

ANÁLISE MULTITEMPORAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NA MICRORREGIÃO DE ITAPETINGA - BAHIA

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF FIRE OUTBREAKS IN THE MICROREGION OF ITAPETINGA – BAHIA

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE BROTOS DE QUEMADURAS EN LA MICROREGIÓN DE ITAPETINGA – BAHIA

Ramon Batista dos Santos

Mestrando em Sensoriamento Remoto
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
E-mail: rmnbatistasantos@gmail.com

Danilo Paulúcio da Silva

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
E-mail: dpaulucio@uesb.edu.br

Carolina Gusmão Souza

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
E-mail: carolinagusmao@uesb.edu.br

RESUMO

A microrregião de Itapetinga, ligada tradicionalmente à pecuária bovina e à agricultura do cacau, possui como prática a utilização do fogo nas atividades agrícolas tradicionais. No entanto, essas práticas podem ser fontes recorrentes de danos aos ecossistemas florestais, além de propulsores de outros problemas ambientais. Nesse sentido, a detecção, monitoramento e análise multitemporal dos focos de queimadas é fundamental para o planejamento de controle do fogo. Esse trabalho visa conhecer o perfil e traçar a incidência espacial e temporal dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga. Para isso, foram efetuadas análises descritivas e espaciais dos dados do Programa Queimadas e Incêndios Florestais, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas como Sistema de Informação Geográfica (SIG). Durante o período de análise, entre os anos de 2011 e 2020, 2.767 focos de queimadas foram registrados pelo satélite AQUA_M-T na região. O ano de 2015 apresentou o maior registro de focos, com 634 do total de registros. 60,71% dos focos foram em áreas de pastagem e agricultura, enquanto 37,40% aconteceram em áreas de vegetação natural. Dessa forma, as análises espaciais e temporais dos focos de queimadas permitiram identificar e avaliar a dinâmica de queimadas na microrregião. Foi notado que os focos de queimadas na microrregião de Itapetinga são dinâmicos e variaram no tempo e espaço, no entanto, alguns municípios, como Encruzilhada e Ribeirão do Largo, apresentaram uma maior frequência de registros, que pode estar relacionado com as atividades agrícolas destes municípios e suas características climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: incêndios florestais; sensoriamento remoto; análises espaciais.

ABSTRACT

The microregion of Itapetinga, traditionally linked to cattle raising and cocoa agriculture, has the practice of using fire in traditional agricultural activities. However, these practices can be considered as recurring sources of damage to forest ecosystems, in addition to driving other environmental problems. In this sense, the detection, monitoring and multi-temporal analysis of fire outbreaks are fundamental to fire control planning. This work aimed to determine the profile and trace the spatial and temporal incidence of fire outbreaks in the microregion of Itapetinga. For this, descriptive and spatial analysis of data from the Burning and Forest Fires Program, from the National Institute for Space Research (INPE), were carried out, using remote sensing techniques and tools such as the Geographic Information System (GIS). During the analysis period, between 2011 and 2020, 2,767 fires were recorded by the AQUA_M-T satellite in the area. The year 2015 had the highest record of outbreaks, with 634 of the total records. 60.71% of the outbreaks were in pasture areas and agriculture areas, while 37.40% happened in areas of natural vegetation. The spatial and temporal analyzes of fire outbreaks allowed for the identification and evaluation of the dynamics of fires in the microregion. It was noted that the fires in the microregion of Itapetinga are dynamic and varied according to time and space, however some

municipalities, such as Encruzilhada and Ribeirão do Largo, presented a higher frequency in the number of records, which may be related to the agricultural activities carried out in these counties and their climatic characteristics.

KEYWORDS: forest fires; remote sensing; spatial analysis.

