (1km x 1km). As queimadas extensas são detectadas em vários pixels vizinhos, o que irá representar a existência de vários focos que indicarão a ocorrência de uma grande queimada (INPE, 2017).

Desvios na localização das queimadas são recorrentes, pois 80% dos focos estão num raio de 1,0 km do ponto indicado, pois nem todas são captadas pelos satélites, havendo algumas situações prejudiciais à sua identificação, tais como: i) frentes de fogo inferiores a 30 m; ii) existências de nuvens cobrindo a região; iii)

---

arcos segundo para o restante do mundo e com uma amplitude de grade 30 metros para o SRTM 1 (Rabus et al., 2003).

queimadas rasteiras em florestas que não atingem a copa das árvores; iv) queimadas de curto tempo e que ocorrem no intervalo entre a passagem do satélite; v) fogo na encosta de montanhas, pois o satélite capta de um lado (Silva Filho; Teles; Santos Neto, 2009; INPE, 2017).

Os dados utilizados na pesquisa foram extraídos do site BDQUEIMADAS do satélite de referência NOAA-12 (sensor AVHRR, passagem no final da tarde) de 01/janeiro/2000 a 03/julho/2002, e a partir de então AQUA - EOS PM - 1<sup>2</sup> (sensor MODIS, passagem no início da tarde), sendo filtrados e tabulados em planilha Excel 2010, posteriormente foram categorizadas em: município, dia, mês, ano, hora, minuto, identificação do satélite, bioma, latitude, longitude, dia da semana, precipitação e risco de fogo. As últimas quatro categorias não foram utilizadas no presente trabalho, pois estas categorias foram disponibilizadas somente a partir de 2017, não compondo a série histórica de 2000 a 2022. Ressalta-se a relevância destas categorias inseridas no BDQUEIMADAS a partir de 1999 para ampliação da análise do estudo da dinâmica das queimadas.

Os dados reunidos foram exportados em formato Shapefile (shp) e, em seguida, foram importados para o ambiente SIG com o uso do Software QGIS, versão 3.28.10 Firenze. O QGIS, software livre com código aberto, possui características técnicas que possibilitam a coleta, processamento, edição, armazenamento e gerência de dados espaciais, assim como a exploração, análise geográfica e a visualização destes dados. Tem diversidade de aplicações em diferentes áreas do conhecimento e apresenta “caráter” multidisciplinar, ainda conta com ferramentas específicas para cada atividade a ser executada e grande diversidade de plugins elaborados por diversas instituições.

Com o uso deste software foi produzido um arquivo vetorial de pontos em formato (shapefile (Figura 02), com Sistema de Referência de Coordenadas (SRC)

---

<sup>22</sup> Popularmente conhecido como AQUA, é um satélite americano, desenvolvido em parceria com o Japão e com o Brasil. A missão AQUA faz parte do programa Earth Observation System (EOS), fundado pela NASA Earth Enterprise (ESE), lançado em 04/05/2002. Foi o primeiro satélite de um grupo denominado inicialmente como A-Train, e leva a bordo seis instrumentos sensores: Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A), Humidity Sounder for Brazil (HSB), Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). EMBRAPA TERRITORIAL. Satélites de Monitoramento. Campinas, 2018.

Datum SIRGAS 2000 / UTM zona 24S, código *European Petroleum Survey Group* – EPSG: 31984, no intuito de analisar os focos de calor do município estudado.

**Figura 04:** Arquivo vetorial de pontos em formato shapefile



Fonte: Adaptação do BDQueimadas, INPE (2018). Elaboração: autora da pesquisa.

Assim, a partir dos dados coletados, elaborou-se uma série histórica de 22 anos que foram compilados em banco de dados separados com o recorte espacial da área em estudo. Em seguida, os dados dos focos de calor foram trabalhados para originar o mesmo recorte histórico, com a representação do quantitativo de focos de calor anual na série histórica.

A partir do arquivo vetorial será elaborada uma nuvem de pontos contendo as informações que foram tabuladas: ano e satélite responsável pela coleta do dado, Latitude e Longitude dos focos de queimadas nas áreas de estudo. Os dados serão utilizados para a geração dos mapas de densidade de focos de calor com o uso da ferramenta Mapa de Calor do QGIS, incluído no estimador de densidade Kernel<sup>3</sup>, que resultará em arquivo raster da sobreposição de outros rasters circulares de raio  $h$  (500 m) para cada foco de queimadas (Oliveira; Oliveira, 2017), conforme Equação 1 na sequência:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) \quad (1)$$

<sup>33</sup> O termo Kernel significa núcleo em inglês, e é um meio estatístico que pode ser utilizado para a avaliação de curvas de densidade e facilitam a visualização dos pontos (Oliveira e Oliveira, 2017), pois apresentam diferentes tonalidade de cor na área segundo a densidade de pontos.

em que:  $K$  = função de kernel;  $h$  = raio de busca;  $x$  = posição do centro de cada célula do raster de saída;  $X_i$  = posição do ponto  $i$  proveniente do centróide de cada polígono; e  $n$  = número total de infrações ambientais.

Tendo em vista o entendimento e a compreensão da dinâmica de ocorrência dos incêndios, serão analisados os padrões de distribuição espaço-temporal dos focos de calor do BDQUEIMADAS, para, em seguida, realizar as análises de gráficos, mapas e tabelas com valores representativos, obtidos pelo tratamento e processamentos dos dados em aplicações de um SIG.

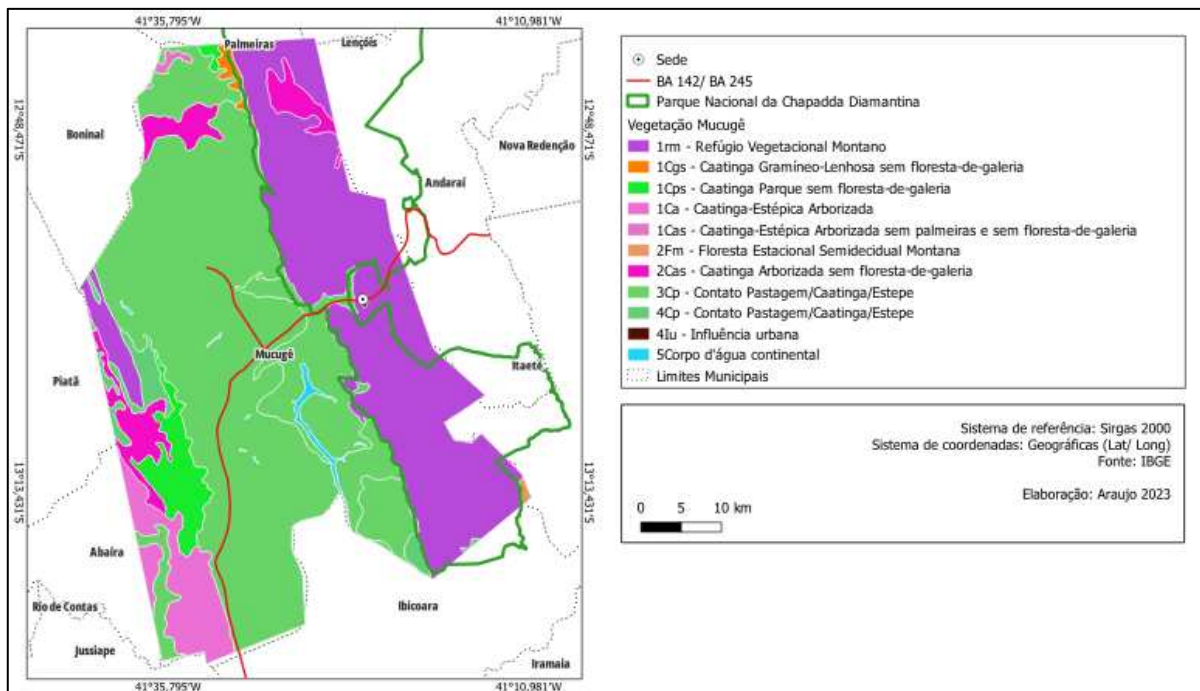
Nos mapas com a identificação das regiões de concentração serão realizados a reclassificação com a renderização banda simples falsa-cor com 5 classes. No programa QGis, os dados serão inseridos e quantificados anualmente, transformados em 22 mapas individuais e 1 mapa integral para a relação de focos de calor. Além dos mapas de caracterização da área para melhor análise da ocorrência e recorrência de focos de calor, assim será possível identificar a localização com maior incidência de calor ao longo dos anos em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE DOS COMPONENTES AMBIENTAIS

A partir do mapa de vegetação do município de Mucugê (Figura 05) foi possível caracterizar a cobertura vegetal predominante de Contato Pastagem/Caatinga/Estepe, que corresponde a cerca de 55,70%, seguido por Refugio Vegetacional Montano correspondendo a cerca de 31,74% da área do município estudado, que está diretamente relacionada com alterações climáticas (alternância entre secas prolongadas e chuvas violentas) e do mau uso do solo, do desmatamento e das queimadas.

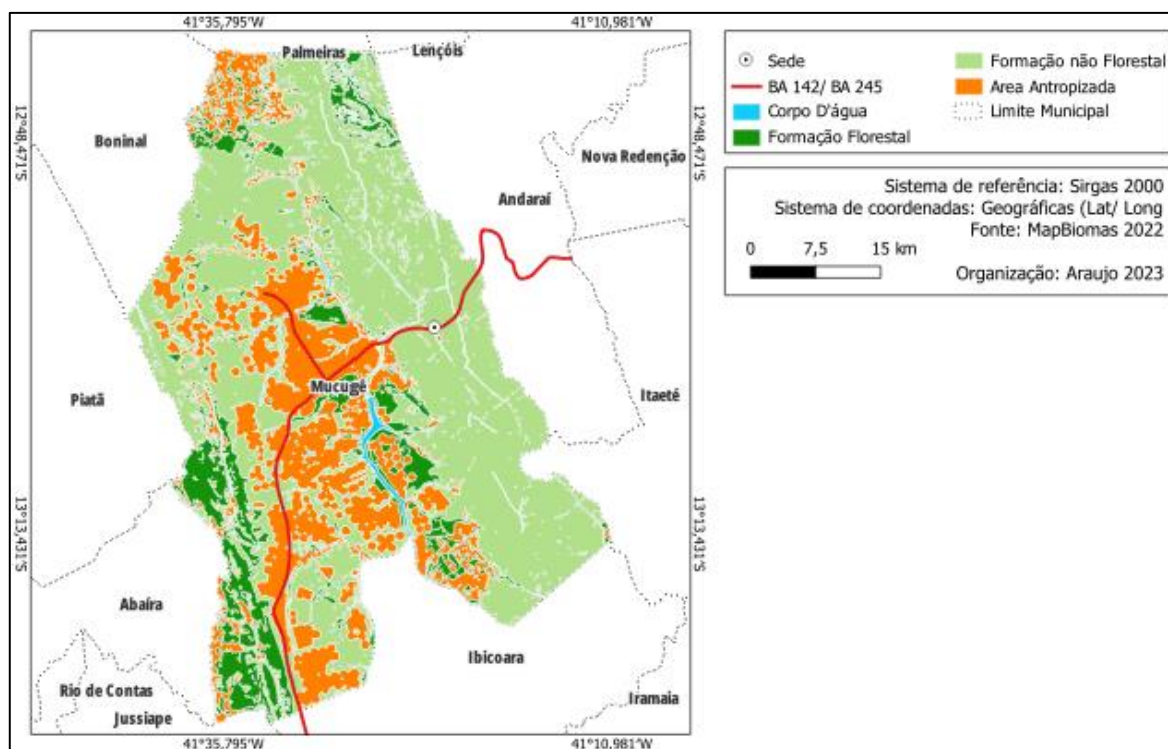
**Figura 05:** Mapa da Vegetação de Mucugê – BA



Fonte: IBGE (2021). Organização: autora da pesquisa.

