



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE  
JANEIRO INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO FERREIRA DE SOUSA**

**FOCOS DE INCÊNDIOS NO ESTADO DO SERGIPE**

Prof. Bruno Araujo Furtado de Mendonça

Orientador

SEROPÉDICA, RJ

JULHO – 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE  
JANEIRO INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO FERREIRA DE SOUSA**

**FOCOS DE INCÊNDIOS NO ESTADO DO SERGIPE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA

Orientador

SEROPÉDICA, RJ

JULHO – 2023

# **FOCOS DE INCÊNDIOS NO ESTADO DO SERGIPE**

**RODRIGO FERREIRA DE SOUSA**

APROVADA EM: 19/07/2023

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Bruno Araujo Furtado de Mendonça – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. Henderson Silva Wanderley – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Dr. Marcel Carvalho Abreu – UFRRJ  
Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia à espiritualidade, família,  
orientador e amigos

## AGRADECIMENTO

Ao mestre, professor e orientador Bruno Araujo Furtado de Mendonça pelo carinho, preocupação, paciência, disponibilidade e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos, além de sensibilidade, que o diferencia como educador.

Aos meus familiares queridos, em especial, Marilea da Silva Ferreira e Marilene Ferreira Vieira, por me apoiarem sempre em todas as escolhas, pelo amor, financiamento e compreensão em tudo, sempre foram minha estrutura sólida para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, me dando força e coragem para a concretização desta monografia.

Aos meus guardiões espirituais que sempre me guiaram e me guiam até hoje, me dando todo o alimento espiritual para minha contínua jornada neste mundo, sem essa força seria praticamente inexistente meu sucesso. Axé para o meu povo, gratidão as linhas de Umbanda, Kimbanda e Candomblé.

A minha especial e preciosa Gatinha, uma senhora de 15 anos (gata fêmea) que sempre esteve comigo, mesmo não dando uma palavra sequer, mas irradiando amor, carinho apenas em seus singelos gestos, obviamente é meu amuleto da sorte.

Aos grandes e queridos amigos que construí na Engenharia Florestal, Larissa, Lohana, Geovane, Arthur 's, dentre outros que passaram pela minha jornada nesta querida universidade, sem eles meu caminho teria sido muito mais árduo.

A todos os mestres que passaram pela minha jornada no curso de Engenharia Florestal e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

As queimadas controladas e incêndios florestais vêm se intensificando cada vez como uma das principais causas de impactos negativos à fauna e flora e a necessidade da utilização de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são importantes para o gerenciamento de análise de suas distribuições espaciais e temporais. Tais ferramentas podem proporcionar métodos mais efetivos de prevenção e combate ao fogo. A presente monografia possui o objetivo de fazer um diagnóstico dos focos de calor detectados por 17 satélites nos anos de 2017 a 2021, nos municípios do estado de Sergipe e relacionar com dados pluviométricos do Estado e variantes ambientais e demográficas. As análises dos focos de calor foram processadas usando o software QGIS 3.30.0, onde foi realizada a exclusão dos focos de calor redundantes captados por diferentes satélites do INPE e obtidos no mesmo período temporal de estudo. As análises estatísticas da relação dos focos de calor com as variáveis independentes obtiveram um coeficiente de correlação inversamente proporcional para a precipitação mensal média ( $r = -0,767$ ;  $R^2 = 0,589$ ), área total dos municípios ( $r = 0,573$ ;  $R^2 = 0,329$ ), área de agropecuária ( $r = 0,538$ ;  $R^2 = 0,289$ ), área florestal ( $r = 0,492$ ;  $R^2 = 0,242$ ), área não vegetada ( $r = 0,218$ ;  $R^2 = 0,047$ ), densidade demográfica ( $r = -0,037$ ;  $R^2 = 0,0013$ ) e população ( $r = 0,100$ ;  $R^2 = 0,010$ ). Foram registrados 7663 focos de calor pelos satélites do INPE em todo o estado de Sergipe entre 2017 e 2021. Os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Dezembro tiveram os maiores registros de focos de calor; Abril, Outubro e Novembro apresentaram registros intermediários de ocorrências e, Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro foram os meses que tiveram um menor registro. Japoatã foi o município que apresentou um maior número de focos de calor por área territorial, seguido dos municípios de Laranjeiras, Japaratuba, Capela, Estância, Lagarto, Tobias Barreto e Porto da Folha. Neste sentido, conclui-se que as regiões do estado que apresentaram uma maior incidência de focos de calor, registrados em seu maior caráter pelo satélite geoestacionário NPP - 375, onde obteve uma boa resolução espacial do objeto de estudo em questão (superfície terrestre no Estado de Sergipe), onde foi possível associar uma correlação entre fatores ambientais e o surgimento de focos de calor em determinados municípios de Sergipe, incluindo também a sua condição climática especial, onde temos um verão seco e inverno chuvoso, devido sua proximidade com o Oceano Atlântico e sistemas de baixa pressão, influenciando assim, na ocorrência de focos de calor no estado.

**Palavras-chaves:** Sensoriamento remoto; Queimadas; Municípios de Sergipe.

## ABSTRACT

Controlled burnings and forest fires have been intensifying as one of the main causes of negative impacts on fauna and flora, and the need to use geoprocessing and remote sensing tools is important for managing and analyzing their spatial and temporal distributions. Such tools can provide more effective methods of prevention and fire fighting. The present monograph has the objective of making a diagnosis of hot spots detected by 17 satellites in the years 2017 to 2021, in the municipalities of the state of Sergipe and relating it to pluviometric data of the State and environmental and demographic variants. The hot spot analyzes were processed using the QGIS 3.30.0 software, where the hot spot exclusion was performed. redundant data captured by different INPE satellites and obtained in the same time period of study. Statistical analyzes of the relationship between hotspots and independent variables obtained an inversely proportional correlation coefficient for average monthly precipitation ( $r = -0.767$ ;  $R^2 = 0.589$ ), total area of municipalities ( $r = 0.573$ ;  $R^2 = 0.329$ ), agricultural area ( $r = 0.538$ ;  $R^2 = 0.289$ ), forest area ( $r = 0.492$ ;  $R^2 = 0.242$ ), non-vegetated area ( $r = 0.218$ ;  $R^2 = 0.047$ ), demographic density ( $r = -0.037$ ;  $R^2 = 0.0013$ ) and population ( $r = 0.100$ ;  $R^2 = 0.010$ ). 7663 hot spots were recorded by INPE satellites across the state of Sergipe between 2017 and 2021. The months of January, February, March and December had the highest records of hot spots; April, October and November presented intermediate records of occurrences, and May, June, July, August and September were the months with the lowest number of records. Japoatã was the municipality with the highest number of hot spots per territorial area, followed by the municipalities of Laranjeiras, Japarutuba, Capela, Estância, Lagarto, Tobias Barreto and Porto da Folha. In this sense, it is concluded that the regions of the state that presented a higher incidence of hot spots, recorded in its greatest character by the geostationary satellite NPP - 375, where it obtained a good spatial resolution of the object of study in question (earth surface in the State of Sergipe), where it was possible to associate a correlation between environmental factors and the appearance of hot spots in certain municipalities of Sergipe, also including their condition special climate, where we have a dry summer and rainy winter, due to its proximity to the Atlantic Ocean and low pressure systems, thus influencing the occurrence of hot spots in the state.