RESUMEN

La microrregión de Itapetinga, tradicionalmente ligada a la ganadería y la agricultura cacaotera, utiliza como práctica el fuego en las actividades agrícolas tradicionales. Sin embargo, estas prácticas pueden considerarse como fuentes recurrentes de daño a los ecosistemas forestales, además de impulsar otros problemas ambientales. En este sentido, la detección, seguimiento y análisis multitemporal de focos de incendios es fundamental para la planificación del control de incendios. Este trabajo tuvo como objetivo conocer el perfil y rastrear la incidencia espacial y temporal de los focos de incendios en la microrregión de Itapetinga. Para ello, se realizaron análisis descriptivos y espaciales de datos del Programa de Quemadas e Incendios Forestales, del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), utilizando técnicas de teledetección y herramientas como el Sistema de Información Geográfica (SIG). Durante el período de análisis, entre 2011 y 2020, 2.767 incendios fueron registrados por el satélite AQUA_M-T en el área de la microrregión de Itapetinga. El año 2015 tuvo el mayor registro de brotes, con 634 del total de registros. El 60,71% de los brotes se dieron en áreas de pastos y áreas agrícolas, mientras que el 37,40% ocurrió en áreas de vegetación natural. Los análisis espaciales y temporales de los focos de incendios permitieron identificar y evaluar la dinámica de los incendios en la microrregión. Se constató que los incendios en la microrregión de Itapetinga son dinámicos y variados según el tiempo y el espacio, sin embargo, algunos municipios, como Encruzilhada y Ribeirão do Largo, presentaron mayor frecuencia en el número de registros, las cuales pueden estar relacionadas con las actividades agrícolas de estos municipios y sus características climáticas.

PALABRAS-CLAVE: incendios forestales; sensores remotos; analisis espacial.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a utilização do fogo foi essencial para os avanços agrícolas, econômicos e sociais da civilização humana, sendo as queimadas uma forma tradicional de limpeza de áreas agrícolas e manejo de pastagens (Latuf; Da Silva Rios; Pereira, 2022). No entanto, as queimadas são fontes recorrentes de danos aos ecossistemas florestais, além de propulsoras de problemas subsequentes como a poluição atmosférica e mudanças climáticas, que têm impactos diretos e indiretos sobre o equilíbrio do meio natural, e conseqüentemente, na população humana (Setzer; Ferreira, 2022).

Os danos gerados pelas queimadas, além de impactos ao meio ambiente, causam alterações às atividades econômicas de uma região, visto que podem afetar propriedades rurais, o turismo e a vida humana de modo geral (Strand, 2018). A estrutura da dinâmica do fogo está diretamente relacionada com o ambiente, processo esse formulado em sua ocorrência, ou seja, onde e quando o fogo ocorre; em seu comportamento, que diz respeito à maneira como o fogo ocorre e em seus efeitos, sendo as conseqüências do fogo (Almeida, 2012). Para Seger (2015), o que caracteriza a propagação do fogo é a quantidade e densidade do material combustível, ou seja, o tipo de vegetação, assim como as condições atmosféricas e a topografia local, como a precipitação

pluviométrica, a umidade e declividade do terreno, esses são fatores determinantes para a ocorrência e a propagação do fogo em uma região.

A detecção, monitoramento e análise multitemporal dos focos de queimadas é fundamental para a viabilização e planejamento do controle do fogo, assim como para o dimensionamento dos efeitos das queimadas e conseqüentemente conservação de uma região (Da Silva Carneiro, 2019). Entre as diversas formas de detecção de focos de queimadas que podem ser utilizadas, o monitoramento por imagens de satélites, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) representa uma eficiente metodologia para obter esses dados, principalmente em regiões sem meios intensivos de acompanhamento das incidências de focos de queimadas, condição esta que representa a situação geral do país (Batista, 2004).

Mesmo com esses avanços tecnológicos, com o acesso facilitado a dados e com metodologias de qualidade para processar informações geográficas, ainda são escassas análises dos padrões históricos dos focos de queimadas, sobretudo em pequenas regiões com baixo interesse econômico (Moreira; Almeida; Da Silva, 2019). Embora a melhor forma de planejar, prevenir e combater incêndios florestais sejam por meio de análises dos padrões históricos, atentando às possíveis causas, conseqüências e a frequência de ocorrência dos focos de queimadas, esses estudos só são comumente aplicados em grandes escalas geográficas, em níveis nacionais, estaduais e em grandes biomas. Assim, para pequenas áreas, como municípios e microrregiões econômicas, esses estudos ainda não são vistos como ferramenta para auxiliar nos processos econômicos e sociais, o que torna a quantidade de pesquisas e dados escassos (Silva; Toledo, 2021).