O mapeamento do uso e ocupação da terra (Figura 06) é indispensável para caracterizar a área estudada, na medida em que, é cada vez mais necessário conhecer e compreender as transformações que as ações antrópicas provocam no meio ambiente para assegurar a qualidade dos recursos hídricos e do solo, a conservação da biodiversidade e a dinâmica de ocorrências e recorrências dos focos de calor.

**Figura 06:** Mapa de Uso e Ocupação de Mucugê – BA

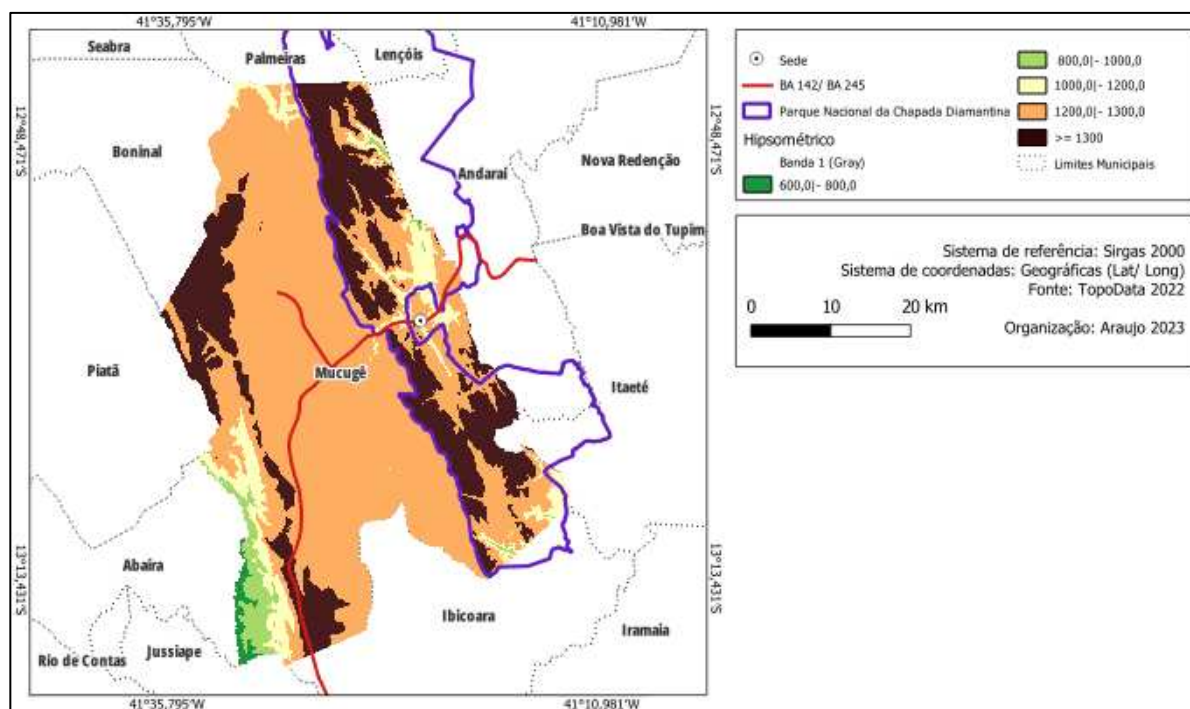


Fonte: MapBiomas (2022). Organização: autora da pesquisa.

No mapa de uso e ocupação de Mucugê foram determinadas quatro diferentes classes de uso, a maior área do município é ocupada por Formação não Florestal natural com cerca de 44,43%, caracterizada por formação campestre, já a Formação Florestal com cerca de 38,74%, e a Área Antropizada ocupa cerca de 13,09% do município. Com menor ocupação do município tem o Corpo D'água com cerca de 3,74% da área, conforme a Figura 06.

Ademais, o município estudado apresenta altitudes que variam entre 600m e 1.300m (Figura 07). As menores altitudes estão localizadas ao sul da área de estudo, no limite municipal de Mucugê com Abaíra e Jussiape, onde são encontradas colinas amplas e suavemente onduladas (MMA; IBAMA, 2005). A leste e oeste do município predominam altitudes entre 800 e 1.300 m, porém, os relevos mais próximos da área central de Mucugê podem chegar a 1000 m. Na porção do Parque Nacional da Chapada Diamantina, há a formação de serras, onde o relevo pode atingir até 1.300 m. É possível constatar que a maior área do município de Mucugê possui altitude de 1.000 a 1.200 metros, com cerca de 42,93% da área, já a altitude maior que 1.300 metros ocupa cerca de 12,17% da área de estudo, conforme a Figura 07.

**Figura 07:** Mapa Hipsométrico de Mucugê – BA



Fonte: TopoData (2022). Elaboração: autora da pesquisa.

De acordo com Freire, Carrão e Caetano (2004), as formas de relevo apresentam influência no vento, na temperatura e na umidade relativa do ar e, como consequência, condicionam a propagação do fogo. Geralmente, em área com altitudes elevadas, não encontramos árvores de grande porte, isto porque quando há uma estiagem (déficit hídrico), a umidade diminui nas partes mais elevadas e depois, progressivamente, até os vales (Troppmair, 2004). Deste modo, o teor de umidade atmosférica diminui exponencialmente com o aumento da altitude (Böher; Antonic, 2009), e a altitude influencia a distribuição e quantidade de focos de calor, quanto maior a altitude maior será a ocorrência de focos de calor (Torres, 2006), como exposto na Figura 07.

Além disso, com as informações de altitudes do município de Mucugê foi obtido a representação da Declividade e os dados da Tabela 01, utilizando a classificação de intervalo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pois a declividade é obtida pela diferença de altitude com a distância plana da área (IBGE, 1989).

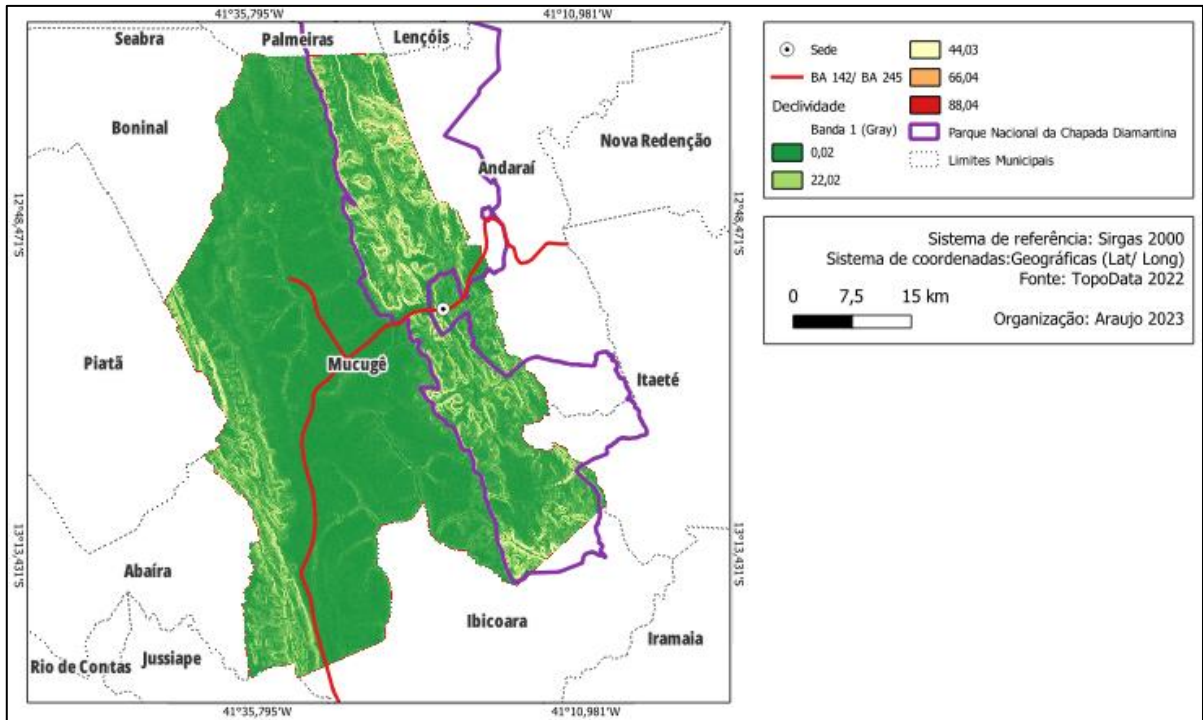
**Tabela 01:** Declividade do município de Mucugê - BA

Declividade (%)	Área Ocupada (km <sup>2</sup> )	Área Ocupada (%)
0 -3	0,02	17,52
3 -8	22,02	36,95
8 -20	44,03	29,34
20 -45	66,04	14,52
45 -75	88,04	1,67
> 75	—	—
Total	220,15	100,00

Fonte: Barberi *et al.* (2012). Adaptação: autora da pesquisa.

A inclinação do relevo influencia significativamente na taxa de propagação do foco de calor. As encostas mais íngremes são mais suscetíveis a propagação (Ajin *et al.*, 2016). A área do município de Mucugê com declividade 3|-8% ocupa cerca de 36,95%, já a declividade 8|-20%, ocupa cerca de 29,34% da área estudada, por outro lado, a declividade de menor taxa, se destaca 45|-75%, pois ocupa cerca de 1,67% da área de estudo, conforme Figura 08.