**Keywords:** Remote sensing; Burned; Municipalities of Sergipe.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b>	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	X
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	2
<i>2.1 Incêndios Florestais e Queimadas Controladas</i>	2
<i>2.2 Monitoramento e detecção dos focos de calor por satélites ambientais</i>	2
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	3
3.1 Área de Estudo	3
3.2 Base de Dados	5
<i>3.2.1 Focos de Calor</i>	5
<i>3.2.2 Fatores usados para identificar a ocorrência de incêndios e queimadas</i>	7
<i>3.2.3 Análise Estatística</i>	7
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	8
<b>5. CONCLUSÕES</b>	12
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	13

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Satélites com respectivos sensores e suas características básicas 5
- TABELA 2** - Quantidade de focos de calor filtrados por satélites durante o período temporal de estudo. 6
- TABELA 3** - Comparação entre os números de focos de calor antes e após a filtragem dos focos (Focos Filtrados) no período temporal de estudo, bem como, as suas respectivas porcentagens comparativas de redução dos focos e a quantidade e quais satélites presentes no estudo em cada ano. 8
- TABELA 4** - Visualização dos 10 municípios do estado de Sergipe com maiores incidências de focos de calor e seus dados referentes à sua área total, área de floresta (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal), população e densidade demográfica. Os municípios estão agrupados em ordem decrescente e o seu número de código é relativo ao número de todos os municípios (75). 9
- TABELA 5** - Visualização dos 10 municípios do estado de Sergipe com menores incidências de focos de calor e seus dados referentes à sua área total, área de floresta (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal), população e densidade demográfica. Os municípios estão agrupados em ordem crescente. 10

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Variadas utilizações da terra no estado de Sergipe, onde influenciam os focos de calor. 5
- FIGURA 2** - Comparação entre os focos de calor filtrados (F) com os focos baixados no BDQUEIMADAS. 8
- FIGURA 3** - Mapas de distribuição espacial dos focos de calor filtrados nos 10 municípios de Sergipe com maiores registros de focos. 11
- FIGURA 4** - Mapas de distribuição espacial dos focos de calor filtrados nos 10 municípios de Sergipe com menores registros de focos. 12

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Pyne, 1982, o fogo é um fenômeno natural que surge através de uma série de reações físicas e químicas. Em sua essência, o fogo pode estar associado ao setor produtivo da agropecuária eliminando pastagens, facilitando a colheita de algumas plantações, deixando as cinzas depositadas na superfície do solo, retificando e fertilizando o mesmo.

O manejo do fogo em atividades agropastoris ou florestais, com objetivos definidos e área delimitada, quando bem conduzido, é de grande importância para as atividades humanas e ao ambiente, sendo classificado como queimada controlada (SOARES, 1985). Entretanto, se o manejo do fogo for feito sem planejamento técnico prévio, adicionado às atividades antrópicas peculiares, podemos classificar como um incêndio florestal. A queima controlada corresponde ao fogo planejado e com controle, por outro lado, um incêndio florestal corresponde ao fogo não planejado e sem controle. Os incêndios ocasionam riscos para a gestão da biodiversidade natural afetada, induzindo a prejuízos ambientais, financeiros e sociais, sobretudo quando as áreas atingidas localizam-se em regiões de vegetação com suas espécies endêmicas (GONÇALVES et al., 2011).

No estado de Sergipe as queimadas são geralmente realizadas por trabalhadores que manuseiam o plantio de cana-de-açúcar, facilitando assim a colheita do mesmo e pelos pequenos produtores agrícolas que utilizam o fogo para fazer a limpeza em seus terrenos da colheita anterior, sem a autorização da Administração Estadual do Meio-Ambiente - ADEMA, órgão estadual que compete em fiscalizar e atuar nas políticas do meio ambiente no estado de Sergipe. Entretanto, tais queimadas proporcionam a extensão do fogo sem controle, atingindo outras regiões, ocasionando uma das principais causas de ocorrência dos incêndios florestais no Brasil, podendo atingir áreas de conservação florestal, onde possuem espécies endêmicas (SANTOS et al., 2006).

A detecção de queimadas e incêndios florestais a partir de satélites é uma tecnologia utilizada desde a década de 1980, onde as imagens captadas pelos sensores de infravermelho termal, inclusos nestes satélites, são direcionadas para um centro de controle onde são processadas através da utilização de algoritmos de detecção (BATISTA, 2004; WANG et al., 2012). Os satélites da série *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) e o *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), são os mais utilizados por possuírem uma boa aplicabilidade para o monitoramento de sistemas terrestres e atmosféricos, possibilitando imagens com alta periodicidade.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE monitora queimadas e incêndios florestais no território brasileiro, por meio da detecção de focos de calor através de satélites orbitais (INPE, 2023). Os satélites de órbita polar possuem sua trajetória orbital de norte a sul do pólo terrestre fazendo pelo menos dois conjuntos de imagens por dia e os geoestacionários se movem na mesma direção e na mesma velocidade que a Terra, realizando várias imagens a cada hora, ou a cada 10 minutos como o satélite GOES 16, processando centenas de imagens por dia especificamente para detectar focos de queimadas (INPE, 2023). O INPE provê um banco de dados de focos de calor (BDQueimadas) e imagens gratuitas de satélite contribuindo para diversos trabalhos neste campo de estudo.

Yang et al. (2007), afirmam a importância do mapeamento de risco a incêndios florestais por meio de *softwares* de geoprocessamento, estratégias que são necessárias para melhorar a prevenção, mitigação e remediação dos possíveis efeitos negativos dos mesmos, oportunizando

uma ferramenta ímpar para o planejamento territorial ambiental, sobretudo para grandes áreas, de difícil acesso e de valor ambiental e social inestimável, como os biomas.

Desta forma, o presente trabalho possui o objetivo de fazer um diagnóstico dos focos de calor detectados por 17 satélites nos anos de 2017 a 2021, nos municípios do estado de Sergipe e relacionar com dados pluviométricos do Estado e variantes ambientais e demográficas. Se baseando na carência e necessidade de informações acerca dos períodos e locais de ocorrência de incêndios florestais e queimadas controladas, bem como, fornecendo dados para adoção de medidas preventivas no combate ao fogo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Incêndios Florestais e Queimadas Controladas**

Incêndio florestal é um termo que se refere a um fogo sem controle que se propaga livremente, consumindo os variados tipos de material combustível que se possa ter em uma floresta, diferentemente da queima controlada, que se resume na utilização do fogo em uma determinada área, levando em considerações as condições de clima, umidade do solo, direção do vento, entre outros fatores, produzindo a intensidade de calor e a taxa de propagação necessária para favorecer os objetivos de manejo (SOARES, 1985). As causas de um incêndio florestal podem acontecer de forma natural e antrópica, tendo como, uma das poucas causas naturais de incêndios florestais, a incidência de raios, que representam uma porcentagem muito pequena da ocorrência de incêndios. As demais causas são causadas pelo ser humano, dentre elas temos os incêndios originários do uso do fogo na limpeza de terreno, seja para fins florestais, agrícolas ou pecuários, e que tenha escapado ao controle e atingido áreas florestais, os incêndios causados por pessoas que utilizam a floresta como local de recreação e os incêndios originados por trabalhadores florestais em atividade na floresta (HEIKKILÄ et al., 1993).