A microrregião de Itapetinga apresenta uma infraestrutura e economia regional vinculada às atividades primárias, principalmente à pecuária bovina e ao cacau (De Oliveira, 2002), sendo uma região ligada tradicionalmente à pecuária extensiva sem muita tecnologia envolvida. Assim, na região, a utilização do fogo está vinculada a práticas como a queima de terras para converter florestas em áreas de lavouras ou pastagens, para controlar a proliferação de plantas invasoras ou de pragas, bem como a queima do lixo doméstico em áreas rurais (Corrêa; Alencar, 2013).

Com base nestes aspectos, esse trabalho visa conhecer o perfil e traçar a incidência espacial e temporal dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga e pretendeu responder as seguintes questões: Qual a dinâmica temporal dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga e quais municípios apresentam maior número de focos? Qual tipo de uso da terra tem

sido mais afetado pelas queimadas? Quais as condições atmosféricas onde os focos de queimadas foram registrados?

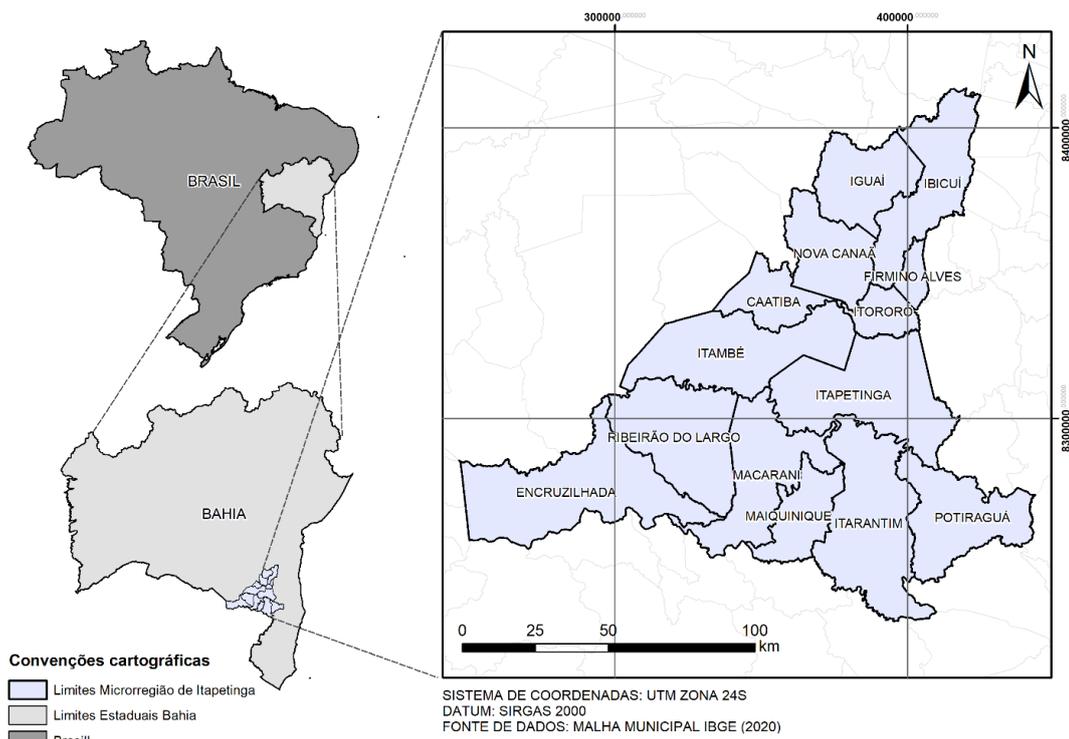
Dessa forma, o presente estudo apresenta informações sobre a variabilidade espaço-temporal dos focos de queimadas em escala regional capazes de prevenir e gerar infraestrutura para combater possíveis incêndios florestais, assim como auxiliar as tomadas de decisão em âmbito técnico, científico e social que possam favorecer o desenvolvimento regional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na microrregião de Itapetinga, que está localizada na região Sudoeste do estado da Bahia, entre as latitudes 14°20'45" e 16°0'16" sul e longitudes 39°31'41" e 41°21'36" oeste (Figura 1). Formada por 14 municípios, sendo eles: Caatiba, Encruzilhada, Firmino Alves, Ibicuí, Iguai, Itambé, Itapetinga, Itarantim, Itororó, Macarani, Maiquinique, Nova Canaã, Potiraguá e Ribeirão do Largo, com uma população estimada de 253.629 habitantes (ADAB, 2017; IBGE, 2023). A região situa-se em uma faixa de transição entre os ecossistemas da Mata Atlântica e da Caatinga, com clima predominantemente do tipo AW, clima tropical com estação seca de inverno (Köppen, 1948). Tendo como principal atividade econômica a pecuária, que movimentava anualmente mais de R\$ 378.496.850,00 (trezentos e setenta e oito milhões e quatrocentos e noventa e seis mil e oitocentos e cinquenta reais) no estado da Bahia (ADAB, 2017).