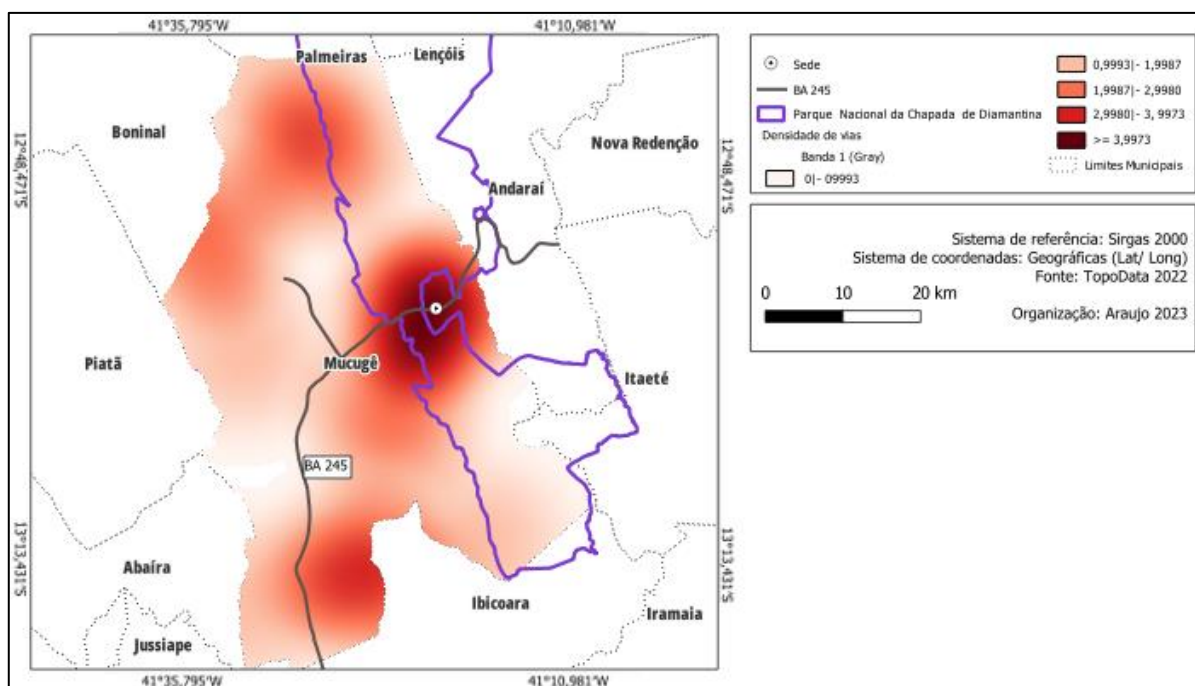
**Figura 08:** Mapa de Declividade de Mucugê – BA



Fonte: TopoData (2022). Organização: autora da pesquisa.

Além disso, o mapa de declividade de vias (Figura 09), esta é uma variável antrópica, cuja estradas estão relacionadas com locais suscetíveis à ignição (início do fogo), ao mesmo tempo, em que podem limitar a área de focos de calor e atuar como barreiras espaciais reduzindo o combustível e evitando a propagação do fogo (Cui; Perera, 2008). Ademais, as estradas também dão acesso aos locais em que há focos existentes, para a supressão dos mesmos.

**Figura 09:** Mapa de Densidade de Vias de Mucugê – BA



Fonte: TopoData (2022); BDQueimadas (2022). Elaboração: autora da pesquisa.

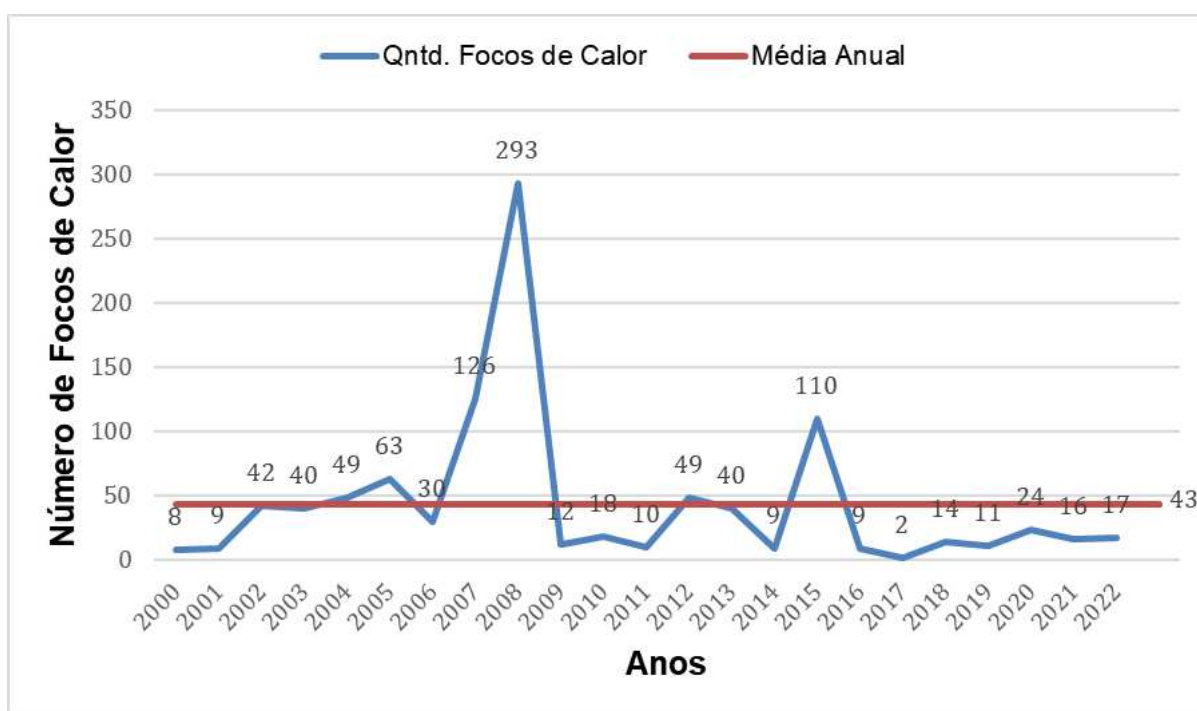
## 4.2 ANÁLISE DE FOCOS DE CALOR

Este estudo levantou os dados e as imagens de satélite relacionados às queimadas no município de Mucugê anual, entre os anos de 2000 a 2022. Esta série de dados históricos permitiu a observação dos focos de calor no espaço/tempo de 22 anos para análise do processo histórico com relação às características da área, levando em consideração o mapeamento da vegetação, uso e ocupação do solo, hipsométrico, declividade e densidade de vias. A série de dados permitiu qualificar e quantificar os dados coletados, de modo a possibilitar análises sobre o fenômeno em diferentes contextos, que por vezes se apresentaram progressivos e em outras regressivas.

De janeiro de 2000 a junho de 2002, foram registrados pelo satélite referência NOAA-12 o total de 59 focos de calor, e em junho de 2002, ocorreu a mudança do satélite referência e por isso os dados foram registrados pelo satélite referência AQUA\_M-T o total de 942 focos de calor em Mucugê, o que corresponde à média de 46 focos por ano.

A série histórica anual dos focos de incêndio na área de estudo apresenta os focos de calor entre os anos de 2000 a 2022 (Figura 10). Observa-se que o maior percentual de focos ocorreu no ano de 2008, foi o ano com déficit hídrico, combinado às características físicas específicas da região de Savana Parque, que é constituída essencialmente por um estrato graminóide e quando visto no mapa, é notável que a maioria dos focos de calor estão localizados na região de Mucugê, inserido no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) e próximo a área de limite do PNCD.

**Figura 10:** Gráfico dos focos de calor nos anos de 2000 a 2022



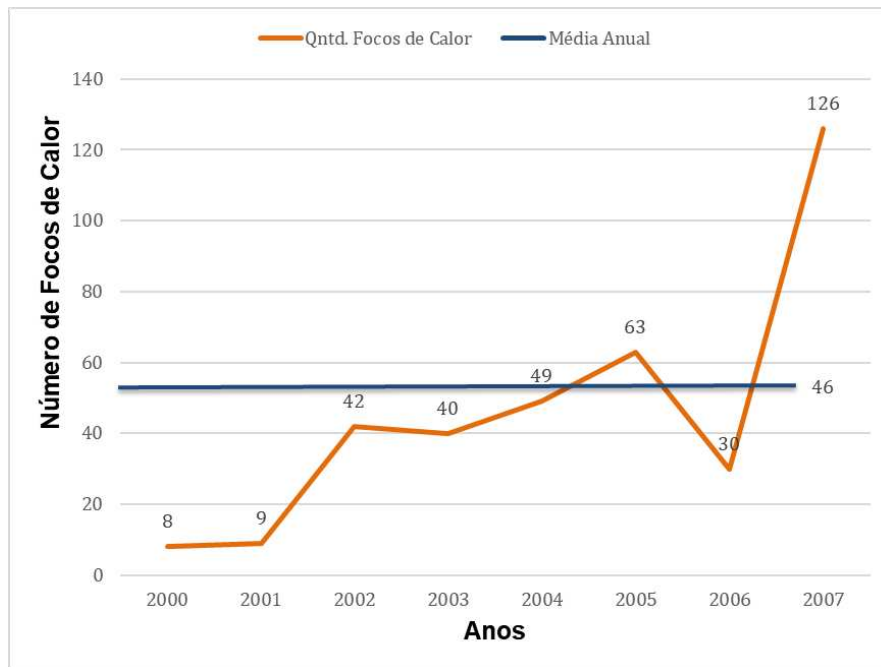
Fonte: Araújo, 2023.

Para a área alvo deste estudo, observa-se, no período de 22 anos, que o maior quantitativo de focos de calor ocorreu no ano de 2008 (Figura 10), porém, observam-se também ocorrências intermediárias de focos de calor entre os anos de 2002 a 2005, e picos em 2007 e 2015, os quais tiveram, aproximadamente, 126 e 110 focos de calor, respectivamente (Figura 10). Identificaram ao total, cerca de 1.001 focos de calor no município de Mucugê, sendo subdividido em três períodos para análise.