Segundo Meirelles (1990), os incêndios florestais proporcionam mudanças expressivas na paisagem, sejam elas diretas ou indiretas, afetando diretamente o teor de umidade da região, a temperatura superficial do solo, a disponibilidade de água e de nutrientes tanto para as plantas e animais. A Portaria n. 94 do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA, estabelece que as queimadas controladas são permitidas, após uma autorização e licenciamento por parte do órgão, sendo estas queimadas utilizadas no manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris, florestais e também para contribuir em determinados fins de pesquisas científicas e tecnológicas (IBAMA, 1998). Em determinados tipos de vegetação, a prática da queima controlada resulta num fator benéfico para a fertilidade do solo, levando a liberação de nutrientes e, em alguns casos, a superação da dormência tegumentar de diversas espécies vegetais (Rheinheimer et al 2003). Desta forma, os programas de proteção florestal são ferramentas importantes para se obter tomadas de decisões técnicas e eficazes contra os incêndios florestais, com o objetivo de manter a conservação dos ambientes (LINN et al., 2012).

### **2.2 Monitoramento e detecção dos focos de calor por satélites ambientais**

O monitoramento de queimadas no território brasileiro é bem dinâmico e varia bastante de acordo com a extensão da área que é afetada. Em áreas de pequenas proporções o monitoramento é geralmente pontual, dependendo se o local possui fácil acesso às ações

estratégicas de combate aos incêndios. Em áreas com grandes extensões e/ou áreas de difícil acesso a utilização de técnicas mais abrangentes são necessárias para se obter um dimensionamento da dinâmica do incêndio. Neste sentido, a utilização do sensoriamento remoto no diagnóstico de focos de calor representa uma ferramenta útil para se ter uma análise da distribuição e impactos do fogo, definição de estratégias de prevenção e combate, contribuindo para políticas públicas de combate a incêndios florestais (PIROMAL et al., 2008).

As análises de tendências, como o estudo dos focos de calor, permitem gerar um diagnóstico do grau de perturbações, mostrando-se como uma boa ferramenta para avaliar mudanças climáticas e alterações do uso e ocupação do solo, de acordo com a finalidade atribuída (VILANOVA, 2014). Nunes (2017) utilizou o banco de dados do INPE a fim de mostrar a evolução dos focos de calor para entender a dinâmica do uso e cobertura do solo e densidade demográfica, correlacionando com as análises estatísticas feitas no Software Excel.

A partir do ano de 1998 o INPE começou a realizar o monitoramento dos focos de calor junto ao IBAMA, proporcionando assim uma maior contribuição ao banco de dados que está disponível de forma gratuita a toda a sociedade pelo site do INPE (BATISTA, 2004).

O INPE disponibiliza de forma gratuita através do seu site eletrônico, dados de focos de calor em todo território Brasileiro, bem como, de todos os continentes do mundo, inseridos no Banco de Dados de Queimadas (BDQUEIMADAS). Detectados a partir de sensores a bordo de satélites de sensoriamento remoto, estes dados podem ser utilizados para realizar avaliações de perdas econômicas e efeitos na fauna, flora no solo e na atmosfera, monitorar mudanças no uso e cobertura do solo e elaborar modelos atmosféricos e de impactos climáticos devidos à queima de biomassa vegetal (PEREIRA et al., 1997).

São utilizados todos os satélites que possuem sensores ópticos operando na faixa termal-média de 4 $\mu$ m. Atualmente são processadas na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais - DSA as imagens AVHRR/3 dos satélites polares NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19 e METOP-B, as MODIS dos NASA TERRA e AQUA, as VIIRS do NPP-Suomi, e as imagens dos satélites geoestacionários, GOES-13 e MSG-3 (INPE, 2017). Cada satélite de órbita polar produz pelo menos dois conjuntos de imagens por dia, e os geoestacionários geram várias imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 200 imagens por dia especificamente para detectar focos de queima da vegetação (INPE, 2023).

Um foco no BDQUEIMADAS indica a existência de calor em um elemento de resolução da imagem (pixel), que varia de 0,375 km (quilômetros), 1 km até 5 km, quanto menor for a resolução da imagem mais detalhada será às informações contidas na imagem capturada pelo satélite, em especial, no caso de queima da vegetação. Neste pixel pode existir uma queimada de pequena proporção, bem como, várias outras pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior e a indicação será de apenas um único foco. Além disso, se uma queimada tiver proporções muito grandes, ela será detectada em alguns pixels vizinhos, ou seja, vários focos estarão associados a uma única grande queimada. Ainda, é comum uma mesma queimada ser detectada por vários satélites (INPE, 2023)

Ao analisar os focos de calor capturados por apenas um satélite pode haver subestimação na informação, devido a sua resolução temporal quando se trata dos satélites em órbita polar ou delimitação de pequenas áreas queimadas causada pela baixa resolução espacial quando se trata de satélites em órbita geoestacionária (SANTOS, 2012).

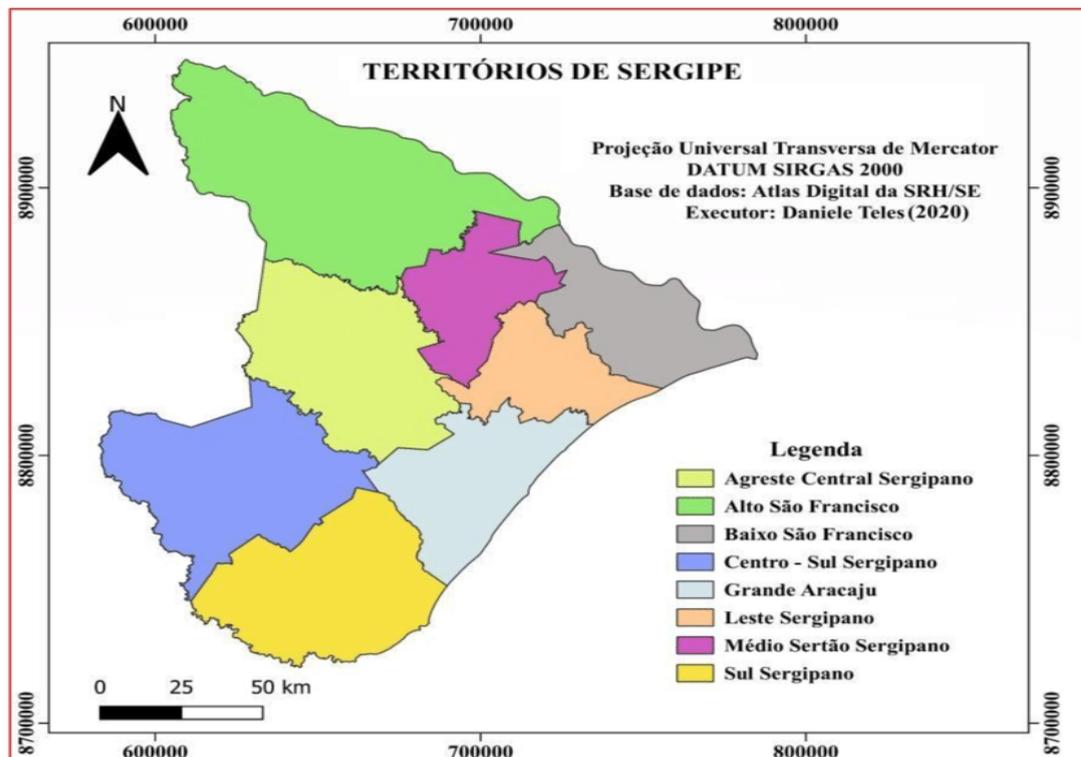
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