Figura 1: Mapa de localização da microrregião de Itapetinga – Bahia.



Fonte: Os autores (2023).

2.2 Análise dos focos de queimadas

Para a análise dos focos de queimadas foram utilizados dados do satélite de referência *AQUA_M-T*, sensor *MODIS*. O Satélite de Referência é o satélite cujos dados diários de focos detectados são usados para compor uma série temporal ao longo dos anos e assim permitir a análise de tendências espaciais e temporais nos números de focos para uma região. O sensor *MODIS*, foi desenvolvido para incluir características necessárias e específicas para a detecção de queimadas, onde a utilização desse sensor com melhor resolução temporal, quando comparado com outros satélites de monitoramento da terra, melhora a precisão destes mapeamentos, aumentando a confiança desses dados (Rudorff, 2007).

O período de interesse nessa análise corresponde a uma série temporal de 10 anos, que vai de 2011 a 2020. Os dados são disponibilizados pelo Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas), do Programa Queimadas e Incêndios Florestais, um serviço web do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2023), que desde 1987 realiza pesquisa, desenvolvimento tecnológico e a inovação de produtos, processos e geoserviços para o monitoramento e a modelagem da ocorrência e propagação e classificação do fogo, utilizando para isso técnicas de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Modelagem Numérica.

Para melhor compreender a dinâmica dos focos de queimadas na região foi realizado o mapeamento da estimativa de densidade por Kernel (EDK), no qual permite conhecer os padrões traçados pelo conjunto de dados pontuais, estimando a sua densidade na área de estudo. Segundo Kawamoto (2012), a densidade de Kernel possibilita a construção de uma superfície contínua de ocorrências da variável em estudo, inferindo para toda a região em análise a variação espacial, logo mesmo nas áreas onde tenha nenhuma ocorrência do fenômeno é possível verificar, em escala global, as possíveis tendências de dados.

A análise da distribuição espacial dos dados de queimadas na área de estudo foi tabulada da seguinte forma: (1) por meses do ano, a fim de conhecer e analisar a dinâmica temporal dos focos; (2) por municípios pertencentes a microrregião, a fim de entender a distribuição espacial; e (3) por tipo de uso e ocupação da terra, a fim de conhecer qual tipo de uso/cobertura da terra que está sendo queimada e servindo de combustível para os incêndios.