Na Figura 11, os anos de 2005 e 2007 foram os que apresentaram maior ocorrência com, respectivamente, 17,17% e 34,33% do total de focos de calor no período dos oito anos analisados. Além disso, pode-se observar que, durante os anos

em questão, 2000, 2001, 2002, 2003 e 2006 registraram focos abaixo da média do período analisado. Já o ano de 2007 apresentou uma quantidade de focos de calor superior a todos os anos analisados neste recorte, tendo uma alta de 320% em relação ao ano anterior.

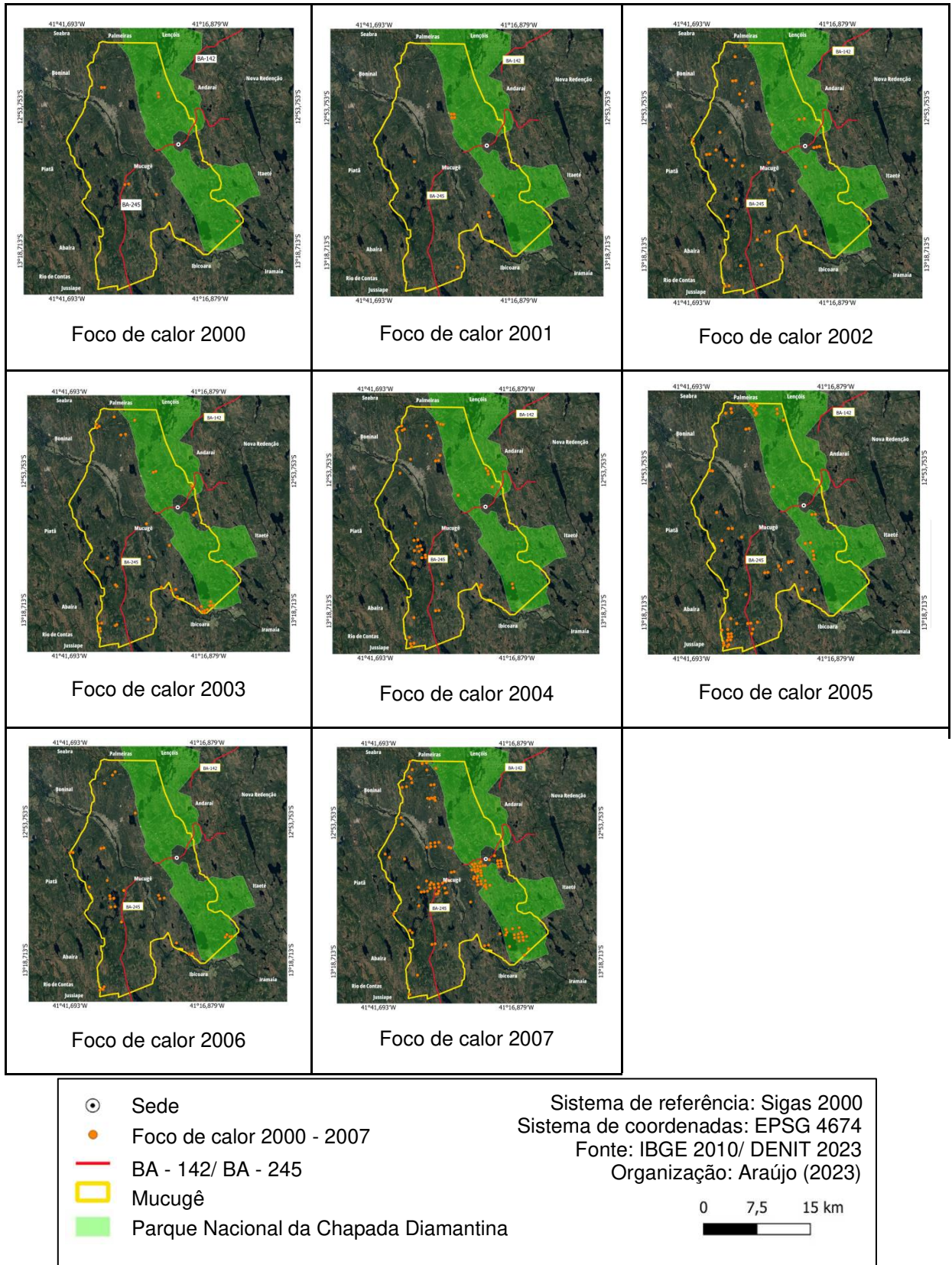
**Figura 11:** Gráfico dos focos de calor nos anos de 2000 a 2007



Fonte: Araújo, 2023.

Os dados, no recorte entre os anos de 2000 a 2007 (Figura 12), mostram uma menor concentração da ocorrência de focos de calor no ano de 2000, por outro lado em 2007 houve uma concentração maior de focos. Esse fato pode ser relacionado ao fenômeno meteorológico ocorrido nesse ano, ou próximo a ele, como o longo período de estiagem e o El Niño, um fenômeno climático que na Região Nordeste eleva as temperaturas e produz secas extremas, como considerado por Silva *et al.* (2013).

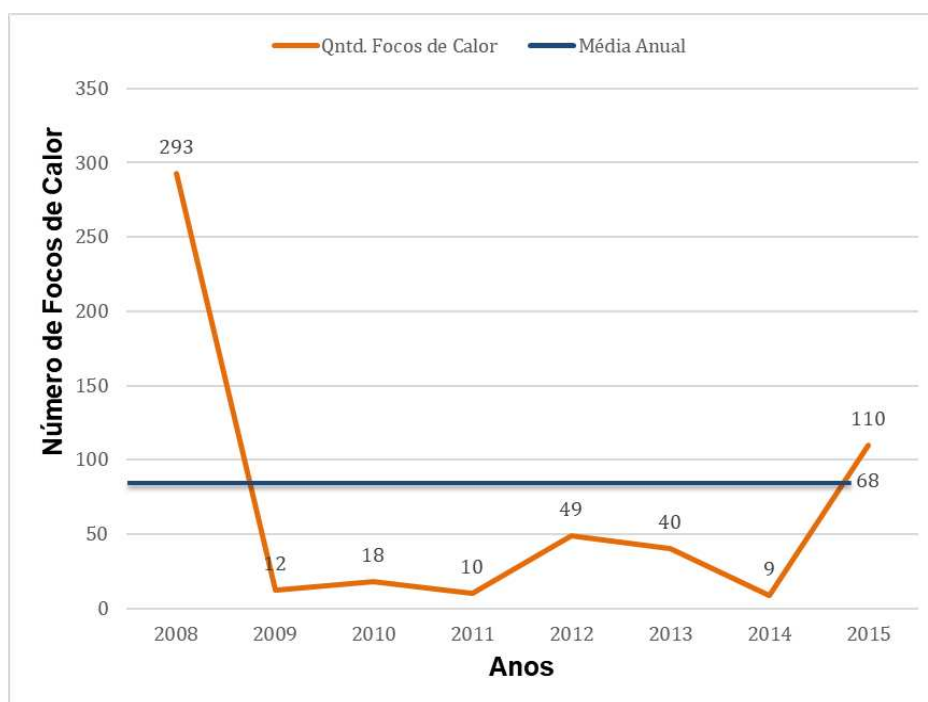
**Figura 12:** Mapas de focos de calor de 2000 a 2007 coletados no município de Mucugê – BA



Fonte: Bahia SEI (2022); IBGE (2021); BDQueimadas (2000 - 2007). Elaboração: autora da pesquisa.

Como exposto na Figura 13, o total de focos de calor registrado no recorte dos anos de 2008 – 2015, corresponde a 54% ao total de focos analisados que incidiram no município de Mucugê, sendo superior quando comparados aos anos de 2000 - 2007, que juntos concentram 36,67% dos focos de calor para os anos em análise. Assim, é evidenciado que a distribuição dos focos de calor, tanto em Mucugê quanto na Caatinga, não possui um padrão de aumento ou diminuição ao passar dos anos. Soares e Santos (2002), avaliam que os eventos de incêndios florestais estão diretamente ligados à influência de questões meteorológicas, e por tal motivo, não seguem um padrão em sua ocorrência, visto que há variação de outros fatores determinantes, tais como, a precipitação pluviométrica durante os anos.

**Figura 13:** Gráfico dos focos de calor nos anos de 2008 a 2015

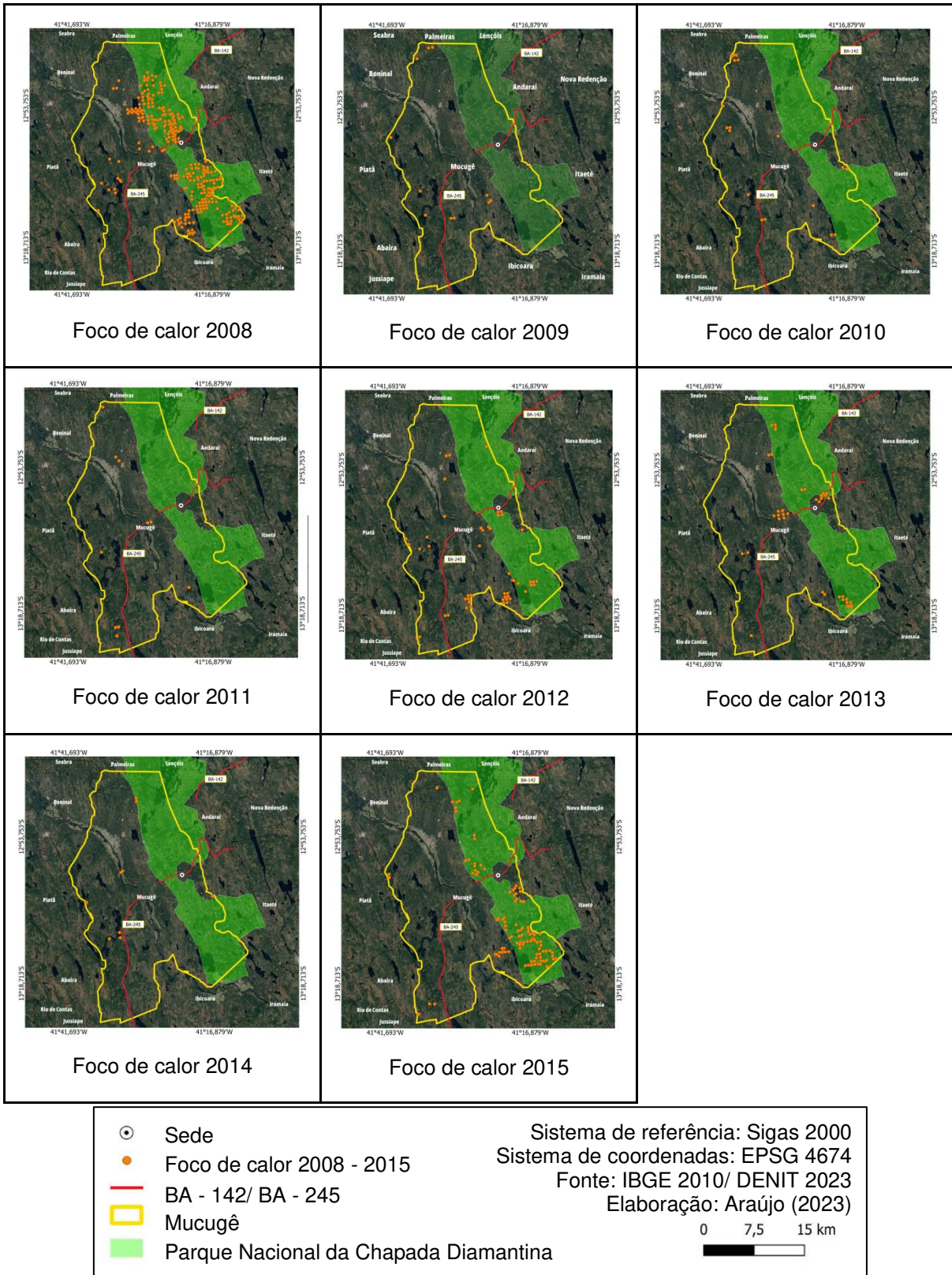


Fonte: Araújo, 2023.