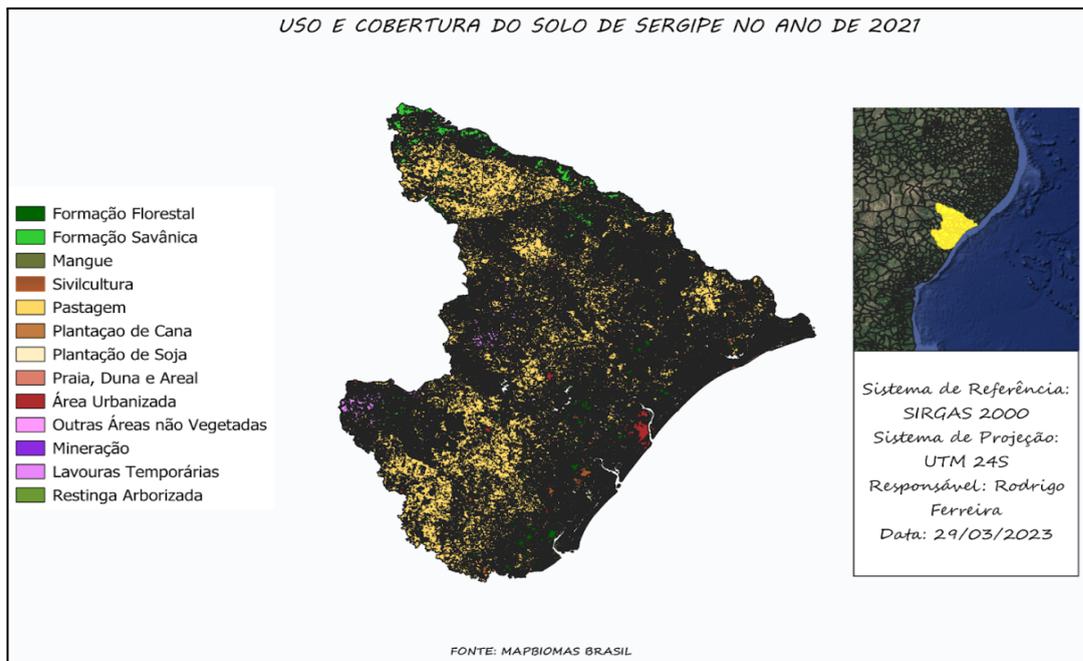
O presente estudo foi realizado abrangendo todo o Estado de Sergipe, localizado na região do Nordeste Brasileiro, situando-se aproximadamente entre os paralelos 9°31'54" e 11°34'12" de latitude Sul e os meridianos de 36°24'27" e 38°11'20" de longitude a Oeste de Greenwich (JACOMINE et al., 1975).

Ocupa cerca de 21.938.188 Km<sup>2</sup>, abrangendo cerca de 0,26% do território brasileiro, onde o mesmo faz divisa ao norte com o Estado de Alagoas, separado pelo rio São Francisco, a leste pelo oceano Atlântico e ao sul e a oeste com o Estado da Bahia. Decomposta em 75 (setenta e cinco) municípios, qualificados com base em um estudo de recenseamento nacional decenal (IBGE,2010). A região possui os biomas da Mata Atlântica e da Caatinga, divididos por uma área de transição conhecida como Agreste, com uma área fisionômica lembrando a Caatinga, e trechos que remetem a Mata Atlântica (CORDEIRO, 2008). O clima é tropical, mais úmido próximo ao litoral e semiárido no sertão. (JACOMINE et al., 1975).

O uso e cobertura da terra no Estado de Sergipe para as análises de geoprocessamento adotadas nesta monografia, pode ser observada, de acordo com a Figura 1, onde temos: área de floresta natural (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal).



Anexo 1: Mapa de detalhamento das sub-regiões do Estado de Sergipe.



**Figura 1** – Variadas utilizações da terra no estado de Sergipe, onde influenciam os focos de calor.

## 3.2 Base de Dados

### 3.2.1 Focos de Calor

Foi realizado o download em formato shapefile de um período de 5 anos, de 2017 a 2021 dos focos de calor no site do INPE, através do BDQUEIMADAS, selecionando todos os satélites disponíveis. O *software* QGIS 3.30.0 foi utilizado para acessar o banco de dados e assim realizar a contagem do número anual de focos de incêndio para o período estipulado, bem como, a confecção dos mapas temáticos inseridos neste trabalho de conclusão de curso.

Neste período temporal de estudo, de acordo com a Tabela 1, foram contabilizados um total de 17 satélites diferentes, sendo eles: AQUA\_M-M, AQUA\_M-T, GOES-13, GOES-16, METOP-B, METOP-C MSG-03, NOAA-15, NOAA-18, NOAA-18D, NOAA-19, NOAA-19D, NOAA-20, NPP\_375, NPP\_375D, TERRA\_M-M, TERRA\_M-T.

**Tabela 1** - Satélites com respectivos sensores e suas características básicas

Satélite	Sensor	Resolução Espacial (Km)	Resolução Temporal
AQUA_M-M	MODIS	1	1-2 dias
AQUA_M-T	MODIS	1	1-2 dias
GOES-13	I-M	6	30 min
GOES-16	I-M	2	10 min
METOP-B	AVHRR/3	1,1	Diário
METOP-C	AVHRR/3	1,1	Diário
MSG-03	SEVIRI	3	15 min
NOAA-15	AVHRR/3	1,1	Diário
NOAA-18	AVHRR/3	1,1	Diário
NOAA-18D	AVHRR/3	1,1	Diário
NOAA-19	AVHRR/3	1,1	Diário

NOAA-19D	AVHRR/3	1,1	Diário
NOAA-20	VIIRS	0,375	Diário
NPP_375	VIIRS	0,375	Diário
NPP_375D	VIIRS	0,375	Diário
TERRA_M-M	MODIS	1	1-2 dias
TERRA_M-T	MODIS	1	1-2 dias

**AVHRR/3** - Radiômetro avançado de altíssima resolução com seis canais, **I-M** - Instrumentos de imagens, **MODIS** - Espectrorradiômetro de imagem de resolução moderada, **SEVERI** - Sensor de imagem visível e infravermelho aprimorado giratório, **VIIRS** - Scanner visível e infravermelho.