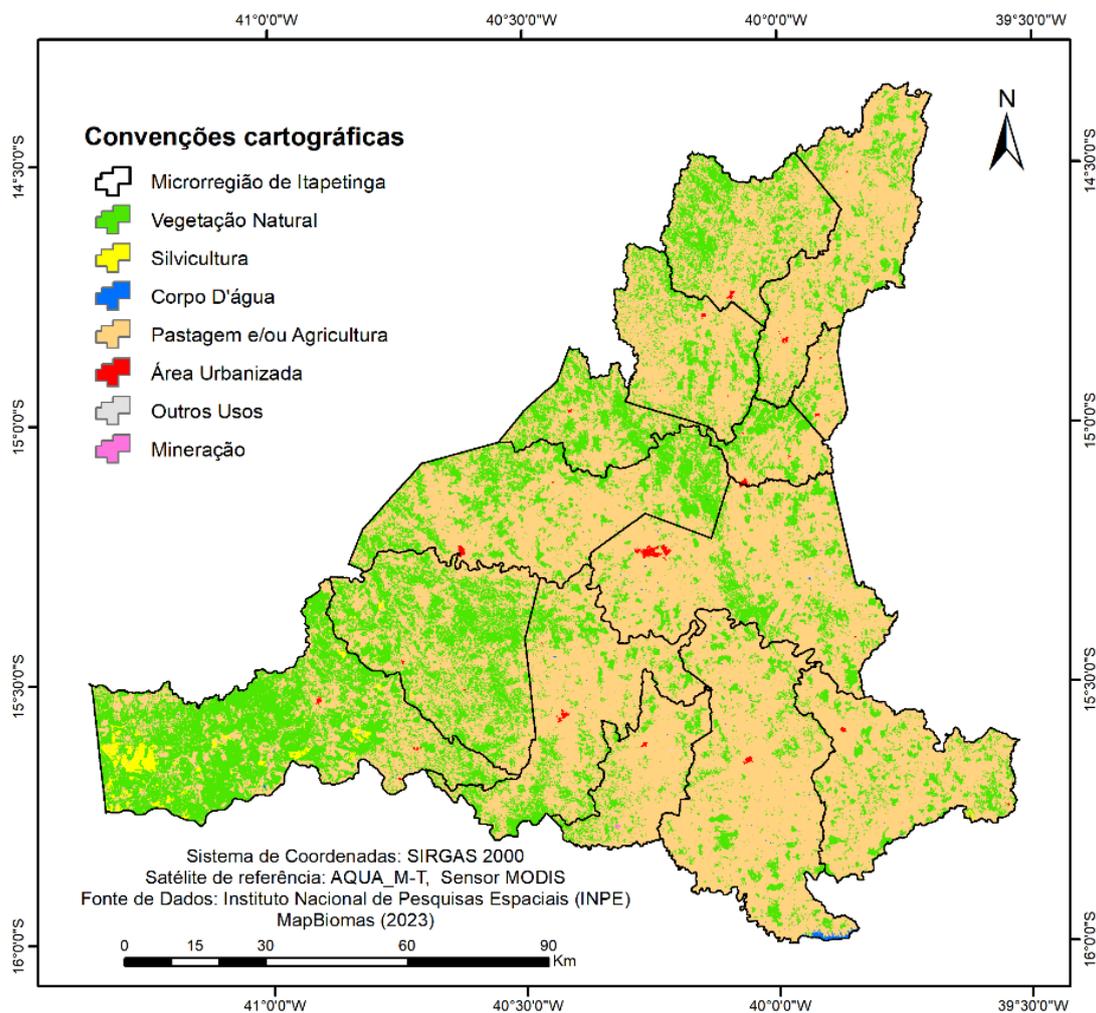
2.3 Uso e cobertura da terra

Para conhecer o tipo de cobertura de onde ocorreram os focos de queimadas, a pesquisa utilizou dados de uso e cobertura da terra do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas) para o ano de 2020, com 30 metros de resolução espacial, que utiliza imagens das séries históricas do satélite *Landsat*. As imagens disponíveis no ano são compiladas em um mosaico e todo processamento é realizado em nuvem por classificações supervisionadas pelo algoritmo *Random forest*, na plataforma *Google Earth Engine* (Souza et al., 2020).

Para este trabalho, os dados de uso e cobertura da terra foram reclassificados e algumas classes do mapeamento foram agrupadas e ajustadas para melhor entendimento do tipo de cobertura onde aconteceram os focos de queimadas. Assim, as classes de uso e ocupação da terra utilizadas neste estudo estão apresentadas na Figura 2 e se caracterizam como: (1) Vegetação Natural, que abrange a vegetação arbórea natural da região, ou seja, as áreas de floresta natural; (2) Pastagem e/ou Agricultura, áreas utilizadas para pecuária e culturas temporárias com predominância de gramíneas; (3) Corpo D'água, que compreende áreas de cursos d'água, represas e lagos; (4) Vegetação Plantada, áreas de florestas compostas predominantemente por árvores cultivadas com enfoque econômico e com fins comerciais; (5) Mineração, locais com extração e beneficiamento de minérios; (6) Área Urbanizada, ocupadas com construções oriundas de

assentamentos humanos e (7) Outros Usos, sendo essas todas as coberturas que não se enquadram nas características das classes anteriores.

Figura 2 – Uso e ocupação da terra para o ano de 2020 na microrregião de Itapetinga.



Fonte: Os autores (2023).