Com base na Figura 13, destaca-se o aumento de focos de calor para o ano de 2008 e 2015, como observado na Figura 14, nesses anos ocorreram os dois últimos episódios de grandes incêndios no PNCD (Franca-Rocha *et al.*, 2017), sendo que tal fato pode ser relacionado a resultados observados por Mesquita *et al.* (2011), em 2008 as condições eram extremamente favoráveis à ocorrência de incêndios visto que o ano em questão apresentou, com base nos dados do Instituto Nacional de Meteorologia, volume de chuvas em 94mm, fato que propicia a perda da capacidade

fotossinteticamente ativa da cobertura vegetal (Conceição e Pivello, 2011). É válido ressaltar também que ao analisar e comparar os modelos de 2008 e 2015, é possível perceber que algumas áreas acometidas pelo incêndio de 2015 foram queimadas também em 2008, mostrando a recorrência do fogo nesses determinados locais.

**Figura 14:** Mapas de focos de calor de 2008 a 2015 coletados no município de Mucugê – BA



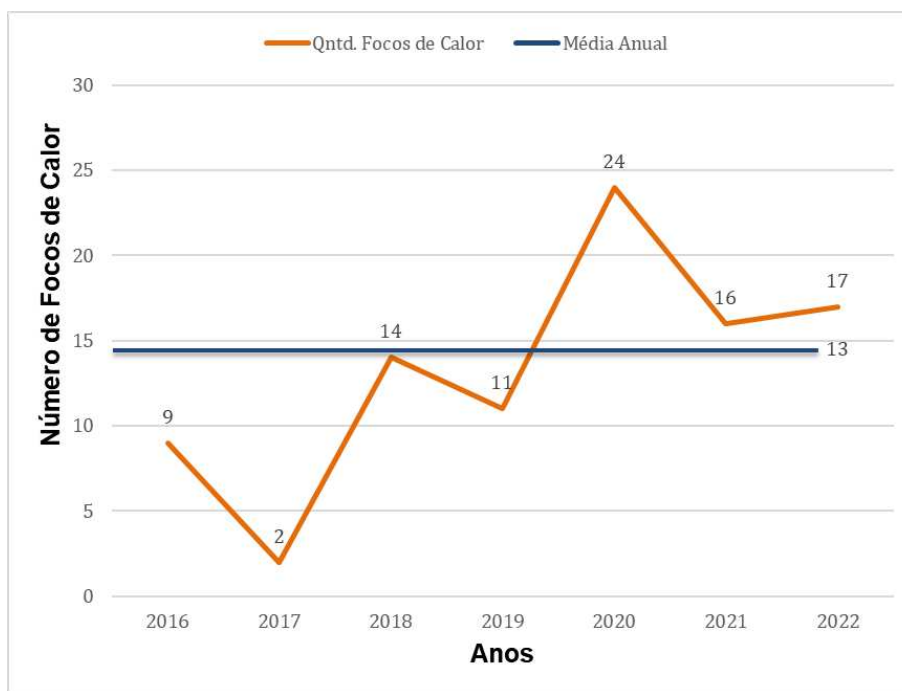
Fonte: Bahia SEI (2022); IBGE (2021); BDQueimadas (2008 - 2015). Organização: autora da pesquisa.

Os anos de 2007 e 2008, foram os anos críticos neste período de análise (2000 a 2015). Dito isso, os dados encontrados por Mesquita *et al.* (2011) mostram que um forte componente climático tem influenciado a intensidade dos eventos de fogo, considerando que os principais eventos de ocorrência de incêndios coincidem com os anos nos quais ocorreram o fenômeno El Niño.

Em um estudo experimental sobre o combustível disponível para a ocorrência de incêndios em vegetação, na área circundante ao Parque Nacional da Chapada Diamantina, Conceição e Pivello (2011) observaram que o período com precipitação reduzida que ocorreu 30 dias antes das queimadas experimentais favoreceu a combustão do material, uma vez que, reduziu a capacidade fotossinteticamente ativa da cobertura vegetal.

Não só as condições de umidade e temperatura, mas também a quantidade de material vegetal morto é importante para o favorecimento do desencadear de incêndios. Para tanto, os autores ainda consideram que a vegetação campestre é considerada uma das mais inflamáveis devido à grande quantidade de combustível fino, o qual ocorre em 76,8% do PNCD, bem como nas formações campestres de Cerrado no entorno do Parque Nacional (Funch *et al.*, 2009; Conceição e Pivello, 2011).

Na Figura 15, o ano de 2016 demonstrou valores extremamente baixos em comparação ao ano de 2015. Os dados do recorte de 2016 - 2022 demonstraram a detecção de 93 focos de calor para a área estudada, tendo ápice de focos localizados no ano de 2020, com 24 focos de calor registrados. O ano de 2016 demonstrou a ocorrência de focos de calor, semelhantes aos valores dos anos de 2001 e 2014.

**Figura 15:** Gráfico dos focos de calor nos anos de 2016 a 2022.

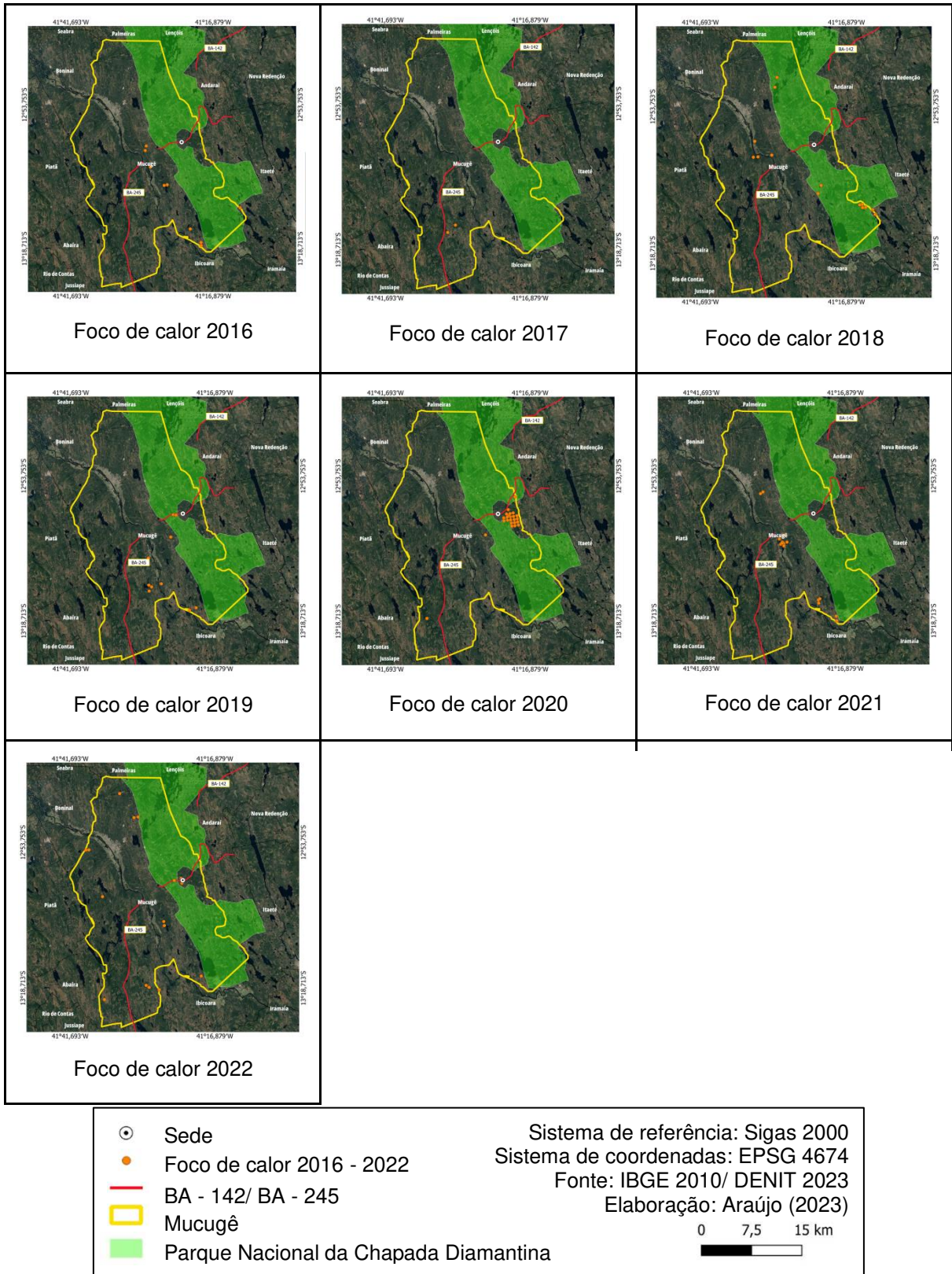
Fonte: Araújo, 2023.