Foi feita a metodologia proposta por Ribeiro et al. (2020) e Barros et al. (2021) através das ferramentas do software QGIS 3.30.0, a qual elimina as redundâncias ocasionadas pela detecção do mesmo foco de calor por diferentes satélites ou pelo mesmo satélite. Sendo assim, o processamento dos focos de calor foi realizado da seguinte forma: foram criadas duas colunas na tabela de atributos de cada arquivo shapefile, correspondendo a série temporal de 2017 até 2021 dos focos de calor, sendo elas, uma coluna buffer que continha a resolução espacial em m<sup>2</sup> (metros quadrados) de cada satélite (Tabela 1) e outra foi a data de cada focos de incêndios detectados pelos satélites presentes.

A ferramenta buffer foi aplicada aos valores da coluna com as resoluções espectrais dos satélites e em seguida usou a ferramenta dissolver com base no buffer processado em virtude da coluna data. Logo, criou-se um centróide para cada uma das partes com relação ao dissolver criado. Assim, obteve-se um arquivo com uma filtragem mais organizada dos focos de calor, sem redundâncias de focos na mesma data (Tabela 2).

**Tabela 2** - Quantidade de focos de calor filtrados por satélites durante o período temporal de estudo.

2017		2018		2019		2020		2021	
AQUA_M-M	2	AQUA_M-T	59	AQUA_M-T	10	AQUA_M-M	11	AQUA_M-M	2
AQUA_M-T	31	GOES-16	135	GOES-16	98	AQUA_M-T	22	AQUA_M-T	6
GOES-16	15	METOP-B	28	METOP-B	27	GOES-16	299	GOES-16	650
METOP-B	33	NOAA-18	37	NOAA-18	25	METOP-B	19	METOP-B	11
NOAA-18	59	NOAA-18D	4	NOAA-19	42	METOP-C	6	METOP-C	8
NPP-375	573	NOAA-19	29	NOAA-20	557	NOAA-19	39	MSG-03	11
NPP-375D	197	NPP-375	633	NPP-375	521	NOAA-20	374	NOAA-19	131
TERRA_M-M	20	NPP-375D	348	NPP-375D	304	NPP-375	443	NOAA-20	823
TERRA_M-T	13	TERRA_M-M	32	TERRA_M-M	69	NPP-375D	37	NPP-375	491
		TERRA_M-T	46	TERRA_M-T	10	TERRA_M-M	76	NPP-375D	201
						TERRA_M-T	19	TERRA_M-M	8
								TERRA_M-T	16

Auxiliando a análise visual da Tabela 2, na soma dos anos de 2017 até 2021 os satélites NPP-375 (2661), NOAA-20 (1754) e GOES-16 (1197) demonstraram os maiores registros de focos de calor no período estipulado de estudo, em contrapartida, os satélites NOAA-18D (4), MSG-03 (11) e METOP-C (14) obtiverem os menores registros. Os satélites GOES-13, NOAA-15, NOAA-19D, não tiveram registros de focos no presente trabalho.

Os satélites que tiveram maiores registros de focos de calor no período temporal estudado, possuem fundamental importância na compreensão da dinâmica dos estudos sobre os focos, visto que, tais satélites proporcionam uma resolução temporal mais frequente (GOES - 16) onde temos maiores dados de coleta em relação a superfície da terra e como a mesma se encontra em relação com as queimadas no Estado de Sergipe, bem como, a importância da resolução espacial (NPP - 375) onde o satélite possui captura imagens com 0,375 km de extensão, compreendendo maiores detalhes em pixels.

### **3.2.2 Fatores usados para identificar a ocorrência de incêndios e queimadas**

Dados referente ao uso e cobertura do solo como: a área de floresta, área referente a agropecuária e a área não vegetada, foram obtidos através de um arquivo, junto ao site oficial do MAPBIOMAS (MAPBIOMAS, 2023). O arquivo raster utilizado para as análises no QGIS foi referente ao uso e cobertura do solo de Sergipe referente ao ano de 2021 e para a construção dos dados, as seguintes áreas foram subdivididas para gerar uma “única”, como por exemplo: área de floresta (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal). Dados referentes ao número de habitantes (população) por município e a área total dos municípios do estado de Sergipe foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). A densidade demográfica foi feita uma divisão entre a população versus a área territorial dos municípios correspondentes.

Para o estudo de precipitação, os dados foram coletados através do site do HidroWeb (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>). Foi realizado um levantamento temporal de 5 anos, entre 2017 a 2021 e foi feita uma média das precipitações mensais e anuais das 3 (três) estações pluviométricas, contemplando as 3 (três) Mesorregiões de Sergipe, Sertão, Agreste e Leste, são elas: Estação Nossa Senhora da Glória - código A453 de Latitude: -8°45'40"S e Longitude: -34°19'33"O, Estação Aracaju - código A409 de Latitude: -9°11'30"S e Longitude: -35°55'25"O e Estação Porco Verde - código A419 de Latitude: -10°73'80"S e Longitude: -38°10'33"O, a qual representam uma boa representatividade do Estado de Sergipe . As precipitações mensais/anuais foram totalizadas no software Excel.

### **3.2.3 Análise estatística**

Para analisar a influência dos focos de calor com relação a importância das variáveis apresentadas neste estudo, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), ambas as análises foram realizadas pelo software Excel, através de fórmulas estatísticas incluídas no próprio software. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) foi utilizado para verificar a existência de correlação significativa entre as variáveis independentes: área de extensão de cada município, a área de floresta, área referente a agropecuária, a área não vegetada, população e a densidade demográfica de cada município do estado de Sergipe, comparando com a variável dependente: número de focos de calor registrados em cada município, levando em consideração os valores de referência, se o valor de ( $r$ ) for positivo e quando mais próximo do valor numérico 1, podemos dizer que nesse caso existe uma relação positiva entre as variáveis correlacionadas, ou seja, uma variável se relaciona a outra em um determinado grau, se a correlação for negativa e mais próxima de 1, temos uma associação de variáveis inversamente proporcional. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi calculado para haver determinação a partir do resultado obtido na correlação de Pearson.

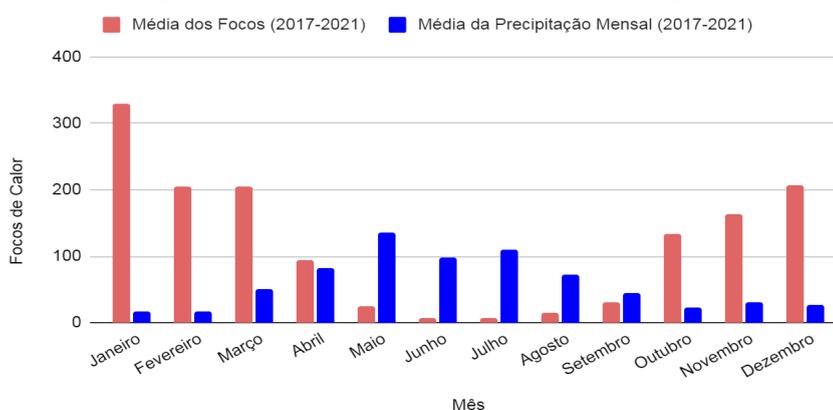
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No geral, após a realização da eliminação das redundâncias dos focos de calor foram detectados 7.663 focos pelos satélites de referência em todo o estado de Sergipe entre 2017 e 2021, sendo o ano de 2017 com o menor número de focos e o ano de 2021 com o maior. A Tabela 3 indica a quantidade de focos de calor antes e após a eliminação de redundâncias, assim como porcentagem de redução em cada ano avaliado e os satélites presentes por ano nas avaliações dos parâmetros estabelecidos no trabalho.