2.4 Dados atmosféricos

Um aspecto importante a ser avaliado é a precipitação na região, que tem papel fundamental na redução de focos de queimadas, pois funciona como um controle natural (Soares *et al.*, 2017). A precipitação é um dos elementos atmosféricos mais utilizados para representar as variações climáticas e simplificar o entendimento do clima de uma região (Brito; Silva; Crispim, 2019). Logo, a fim de entender as condições atmosféricas onde os focos de queimadas foram registrados, os dados foram cruzados com mapeamentos de precipitação pluviométrica da microrregião. Os dados climatológicos foram obtidos de Dos Santos; Souza e Da Silva (2021), que utilizou da espacialização

e interpolação pelo método da Ponderação pelo Inverso da Distância para determinar a precipitação média anual, com base em metodologia de Tucci (2004) e Mello *et al.* (2003).

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados o programa *Excel* produzido pela *Microsoft*, para a tabulação e geração dos gráficos e o *software ArcGis 10.8* desenvolvidos e mantidos pela *Esri*, para a análise espacial, estudo da densidade de pontos e para elaboração dos mapas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de análise (2011 a 2020) 2.767 focos de queimadas foram registrados pelo satélite *AQUA_M-T* na área de microrregião de Itapetinga. O ano de 2015 apresentou o maior registro de focos, com 634, equivalente a 22,91% dos registros, em sequência, os anos de 2012 e 2019 com 370 e 337 focos, equivalente a 13,37% e 12,18%, respectivamente. Os anos de 2016 e 2017 apresentaram o menor número de focos para todos os anos analisados, equivalente a 3,36% e 3,76%, respectivamente. Na Tabela 1 está apresentada de forma detalhada a distribuição anual e mensal dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga de 2011 a 2020.

Tabela 1: Distribuição mensal e anual dos focos de queimadas, registrados pelo satélite AQUA_M-T, na microrregião de Itapetinga de 2011 a 2020.

Mês	Ano									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	0	6	10	1	8	3	3	8	7	13
Fevereiro	2	16	17	12	5	13	1	1	32	11
Março	5	10	31	6	10	11	1	7	30	4
Abril	2	31	8	17	6	8	0	2	4	5
Mai	1	19	11	18	10	12	2	4	4	2
Junho	3	4	2	2	1	11	5	1	6	9
Julho	6	4	4	1	1	1	0	7	10	3
Agosto	14	2	5	14	8	7	26	9	6	2
Setembro	155	49	38	101	190	17	5	70	27	47
Outubro	47	189	116	130	187	7	36	97	89	76
Novembro	4	15	15	5	120	1	18	6	110	12
Dezembro	6	25	7	8	88	2	7	3	12	6
Total	245	370	264	315	634	93	104	215	337	190
%	8,85	13,37	9,54	11,38	22,91	3,36	3,76	7,77	12,18	6,87
Média	20,41	30,83	22,00	26,25	52,83	7,75	8,66	17,91	28,08	15,83
Desvio	44,27	51,62	31,55	42,55	73,92	5,22	11,71	31,29	35,17	22,53
Variação anual		51,02	-28,65	19,32	101,27	-85,33	11,83	106,73	56,74	-43,62

Fonte: Os autores (2023).