Em 2020 foram encontradas uma grande extensão de incidências de focos de calor, cerca de 2 vezes mais do que o ano anterior, mesmo com informações de precipitações anuais acentuadas, o que dá indícios de incêndios de origem antrópica, causadas por práticas de incêndios criminosos ou prática de queimadas de pastagens. Essa discrepância se acentua ainda mais pelo fato de que as ocorrências registradas no ano 2017 foi abaixo da média deste recorte e também dos 16 anos analisados anteriormente, esse resultado pode ser considerado inédito, decorrente de ações empregadas nas áreas de monitoramento, combate e investigação (ICMBIO, 2018).

Mélo *et al.* (2011) apontam a relação entre o risco de queimadas, as condições climáticas e atmosféricas e a ação antrópica, e afirmam que a interação entre estes fatores pode produzir períodos com maior ou menor número de focos de queimadas. Além disso, nos períodos de seca a vegetação encontra-se mais propícia à combustão. Assim, Silva Júnior *et al.* (2018) afirmaram que há maior risco de fogo quando há um déficit hídrico, pois, o material vegetal se torna altamente inflamável. Fatores como precipitação, umidade relativa, temperatura média e evaporação total fazem parte dos aspectos climatológicos que influenciam na alternância entre os períodos de seca e os períodos de chuva.

Assim, o ano de 2020, Figura 16, demonstra uma dinâmica de focos de calor próximos a sede do município e entre a área do Parque Nacional da Chapada Diamantina e o limite territorial do município. Esta área tem como característica a vegetação a Savana Parque, possuindo períodos de clima frio e seco, além da proximidade com a Área Edificada, o que favorece o aumento de focos de calor. Segundo Hoffmann *et al.* (2012), as savanas estão entre os tipos de vegetação mais propensas a ocorrência de fogo, sendo a presença de gramíneas uma das principais causas da sua alta flamabilidade.

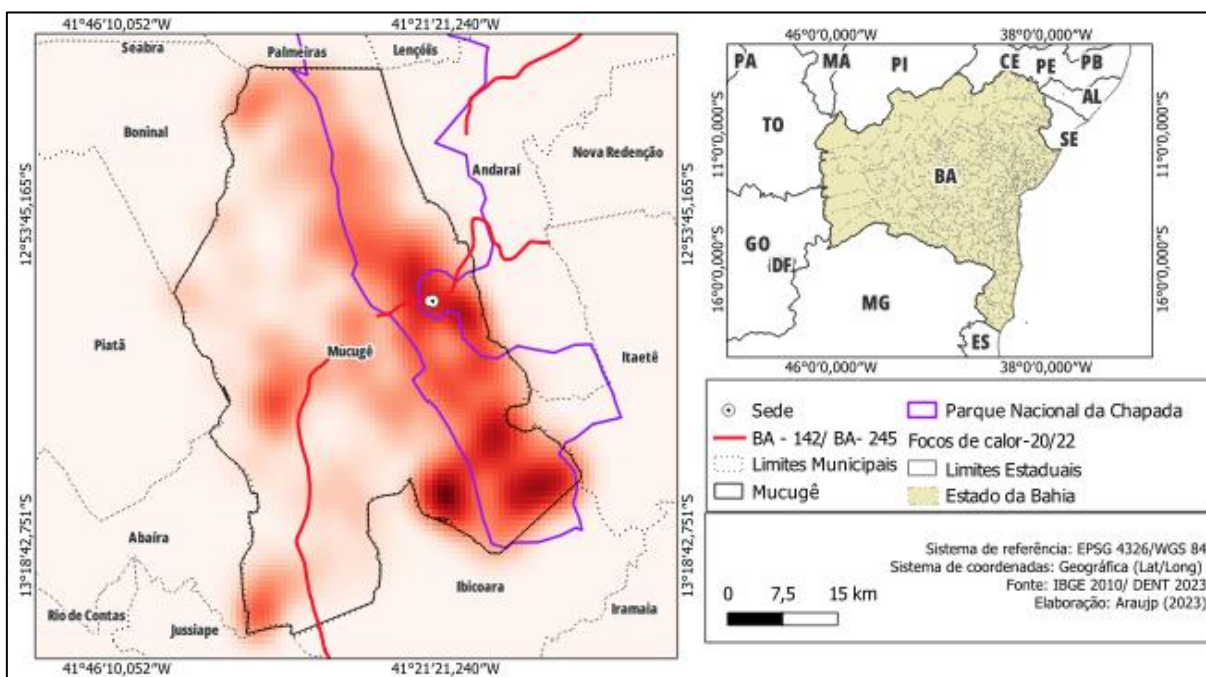
**Figura 16:** Mapas de focos de calor de 2016 a 2022 coletados no município de Mucugê – BA



Fonte: Bahia SEI (2022); IBGE (2021); BDQueimadas (2016 - 2022). Elaboração: autora da pesquisa.

A série histórica anual dos focos de incêndio na área de estudo apresenta os focos de calor entre os anos de 2000 a 2022 (Figura 17). Observa-se que o maior percentual de focos ocorreu no ano de 2008, e quando visto no mapa, é notável que a maioria dos focos de calor estão localizados na região de Mucugê, inserido no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) e próximo a área de limite do PNCD. Como já discutido, 2008 foi o ano com déficit hídrico, combinado às características físicas específicas da região de Savana Parque, que é constituída essencialmente por um estrato graminóide, assim o PNCD é mais vulnerável à ocorrência de focos de calor.

**Figura 17:** Mapa de focos de calor de 2000 a 2022 coletados no município de Mucugê – BA



Fonte: Bahia SEI (2022); IBGE (2021); BDQueimadas (2000 - 2022). Elaboração: autora da pesquisa.

Os anos com maior intensidade de episódios de focos de calor na área em estudo (2007 e 2008), podem ter recebido maior influência dos efeitos do El Niño que, segundo Mesquita e cols. (2011) podem estar relacionados às ocorrências de focos de calor já que os anos com maior intensidade são aqueles influenciados pelo El Niño que, no Brasil, pode interferir nos ciclos de chuva resultando em períodos de estiagem.

Considerando que na Bahia, a UC Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) está localizada em áreas que Silva e cols. (2013) consideram como a Savana brasileira, composto pelos biomas Cerrado e Caatinga, áreas semiáridas e com a

vegetação propensa à combustão. Assim, é destacado a importância de uma fiscalização com base no Decreto nº 91.655 de 17 de setembro de 1985, para preservar os recursos naturais e garantir oportunidades para uso controlado e ações educativas e científicas, contribuindo para a manutenção de estruturas e sítios com interesse histórico e cultural (Brasil, 1985).

Deste modo, a análise do fator topográfico é de suma importância pois ele exerce uma relevante ação sobre as condições climáticas além de determinar o tipo de combustível em uma determinada área, contribuindo no comportamento do fogo. Assim, ao se fazer uma análise da vegetação, do uso e ocupação da terra e da declividade com as áreas queimadas é possível perceber que as áreas com elevação acima de 1.300m e superior a 8% de declividade, correspondem a área do Parque Nacional da Chapada Diamantina, com abrangência do Refúgio Vegetacional Montano, correspondendo a 31,74% de Mucugê, área com maior número de cicatrizes deixadas por incêndios florestais nos anos de estudo.

Os resultados da análise do uso e ocupação da terra na área de estudo constataram uma maior concentração de área queimada do Parque Nacional da Chapada Diamantina em todos os anos de pesquisa, essa análise se deu devido ao crescimento da agricultura no PNCD com o aumento da olericultura, fruticultura, floricultura e cafeicultura, assim como o aumento das estruturas de produção agrícola que se baseia na agricultura familiar (MAGALHÃES JÚNIOR; WINKALER, 2020). Além disso, quando detectados os focos de calor de Mucugê, também foram encontradas cicatrizes deixadas pelos incêndios na Formação Não Florestal e na Área Antropizada.

Ademais, a ocorrência de focos de calor na região estudada tende a aumentar com valores mais altos de densidade de vias, destacando essa variável com duplo comportamento em relação ao fogo, pois são áreas potenciais quanto a ignição, e barreiras, quanto à propagação do fogo. Conseqüentemente, as áreas com maior potencial de ocorrência de fogo se concentram em regiões mais urbanizadas, principalmente, na sede do município de Mucugê e no eixo da rodovia BA 245. Ainda, a presença de vias permite o acesso direto ao fluxo de pessoas que, muitas vezes, são agentes causadores de fogo. Entretanto, as áreas com maior potencial de ocorrência próximas a sede do município oferecem maior risco, pois a influência

antrópica, principalmente em alta temporada de visitas, pode ser fator preponderante para a ocorrência de incêndios florestais (Ferreira *et al.* 2019).

Para estudos futuros, sugere-se análise mais aprofundada de Mucugê, principalmente na área correspondente ao Parque Nacional da Chapada Diamantina, pois apresentou maior ocorrência de focos de calor e sua relação com o uso e cobertura do solo, a fim de avaliar as atividades mais recorrentes. Por fim, acredita-se que este estudo poderá ser utilizado para embasar políticas públicas para evitar ou reduzir focos de incêndio no município de Mucugê.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Mucugê está inserido em uma importante Unidade de Conservação, o Parque Nacional da Chapada Diamantina, além de estar no domínio morfoclimático do Cerrado, (Nimer, 1989), onde predomina o clima tropical semi-úmido, caracterizado por uma estação seca e outra chuvosa. Na estação seca, há queda na umidade relativa do ar e são registradas também as maiores intensidades de vento. As condições climáticas, associadas às características geoambientais da região, propiciam a propagação de queimadas, especialmente durante o período seco e início do período úmido.

Nesta pesquisa, desenvolveu-se mapas de focos de calor, e relacionou com cinco variáveis geoambientais associadas à propagação de queimadas no município: hipsometria, densidade de vias de circulação, declividade, vegetação e uso e ocupação do solo. Estas variáveis foram selecionadas a partir da existência de relação espacial entre elas e as áreas críticas de recorrência de queimadas.

Os dados observacionais da superfície, disponíveis no BDQUEIMADAS, possibilitaram a construção da espacialização dos focos de calor com o QGIS, a partir dos mapas gerados e analisados, constatou-se que a região do município de Mucugê é uma área de maior potencial de propagação de focos de calor, além das regiões próximas à rodovia e à sede do município.

Ademais, as características geoambientais dessa região, demonstram potencial para ocorrência e recorrência de focos de calor anuais. Já quanto ao mapa de densidade de vias realizada pela função de Kernel apresentou a capacidade de prever sobre a distribuição e intensidade dos focos permitindo conclusões sobre a espacialidade das áreas susceptibilidades, representando uma ferramenta com grande aplicabilidade no monitoramento e interpretação das causas dos incêndios no município.