**Tabela 3** - Comparação entre os números de focos de calor antes e após a filtragem dos focos (Focos Filtrados) no período temporal de estudo, bem como, as suas respectivas porcentagens comparativas de redução dos focos e a quantidade e quais satélites presentes no estudo em cada ano.

Ano	Focos	Focos Filtrados	Redução (%)	Quantidade de Satélites	Satélites
2017	1859	946	49,11	9	AQUA_M-M, AQUA_M-T, GOES-16, METOP-B, NOAA-18, NPP-375, NPP-375D, TERRA_M-M, TERRA_M-T
2018	2227	1351	39,34	10	AQUA_M-T, GOES-16, METOP-B, NOAA-18, NOAA-18D, NOAA-19, NPP-375, NPP-375D, TERRA_M-M, TERRA_M-T
2019	2953	1663	43,68	10	AQUA_M-T, GOES-16, METOP-B, NOAA-18, NOAA-19, NOAA-20, NPP-375, NPP-375D, TERRA_M-M, TERRA_M-T
2020	2541	1345	47,07	11	AQUA_M-M, AQUA_M-T, GOES-16, METOP-B, METOP-C, NOAA-19, NOAA-20, NPP-375, NPP-375D, TERRA_M-M, TERRA_M-T
2021	4620	2358	48,96	12	AQUA_M-M, AQUA_M-T, GOES-16, METOP-B, METOP-C, MSG-03, NOAA-19, NOAA-20, NPP-375, NPP-375D, TERRA_M-M, TERRA_M-T

*Comparação entre os Focos de Calor e Precipitação Mensal*



**Figura 2** - Comparação entre a média mensal dos focos de calor filtrados com a média da precipitação total mensal no período temporal de 2017 - 2021.

De acordo com a Figura 3, os meses com maior ocorrência de focos de calor foram, respectivamente, Janeiro, Dezembro, Março, Fevereiro, Novembro e Outubro. Enquanto que os meses com menor ocorrência foram, respectivamente, Julho, Junho, Agosto, Maio, Setembro e Abril. Segundo Soares et al. (2005), julho a novembro são os meses que compreendem a principal estação de incêndios no Brasil, visto que, são meses que se caracterizam por serem frios e secos em grande parte do Brasil. O estado de Sergipe está localizado em uma região denominada Zona da Mata, faixa costeira do Nordeste e que apresenta verão seco e inverno chuvoso (WHITE; RIBEIRO, 2011).

Sendo assim, as baixas precipitações durante o verão seco em Sergipe, faz com que o material combustível disponível se torne mais seco e, conseqüentemente, proporciona um aumento na incidência de incêndios florestais e queimadas.

O coeficiente de Pearson negativo ( $r = -0,767$ ) e o coeficiente de determinação ( $R^2 = 58,81\%$ ) indica uma relação inversa entre a média da precipitação mensal e focos de calor, atribuindo assim ao risco de incêndios à períodos de diminuição da precipitação, ou seja, a quantidade de chuva afeta diretamente o número de incêndios (NILTON et al., 2006). Ou seja, quanto maiores valores de precipitações encontramos, menores serão os focos de calor encontrados no estado de Sergipe.

Santos et al. (2011) afirma que o avanço de novas geotecnologias para o monitoramento dos focos de calor, potencializa como um importante recurso na análise dos incêndios e das queimadas, assim, podendo ser localizadas e mensuradas.

Houve registros de focos de calor em 74 das 75 unidades municipais do estado de Sergipe, apenas o município de Pedra Mole não teve ocorrência de focos no período estudado. Em contrapartida, o município com maior número de registros foi Japoatã com 504 focos. A Lista dos 10 municípios com maiores e menores incidências de focos de calor e suas respectivas áreas, áreas florestais, áreas de agropecuária, áreas não vegetadas, população e densidade demográfica, encontra - se citadas abaixo nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4** - Visualização dos 10 municípios do estado de Sergipe com maiores incidências de focos de calor e seus dados referentes à sua área total, área de floresta (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal), população e densidade demográfica. Os municípios estão agrupados em ordem decrescente e o seu número de código é relativo ao número de todos os municípios (75).

Código	Municípios	Área (Km <sup>2</sup> )	Floresta (Km <sup>2</sup> )	Agropecuária (Km <sup>2</sup> )	Não Vegetada (Km <sup>2</sup> )	Focos de Calor	População	Densidade Demográfica (HAB/Km <sup>2</sup> )
32	Japoatã	402,353	37,079	354,431	5,714	504	13.416	33,344
34	Laranjeiras	162,273	37,133	114,165	4,693	447	24.003	147,917
31	Japaratuba	365,677	55,855	288,905	5,962	412	15.848	43,339
12	Capela	442,211	79,404	355,009	3,752	392	31.674	71,626
19	Estância	647,344	131,973	388,086	26,796	348	64.771	100,057
33	Lagarto	968,921	154,776	787,263	13,395	313	101.642	104,902
73	Tobias Barreto	1024,645	193,139	807,860	5,210	277	50.583	49,366
55	Porto da Folha	878,043	259,332	590,334	6,899	259	26.630	30,329
30	Itaporanga d'Ajuda	739,702	157,667	448,423	18,878	255	34.414	46,524
53	Poço Redondo	1220,426	224,871	965,155	12,919	236	33.462	27,418

**Tabela 5** - Visualização dos 10 municípios do estado de Sergipe com menores incidências de focos de calor e seus dados referentes à sua área total, área de floresta (formação florestal, mangue e restinga arborizada), área de agropecuária (monocultura, pastagem, plantação de cana e soja e outras lavouras temporárias), área não vegetada (mineração, área urbanizada, praia, duna e areal), população e densidade demográfica. Os municípios estão agrupados em ordem crescente.

Código	Municípios	Área (Km <sup>2</sup> )	Floresta (Km <sup>2</sup> )	Agropecuária (Km <sup>2</sup> )	Não Vegetada (Km <sup>2</sup> )	Focos de Calor	População	Densidade Demográfica (HAB/Km <sup>2</sup> )
49	Pedra Mole	82,211	11,352	69,399	0,333	0	2.787	33,901
37	Malhador	101,888	22,107	75,151	1,168	1	11.532	113,183
50	Pedrinhas	33,344	1,623	30,765	0,901	1	7.393	221,719
20	Feira Nova	183,273	15,184	165,647	0,926	2	5.978	32,618
72	Telha	47,86	10,948	33,950	0,308	7	3.279	68,512
54	Poço Verde	441,326	35,844	397,408	3,485	9	21.776	49,342
1	Amparo do São Francisco	35,683	13,601	18,732	0,167	11	2.174	60,925
35	Macambira	137,496	17,107	118,677	0,756	12	6.839	49,740
43	Nossa Senhora Aparecida	340,772	15,668	322,675	1,069	13	9.243	27,124
25	Ilha das Flores	52,693	1,320	39,674	3,302	14	8.289	157,307

Dentre as variáveis analisadas, a área territorial dos municípios foi a que apresentou maior correlação com os focos de calor ( $r=0,573$ ;  $R^2=0,329$ ), seguida pela área de agropecuária ( $r=0,538$ ;  $R^2=0,289$ ), pela área florestal ( $r=0,492$ ;  $R^2=0,242$ ) e área não vegetada ( $r=0,218$ ;  $R^2=0,047$ ). As variáveis densidade demográfica ( $r=-0,037$ ;  $R^2=0,0013$ ) e população ( $r=0,100$ ;  $R^2=0,010$ ). De acordo com White et al. (2016), às explorações agropecuárias e florestais possuem um papel protagonista das principais variáveis que afetaram a ocorrência dos incêndios florestais no Brasil, contudo, os municípios de Sergipe de código 54 e 43 nos mostram expressivas áreas de agropecuária, porém poucos focos de calor: 9 e 13 respectivamente. Tal resultado é expresso pelo valor da correlação de Pearson entre as duas variáveis (focos e área de agropecuária), que nos permite associar tais áreas como um setor que utiliza dos métodos incendiários de forma regular ou então, que tais áreas são improdutivas por motivos desconhecidos, tendo ou não material combustível para se tenha a queima da vegetal ou não (pastagem).

Apesar da pouca correlação linear entre os focos de calor, juntamente com as variáveis independentes de densidade demográfica e população dos municípios de Sergipe, ambas as variáveis são constantemente citadas na literatura como um dos principais fatores que influenciam no surgimento de incêndios florestais (CHUVIECO et al., 1997; WHITE et al., 2016). As atividades antrópicas correspondem a aproximadamente 99% dos incêndios florestais ocorridos no Brasil (SOARES et al., 2007), com isso, temos uma tendência a associar que quanto maior for a densidade demográfica de uma região, maior será a probabilidade de que ocorram incêndios florestais, porém dependerá muito de cada caso encontrado em cada região estudada.

Contudo, é necessário termos uma compreensão espacial de que, cidades ou áreas densamente habitadas, apresentam menores percentuais de área de florestas e agrícola, em decorrência da sua própria alocação de recursos, como por exemplo, residências, comércio, ruas e estradas entre outros mais.

A partir disto, a análise estatística deste estudo permitiu concluir que a variável densidade demográfica apresentou, ainda que de forma pouco significativa, uma correlação negativa em relação às variáveis de áreas de florestas e agropecuária, respectivamente, para todos os

municípios de Sergipe ( $r = -0,116$ ;  $R^2 = 0,013$  e  $r = -0,182$ ;  $R^2 = 0,033$ ), em contrapartida, uma correlação significativa com a variável de área não vegetada ( $r = 0,818$ ;  $R^2 = 0,669$ ).

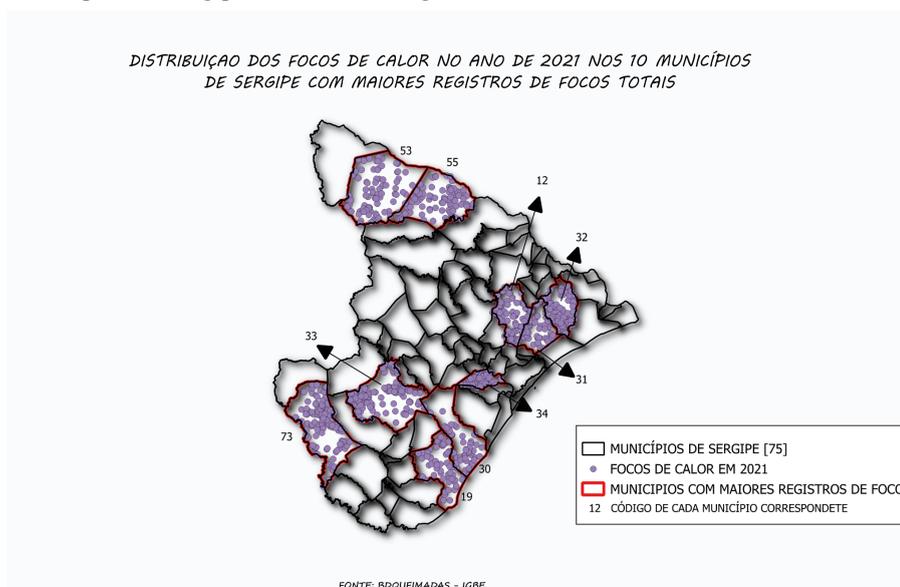
Com isso, a inexistência de uma correlação expressiva entre população e densidade demográfica em relação a quantidade de focos de calor estudada pode ser entendida, devido à menor disponibilidade de áreas florestais e de agropecuária disponíveis para se ter o manejo do fogo, como uma das práticas de manter a dinâmica do cultivo agrícola na região.

De acordo com a Tabela 4, o município de Japoatã foi o que registrou o maior número de focos de calor no estado de Sergipe, seguido dos municípios de Laranjeiras, Japarutuba, Capela, Estância, Lagarto, Tobias Barreto, Porto da Folha, Itaporanga d'Ajuda e Poço Redondo que somados, chegam ao número de focos de calor, equivalente a 3.443 focos de calor, ocasionalmente, são os municípios que somados possuem as maiores áreas de agropecuária (5.099,630 km<sup>2</sup>) e áreas florestais (1.331,229 km<sup>2</sup>).

De acordo com a Tabela 5, o município de Pedra Mole não teve registros de focos de calor no estado de Sergipe, seguido dos municípios de Malhador, Pedrinhas, Feira Nova, Telha, Poço Verde, Amparo do São Francisco, Macambira, Nossa Senhora Aparecida e Ilha das Flores que somados, chegam ao número de focos de calor, equivalente a 70 focos de calor.

Na Figura 3 é apresentado o mapa de distribuição dos focos de calor no Estado do Sergipe nos 10 municípios que registraram as maiores incidência de focos, onde pode-se observar uma forte tendência de surgimento dos focos de calor nas regiões do Alto de São Francisco, Baixo de São Francisco, Centro Sul e Sul de Sergipe, visto que, nesta região há uma predominância de áreas voltadas para as práticas de agropecuária que utilizam o manuseio do fogo como base técnica de produção, além de ser uma área onde a presença da pastagem proporciona o material combustível para que se tenha combustão e conseqüentemente, a queima da vegetação presente. Atualmente, o uso da técnica do fogo é empregada com algumas finalidades, tais como, preparar o solo para o plantio de soja entre outros; facilitação da colheita de cana de açúcar; renovação de pastagens; queimar leiras para que a área fique apropriada à mecanização.