O objetivo proposto foi comprovado nos mapas gerados de vegetação, uso e ocupação do solo, declividade, hipsometria e densidade de vias. Dessa forma, observou-se a dinâmica das ocorrências de focos de calor relacionada a vegetação e ao uso e ocupação do solo, comprovando que as características da região com maiores focos de calor associada a declividade e hipsometria, é propício para ignição

do fogo e por causa dos ventos, se alastra de forma rápida e repentina. Já quanto a densidade de vias, constata – se relação de maior quantidade de focos de calor com a sede de Mucugê e o entorno da rodovia BA 245, onde há circulação maior de pessoas, o que pode justificar os incêndios antrópicos/criminais. Assim, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nesta área, visando à valorização e preservação, principalmente da região do Parque Nacional da Chapada Diamantina, embasada em instrumentos que contribuam na minimização da ocorrência e recorrência de focos de calor nesta Unidade de Conservação.

## 6. REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**, Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, Ateliê Editorial, v. 4, 2017.
- ADÁMEK, M.; BOBEK, P.; HADINCOVÁ, V.; WILD, J.; KOPECKÝ, M. Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 336, p. 81-90, 2015.
- AJIN, R. S.; LOGHIN, A. M.; KARKI, A.; VINOD, P. G.; JACOB, M. K. Delineation of forest fire risk zones in Thenmala forest division, Kollam, Kerala, India: a study using geospatial tools. **J. Wetlands Biodiversity**, v. 6, p. 175-184, 2016.
- ALTHOFF, T.D.; MENEZES, R.S.C.; DE CARVALHO, A.L.; DE SIQUEIRA PINTO, A.; SANTIAGO, G.A.C.F.; OMETTO, J.P.H.B.; VON RANDOW, C.; DE SÁ BARRETTO SAMPAIO, E.V., 2016. Climate change impacts on the sustainability of the firewood harvest and vegetation and soil carbon stocks in a tropical dry forest in Santa Teresinha Municipality, Northeast Brazil. **For. Ecol. Manage.** 360, 367–375, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.001>.
- ARAÚJO, C. S. F.; SOUSA, A. N. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.
- ARAÚJO, M, F; FERREIRA, G, L; Satellite-based automated burned area detection: A performance assessment of the MODIS MCD45A1 in the Brazilian Savana. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 36, p. 94-102, 2015.
- ARMENTERAS-PASCUAL, D.; RETANA-ALUMBRETEROS, J.; MOLOWNY-HORAS, R. Characterising fire spatial pattern interactions with climate and vegetation in Colombia. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 151, p. 279-289, 2011.
- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83-92, 2011.
- BAHIA. Decreto nº 8.394 de 13 de dezembro de 2002. **Deliberação do Plano de Ações Interagências para Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do Estado da Bahia e dá outras providências**. Disponível em: <https://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/78076/decreto-8394-02?print=true>. Acesso 12 jan. 2023.
- BARBERI, A.; DOS SANTOS, H. G.; OLIVEIRA, I. E. A.; GOMES, M. F. **Elaboração de Mapas Temáticos no Quantum GIS**. Curso do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). 5. Ed. Abr. 2012.

BASTARRIKA, A. Y.; CHUVIECO, E. Cartografía del área quemada mediante crecimiento de regiones: aplicación en entornos mediterráneos con imágenes TM y ETM+. **GeoFocus**, Jacupiranga, n. 6, p. 182-204, out. 2006.

BASTARRIKA, A.; CHUVIECO, E.; MARTÍN, M. P. Automatic Burned Land Mapping From MODIS Time Series Images: assessment in Mediterranean Ecosystems. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 49, n. 9, p. 3401-3413, 2011.

BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélite. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 237-241, 2004.

BATISTA, T. D. **Utilização de Ferramentas de Geoprocessamento para Análise dos Focos de Calor e Áreas Queimadas no período de 2011 a 2013 e Determinação de Locais Ideais para Instalação de Torres de Vigia no Parque Nacional Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado). Sistemas de Informações Geográficas – Tecnologias e aplicações. Universidade de Lisboa. 2014. 128f.

BELLO, J. P.; VASQUES FREITAS, A. C.; MARIA VIEIRA, E. Uma Análise do risco de fogo para o bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 734–759, 2023.

BITTENCOURT, D.Z.; BAZZAN, T.; LAHM, R.A. Análise temporal e espacial dos focos de calor no município de São Francisco de Paula, RS, no período entre 2003 e 2012. **Caderno de Estudos Geoambientais** – CADEGEO, outubro, 2013.

BÖHER, J.; ANTONIC, O. Land Surface Parameters Specific to Topo-Climatology. HENGL, T.; REUTER, H. I. In.: **Geomorphometry: Concepts, software, applications**. Oxford: Elsevier, 2009.

BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. **Fire and plants**. Chapman and Hall, Londres. 1996.

BRASIL. **LEI Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo código florestal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm) . Acesso em 19 abr. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967**. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5197compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5197compilado.htm) . Acesso em 19 abr. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm) . Acesso em 19 abr. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 91.655 de 17 de setembro de 1985**. Cria o Parque Nacional da Chapada Diamantina. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D91655.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/D91655.htm)>. Acessado em: jun. de 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Presidência da República, Casa Civil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em 19 abr. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 41 de 13 de setembro de 1989**, que dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal - Artigos 9º e 29.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 003**, de 28 de junho de 1990. Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar. Publicado no D.O.U.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. LICENCIAMENTO AMBIENTAL – Normas e procedimentos. Publicada no D.O.U., de 22 de dezembro de 1997.

BRASIL. **LEI Nº 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nºs 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 - Código Civil; e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13425-30-marco-2017-784547-publicacaooriginal-152268-pl.html>. Acesso em 12 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública**. Queimadas e incêndios florestais: alerta de risco sanitário e recomendações para a população. Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/queimadas\\_incendios\\_florestais\\_alerta\\_risco.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/queimadas_incendios_florestais_alerta_risco.pdf). Acesso em 08 mar. 2023.

BRASIL. **LEI 2.465, de 13 de setembro de 2022**. Cria o Sistema Nacional de Prevenção, Combate e Monitoramento de incêndios florestais – SISFLOBRAS e o Comando Nacional de Combate a Incêndios Florestais – CONFLOBRAS, altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e a Lei nº 10.410, de 11 de janeiro de 2002. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2335042>> Acesso em 18 abr. 2023.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> Acesso em 02 mai. 2023.

CAMPOS-GARCIA, V.; CURI, A.; BORGES-BARBOSA, V.S.; CORREIA-BARBOSA, R. Uso do geoprocessamento na análise dos impactos ambientais causados pelo beneficiamento da Pedra Lagoa Santa no Distrito de Fidalgo, Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 723-734, 2019.

CASSETI, Valter. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: CEFRAF – UFG, 1994. 137 p.

CCD. Convenção das Nações Unidas de **Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa (PT): Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 55p.

COLLINS, R. D.; NEUFVILLE, R.; CLARO, J.; OLIVEIRA, T.; PACHECO, A. P. Forest fire management to avoid unintended consequences: a case study of Portugal using system dynamics. **Journal of Environmental Management**, London, v. 130, p. 1-9, 2013.

CONCEIÇÃO, A. A. Alerta para a conservação da biota na Chapada Diamantina. **Ciência Hoje** 27: 54-56, 2000.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIVELLO, V. R. Biomassa combustível em campo sujo no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 146-160, 2011.

CPRM/DNPM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Departamento Nacional de Produção Mineral: Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Folha Mucuge** SD.24-V-C-II, 1990.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Chapada Diamantina: Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA: Informações Básicas para a Gestão Territorial: Diagnóstico do Meio Físico e da Vegetação. Salvador, **CPRM/IBAMA**, 1994. 104 p.

CUI, W.; PERERA, A. H. What do we know about forest fire size distribution, and why is this knowledge useful for forest management? **International Journal of Wildland Fire**, v. 17, p. 234-244, 2008.

DE QUEIROZ, L.P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.F.; MORO, M.F., 2017. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds.), **Caatinga - the Largest Tropical Dry Forest Region in South America**, pp. 23-63.

DWYER, E.; PINNOCK, S.; GREGOIRE, J. M.; PEREIRA, J. M. C. Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, p. 1289-1302, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Geotecnologia**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-geotecnologias> Acesso em 17 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA TERRITORIAL). **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018.

FERREIRA, I. J. M.; ESCADA, M. I. S.; ARAGÃO, L. E. O. C. Influência da Densidade de Estradas na Ocorrência de Focos de Calor na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Santos – SP, 2019. Disponível em:

<<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.05.18.47/doc/97315.pdf?languagebutton=en>>. Acesso em 29 jun. 2024.

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

FITZ, P.R. **Cartografia básica**. Oficina de Textos, 2008.

FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção de incêndios florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2003. 112 p.

FRANCA-ROCHA, W. J. S.; SANTOS, S. M. B.; GONCALVES, A. J. B.; FERREIRA-LEITE, F. Are There Mega Fires in Brazilian Savannas? The National Park of Chapada Diamantina Case (Bahia, Brazil) In: António José Bento Gonçalves; António Avelino Batista Vieira; Maria Rosário Melo Costa; José Tadeu Marques Aranha. (Org.). **Wildfi res: Perspectives, Issues and Challenges of the 21st Century**. 1ed. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc. v. 1, 2017, p. 29-54.

FRANÇA, H.; RAMOS, M. B. & SETZER, A. 2007. **O Fogo no Parque Nacional da Emas**. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília, 140p.

FREIRE, S.; CARRÃO, H. e CAETANO, M.R. **Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares**. Lisboa: Instituto Geográfico Português, 2004.

FUENTES-SANTOS, I.; MAREY-PÉREZ, M. F.; GONZÁLEZ-MANTEIGA, W. Forest fire spatial pattern analysis in Galicia (NW Spain). **Journal of Environmental Management**, London, v. 128, p. 30-42, 2013.

FUNCH, R. R.; HARLEY, R. M.; FUNCH, L.S. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9(2). p. 21-30, 2009.

GANEM, R. S; VIANA, M. B. **História ambiental do Parque Nacional da Chapada Diamantina/BA**. Brasília: Consultoria Legislativa, 2006.

GIGLIO, L.; VAN DER WERF, G. R.; RANDERSON, J. T.; COLLATZ, G. J.; KASIBHATLA, P. Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 4, p. 957-974, 2006.

GONZALEZ, D; COSTA, A. da. Análise da percepção de risco e vulnerabilidade dos alunos do ensino médio na vivência de Nova Friburgo RJ após desastre natural de 2011. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 9, p. 187-211, 2016.

HARDESTY, J.; MYERS, R; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum**, v. 22, n. 4, p. 78-87, 2005.

HARLEY, R. M. Introducion In: Stannar BL (ed.) Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Brazil. Kew: **Royal Botanic Gardens**, p. 1-42, 1995.

HUESCA, M.; LITAGO, J.; MERINO-DE-MIGUEL, S.; CICUENDEZ-LÓPEZOCANA, V.; PALACIOS-ORUETA, A. Modeling and forecasting MODIS-based Fire Potential Index on a pixel basis using time series models. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 26, p. 363-376, 2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2018.

IBAMA. Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Relatório de combate ampliado**. IBAMA – PREVFOGO: Brasília. 11 fl, 2008.

IBAMA/ Prevfogo. **Relatório de Ocorrências de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2005 – 2008**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 2009.

IBAMA; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. s.d. **Incêndios Florestais**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/incendios-florestais/incendios-florestais>. Acesso em set. de 2022.

IBAMA. **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Heloisa Sinátora Miranda, organizadora. – Brasília: IBAMA, 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo 2010, 2011**. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. **Censo 2020, 2021**. Brasília, 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia**. 1989.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. **Apostila para formação de brigadista de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília, 2010. Acesso em out. de 2022.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. **Chapada Diamantina tem a menor área de incêndios**. Brasília, 13 de jun. de 2018. Disponível em: < <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/chapada-diamantina-tem-a-menor-area-de-incendios>>. Acesso em jun. de 2024.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. “Normais Climatológicas do Brasil (2000 - 2022) – Umidade Relativa do Ar Compensada”. Brasília. Acesso em fev. de 2024.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. “BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - Série Histórica – Velocidade do Vento Média (mps)”. Brasília. Acesso em fev. de 2024.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **O monitoramento de queimadas em tempo quase-real do INPE. - Divisão de satélites e sistemas ambientais.** 2007. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em out. de 2022.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Banco de Dados de queimadas (BDQUEIMADAS).** Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em 20 jan. 2023.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Perguntas frequentes. 2017.** Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em 20 jan. 2023.

JESUS, J. B. de; ROSA, C. N. da; BARRETO, I. D. de C.; FERNANDES, M. M. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, 30(1), 176–191, 2020.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga.** Recife: Editora Universitária, 2003.

LOPES, E. R N; SILVA, A. P. P; PERUCHI, J. F; LOURENÇO, R W. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas no Município de Sorocaba, São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia.** v. 36, 2018.

LOPES, L. **Modelação do Risco e Dinâmica do Fogo para Apoio ao Planejamento e Gestão do Espaço Florestal Caso de Estudo – Bacia Hidrográfica do Rio Estorãos.** Dissertação (mestrado). Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território. Viana do castelo: Portugal, 2013.

MAGALHÃES JÚNIOR, W.S.; WINKALER, E.U. Agrotóxicos e Chapada Diamantina: consumo e saúde de pequenos agricultores de Mucugê e Ibicoara, Bahia. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 12, pág. e5491210788, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i12.10788. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10788>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MANSO, F. T.; BENTO, J.; BOTELHO, H.; PINTO, R.; FERREIRA, P.; MAGALHÃES, M.; GOMES, M. Avaliação de características regionais e sazonais inerentes ao regime de fogo e ao pastoreio. **Silvalusitana**, 18 (1): 27-45, 2010.

MAPBIOMAS. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/> >. Acesso em 09 mar. 2023.

MARCONI, M. de A.; LAKATUS, E. M. **Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo. Atlas, 2004.

MARIANO, D. A. *et al*/ Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 213, p. 129-143, 2018.

MATIAS, L. F. Por uma Economia Política das Geotecnologias. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Nuevastecnologias/Cartografia/matematica/10.pdf>. Acesso em 17 jan. 2023.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.

MÉLO, A. S.; JUSTINO, F.; LEMOS, C. F.; SEDIYAMA, G.; RIBEIRO, G. Suscetibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.3. set. 2011. p. 401 – 418. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862011000300007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862011000300007&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 19 mar. 2022.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. de. (Orgs.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB/CNPq, 2012. 276 p.

MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; GONÇALVES, C.N.; BERLINCK, C. N.; LINTOMEN, B. S. 2011. Histórico dos incêndios na vegetação do Parque Nacional da Chapada Diamantina, entre 1973 e abril de 2010, com base em imagens Landsat. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2: 228- 246.

MORAES, R. **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EdIPUCRS, 2003.

MOUILLOT; F; SCHULTZ, M. G.; YUE, C.; CADULE, P.; TANSEY, K.; CIAIS, P.; CHUVIECO, E. Ten years of global burned area products from spaceborne remote sensing - a review: Analysis of user needs and recommendations for future developments. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 26, p. 64-79, 2014.

NEVES, S. P.; CONCEIÇÃO, A. A. 2010. **Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

NEARY, G.D.; KLOPATEK, C.C.; DEBANO, L.F. & FOLLIOTT, P.F. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. **For. Ecol. Manag.**, 122:51-71, 1999.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro:IBGE, Dep. De recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989.

NOBREGA, M. A.; MEGURO, M. **Diversidade de Fitofisionomias e Aspectos Fisiográficos da Região Sudeste da Chapada Diamantina – BA**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, U. C.; OLIVEIRA, P. S. Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015. **Revista Espaço aberto**, v. 7, p. 87-99, 2017.

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Histórico da pandemia de COVID-19. Brasília: OPAS; 2021.

PAIM, G. F.; ROCHA, W. J. S. F.; CHAVES, J. M.; VALE, R. C. O uso de geotecnologias para mapeamento geomorfológico no município de Mucugê - BA. V Simpósio Nacional de Geomorfologia, **I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**, UFSM - RS, 2004.

PEREIRA, J. M. C.; CHUVIECO, E.; BEAUDOIN, A; DESBOIS, N. **Remote sensing of burned areas: a review**. In: **Chuvieco, E. Remote sensing of burned areas: a review**. Espanha: Universidad de Alcalá, 1997.

PEREIRA, J. M. C. A comparative evaluation of NOAA/AVHRR vegetation indexes for burned surface detection and mapping. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 37, n. 1, p. 217-226, Jan. 1999.

PEZZOPANE, J. E. M.; NETO, S. N. O.; VILELA, M. F. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, 8: 161-166, 2012.

PILÓ, Luís. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. UGB, ano1, nº 1, 2000.

PINTO, O., An overview of cloud-to-ground lightning research in Brazil in the last two decades. In: 20th International Lightning Detection Conference, 2008.

PIVELLO, V.R., The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecol.** 7, 24 – 39, 2011.  
<https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da Queima Sobre Atributos Químicos, Físicos e Biológicos do Solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, 2011.

RODRIGUES, R. P.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Identificação das zonas de ocorrência de incêndios no Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, p. 8043–8050, 2011.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação Ambiental e Desertificação no Semi-Arido Brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/574679>. Acesso em 20 jan. 2023.

SCHIMITH, R.S.; FARIA, A.L.L.; SCHIMITH, D.S.B. Uso do geoprocessamento na análise ambiental da APA Carste de Lagoa Santa - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: UFOP, 2007. p. 263-270.

SEABRA, G. **Chapada Diamantina: o falso brilhante**. Ituiutaba: Barlavento, 2017.

SETZER, A.; MORELLI, F.; RIVERA-LOMBARDI, R. **Estimativa quinzenal de áreas queimadas**. In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

SILVA, E. C. G.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; SILVA, G. M. A.; NEVES, F. P. Análise Temporal da Ocorrência de Incêndios Florestais nas Américas e região do Caribe. **Nativa**, v. 6, p. 491-497, 2018.

SILVA FILHO, E. B.; TELES, L. de J. S.; SANTOS NETO, L. A. dos. Ocorrências de focos de calor no estado de Rondônia em 2007. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, p. 123-140, 2009.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; RODRIGUES, B. D. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 35, p. 1-14, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.142407. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/142407/142003>. Acesso em 23 abr. 2023.

SILVA, J. X da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: J.Xavier da Silva, 2001. 228 p.

SILVA, T. B.; ROCHA, W. J. S. F.; ANGELO, M. F. Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 2013.

SMITH, A. M. S.; HUDAK, A. T. Estimating combustion of large downed woody debris from residual white ash. **International Journal of Wildland Fire**, v. 14, p. 245-248, 2005.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1983 a 2002. In: II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal., 2005, Blumenau, SC. **Anais do II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal**. Curitiba: UFPR/FURB/FUPEF, 2005. v. 1. p. 1-10.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Curitiba: **Floresta**, v.32, n.2, p.219-232, 2002.

SOUZA, L. S. N. **Análise de Impactos das Queimadas sobre a Saúde Humana: um estudo de caso do Município de Rio Branco – Acre. 2008.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP), Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2008\\_Souza\\_Analise\\_MSc\\_ENSP\\_DE3os.pdf](https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2008_Souza_Analise_MSc_ENSP_DE3os.pdf)>. Acesso em 08 mar. 2023.

STRADMANN, M. T. S. **Plano de manejo do Parque Municipal de Mucugê.** Mucugê, BA: Projeto Sempre Viva, 1998. 450 p.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Perfil socioeconômico do município de Mucugê.** Secretaria de Planejamento, 2011. Disponível em: [https://www.sei.ba.gov.br/images/informacoes\\_por/municipio/nota\\_tecnica/2921906\\_mucuge.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/images/informacoes_por/municipio/nota_tecnica/2921906_mucuge.pdf). Acesso em 18 jan. 2023.

TORRES, F. T. P. Relação entre fatores climáticos e ocorrência de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 162-171, 2006.

TROPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente.** 3ª ed. Rio Claro: Impress Graff, 1989.

VIEIRA, DOS S. G. **Análise Espaço-Temporal do Fogo no Bioma Caatinga,** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 42 p, 2021.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental.** Rio de Janeiro: sn, 2001. 228 p.

XAVIER-DA-SILVA, J.; GOES, M. H. B.; MARINO, T. B. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA-RJ**, n. 79, p. 42-44, 2009.

ZHAN, X.; SOHLBERG, R. A.; TOWNSHEND, J. R. G.; DIMICELI, C.; CARROL, M. L.; EASTMAN, J. C.; HANSEN, M. C.; DEFRIES, R. S. Detection of land cover changes using MODIS 250m data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, n. 2, p. 336-350, Nov. 2002.