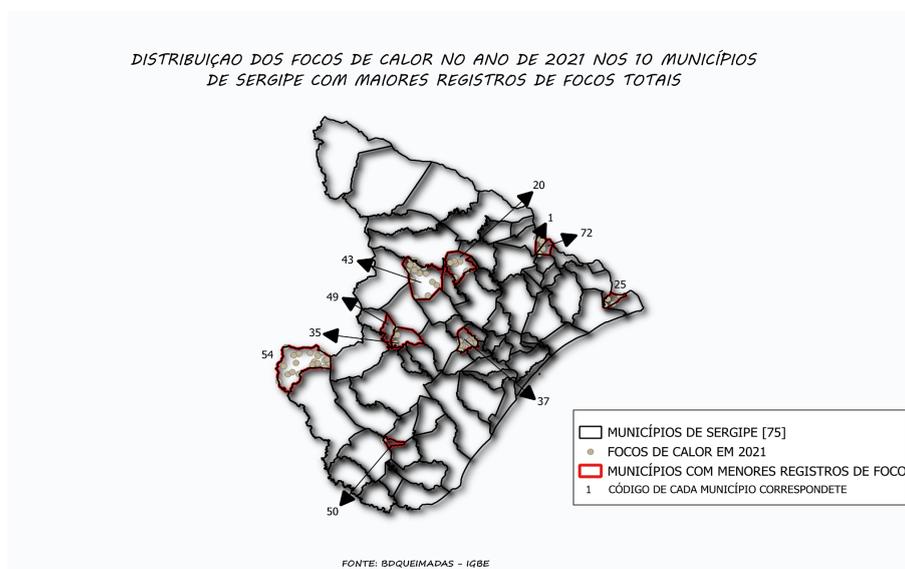
**Figura 3** - Mapas de distribuição espacial dos focos de calor filtrados nos 10 municípios de Sergipe com maiores registros de focos.



Na Figura 4 podemos observar o mapa de distribuição dos focos de calor no Estado do Sergipe nos 10 municípios que registraram as menores incidência de focos, onde podemos

analisar uma tendência de surgimento dos focos de calor na região do Agreste de Sergipe, nesta região há a presença do bioma da caatinga, região com características de semiárido, que nos leva a pensar numa vegetação mais seca, sem muito material combustível para se queimar, porém o município de Poço Verde, de código 54 (código contido na Tabela 5) possui uma expressiva área em Km<sup>2</sup> de agropecuária. Esse fato se deve porque na correlação de Pearson, não se leva em conta os detalhes intrínsecos do município e surgem questionamentos, tais como: Será que o município está praticando ativamente as atividades agropecuárias? Utilizam métodos incendiários? São questões que surgem na tese, porém, não ressignificam os resultados das correlações objetivas entre as variáveis estudadas.

**Figura 4** - Mapas de distribuição espacial dos focos de calor filtrados nos 10 municípios de Sergipe com menores registros de focos.



## 5. CONCLUSÕES

O uso do sensoriamento remoto aplicado neste estudo foi fundamental por aliar precisão e automação na análise e tratamento do grande número de imagens capturadas pelos sensores dos satélites durante o período temporal de estudo, acerca da ocorrência de queimadas florestais, através dos focos de calor.

Sendo assim, através dos resultados apresentados neste estudo foi possível verificar quais as regiões do estado que apresentaram uma maior incidência de focos de calor, registrados em seu maior caráter pelo satélite geostacionário NPP - 375, onde obteve uma boa resolução espacial do objeto de estudo em questão (superfície terrestre no Estado de Sergipe), onde foi possível associar uma correlação entre fatores ambientais e o surgimento de focos de calor em determinados municípios de Sergipe, incluindo também a sua condição climática especial, onde temos um verão seco e inverno chuvoso, devido sua proximidade com o Oceano Atlântico e sistemas de baixa pressão, influenciando assim, na ocorrência de focos de calor no estado.

É importante ressaltar que o método de mapeamento de focos de calor mostrou ser viável e pode ser integrado aos sistemas de prevenção de incêndio para alerta de queimadas e para tomadas de decisão para análises de riscos futuros e delineamento de ações preventivas. Contudo, é preciso salientar a importância de estudos sobre a percepção do uso do fogo para

queimadas controladas, que incluem a população que se utiliza deste método para suas práticas agrícolas, bem como, incentivos a programas educacionais que visam a conscientização da população de cada município envolvido, a fim de corroborar com práticas mais conscientes a respeito do uso do fogo sua ampla utilização.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A. L. et al. **Incêndio na Mata Atlântica: uma análise de 20 anos de distribuição de focos de incêndio e seus condutores socioecológicos**, Geocarto International, 2021.

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

CORDEIRO, J. C. **Diagnóstico da biodiversidade de vertebrados terrestres de Sergipe**. 2008, 148 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Núcleo de Pós - Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Pró-Reitoria de Pós- Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2008.

GONÇALVES, N.G., MESQUITA, F.W., LIMA, N.R.G., COSLOPE, L.A., LINTOMEN, B.S., 2011. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira** 1, 161- 179.

HEIKKILÄ, T.V., R. GRÖNOVIST AND M. JURVELIUS. 1993. **Handbook on forest fire control**. A guide for trainers. Forestry Training Programme 21, National Board of Education of the Government of Finland, Helsinki, 239 p.

IBAMA, 1998. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em [http://www.engeflora.net/files\\_d/portaria\\_94-98\\_1403261053.pdf](http://www.engeflora.net/files_d/portaria_94-98_1403261053.pdf). Acesso em 07 de mai. 2023.

IBGE, 2023. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em [https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2022/Previa\\_da\\_Populacao/POP2022\\_Municipios.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Previa_da_Populacao/POP2022_Municipios.pdf). Acesso em 01 de mai. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. 2023. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 20/04/2023

JACOMINE, P. K. T. et al. A. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. **Boletim Técnico, nº 36**, Recife, v. 1, n. 1, p. 10-39, 1975.

LINN, R. R. et al. **Using periodic line fires to gain a new perspective on multidimensional aspects of forward fire spread**. Agricultural and Forest Meteorology, v. 157, n. 2012, p. 60-76, 2012.

MAPBIOMAS, 2023. [https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language](https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language)

=pt-BRl. Acesso em mai de 2023.

MEIRELLES, M. L. **Efeito do fogo sobre a umidade do solo em área de campo sujo de cerrado**. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 42, n. 7, p. 359-360, jul. 1990

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

NUNES, R. Z. **Levantamento de focos de incêndio em Unidade de Conservação no Estado do Rio de Janeiro**. 2017. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2017.

PEREIRA, J.M.C. et al. **Remote sensing of burned areas: a review**. In: Chuvieco, E.; Ed. A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires. Alcalá de Henares. p. 127-183. 1997.

PIROMAL, R.A.S. et al., 2008. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica** 38, 77–84.

Pyne, S. J. (1982) **Fire in America: a cultural history of wildland and rural fire**. Estados Unidos: Princeton University Press

RHEINHEIMER, D. S. et al. **Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 49-55, jan./fev. 2003.

Ribeiro, T. M. et al. **Avaliação de focos de incêndio na Amazônia Ocidental (2000- 2015)**. Environ Dev Sustain 23, 1485-1498 (2020).

SANTOS, C. A. P. d. et al. **Quantificação dos focos de calor na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 2011.

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

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: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL,2, 2005, Blumenau, SC. **Anais...** Curitiba: UFPR/FURB/FUPEF, 2005. v. 1. p. 1-10.

SOARES, R.V., 1985. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 213.

WANG, S. D.; MIAO, L. L.; PENG, G. X. **An Improved Algorithm for Forest Fire Detection Using HJ Data**. Procedia Environmental Sciences,[S.l.],v. 13, p. 140 - 150, 2012.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011.

YANG J. et al. Spatial patterns of modern period human-caused fire occurrence in the Missouri OzarkHighlands. **ForestScience** 2007;53(1):1-15.