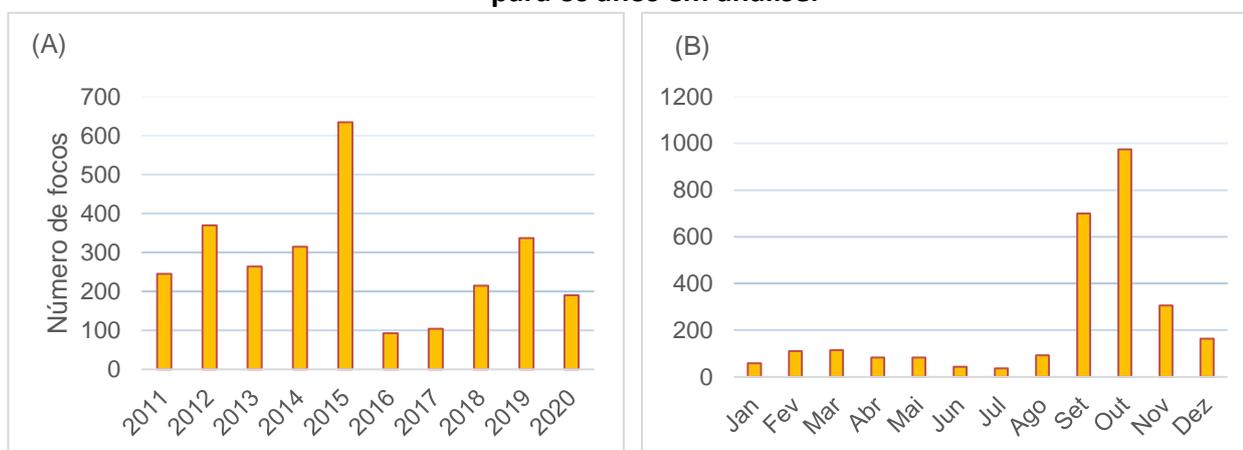
Uma série de fatores, como precipitação, umidade relativa, radiação solar e temperatura da superfície podem estar relacionados à ocorrência de queimadas (Marengo; Cunha; Alves, 2018; Chang *et al.* 2015). Um estudo realizado por Marengo; Cunha e Alves (2016), apontou que no Nordeste do Brasil houve um grande déficit hídrico, começando em 2013 e com maior concentração em 2015, incluindo regiões da Bahia, Pernambuco e Piauí. Ribeiro *et al.* (2018) mostrou que os anos de 2005, 2010 e 2015 foram caracterizados por uma seca severa, devido a queimadas em regiões amazônicas e em áreas mais ao centro do Brasil, aumentando em cerca de 30% as emissões de monóxido de carbono. A seca em 2015 foi agravada pela deficiência hídrica que já existia há pelo menos 3 anos (Marengo; Cunha; Alves, 2016), além disso, este ano foi caracterizado pela ocorrência do fenômeno El Niño que pode interferir diretamente nos níveis de precipitação, radiação solar e temperatura de regiões ao longo do Equador (Marengo; Cunha; Alves, 2016; Santana *et al.*, 2023). Em 2015 eventos extremos de El Niño intensificaram os períodos de seca, ampliando a ocorrência de focos e áreas queimadas (Ribeiro *et al.*, 2018; Santana *et al.*, 2023). Assim, o maior número de ocorrência de focos de queimada na microrregião, em 2015, pode estar relacionado a este fenômeno, uma vez que a área apresentou índices de temperatura do ar, evapotranspiração e focos de calor acima da média e níveis de chuva e umidade do ar abaixo da média (Dos Santos; Souza; Da Silva, 2021; Santana *et al.*, 2023).

Após a grande ocorrência de focos de queimadas em 2015 (634), os anos seguintes (2016 e 2017), apresentaram a menor quantidade de focos para os anos analisados. Esta diminuição pode estar relacionada à possível redução no quantitativo de biomassa disponível, depois do período de queima de 2015. A biomassa é de grande importância no contexto das áreas queimadas, uma vez que, sem a sua disponibilidade, não há condições para a queima (Seger, 2015; Ribeiro *et al.*, 2018). Assim, a grande ocorrência de queimada no ano de 2015, pode ter implicado na diminuição dos focos nos anos seguintes.

A Figura 3 apresenta a distribuição temporal dos focos de queimadas para a microrregião e é possível observar que o período crítico, com maior número de eventos registrados, é observado nos meses de setembro e outubro, com redução no mês de novembro. Estes dados estão relacionados ao regime pluviométrico da região, uma vez que a área é marcada por um período relativamente seco, com redução dos níveis pluviométricos, começando no mês de maio e terminando em setembro, com precipitações inferiores a 50mm (Dos Santos; Souza; Da Silva, 2021). Assim, nota-se que o período de maior intensidade de focos inicia-se após um longo período de

estragem e a diminuição dos focos se dão com o início da estação chuvosa, que se inicia em novembro e se estende até janeiro, quando os níveis de precipitação são superiores a 100mm para a microrregião (Dos Santos; Souza; Da Silva, 2021). Esses dados, segundo Agee (1996), permitem identificar o regime do fogo para a microrregião, sendo possível conhecer a frequência das queimadas, que representa o intervalo entre queimadas sucessivas, assim como conhecer a sua sazonalidade, sendo essa a estação do ano em que o fogo ocorre na área avaliada.

Figura 3: Distribuição temporal dos focos de queimadas, registrados pelo satélite AQUA_M-T para a microrregião de Itapetinga – BA de 2011 a 2020. Em A total anual e em B média mensal para os anos em análise.



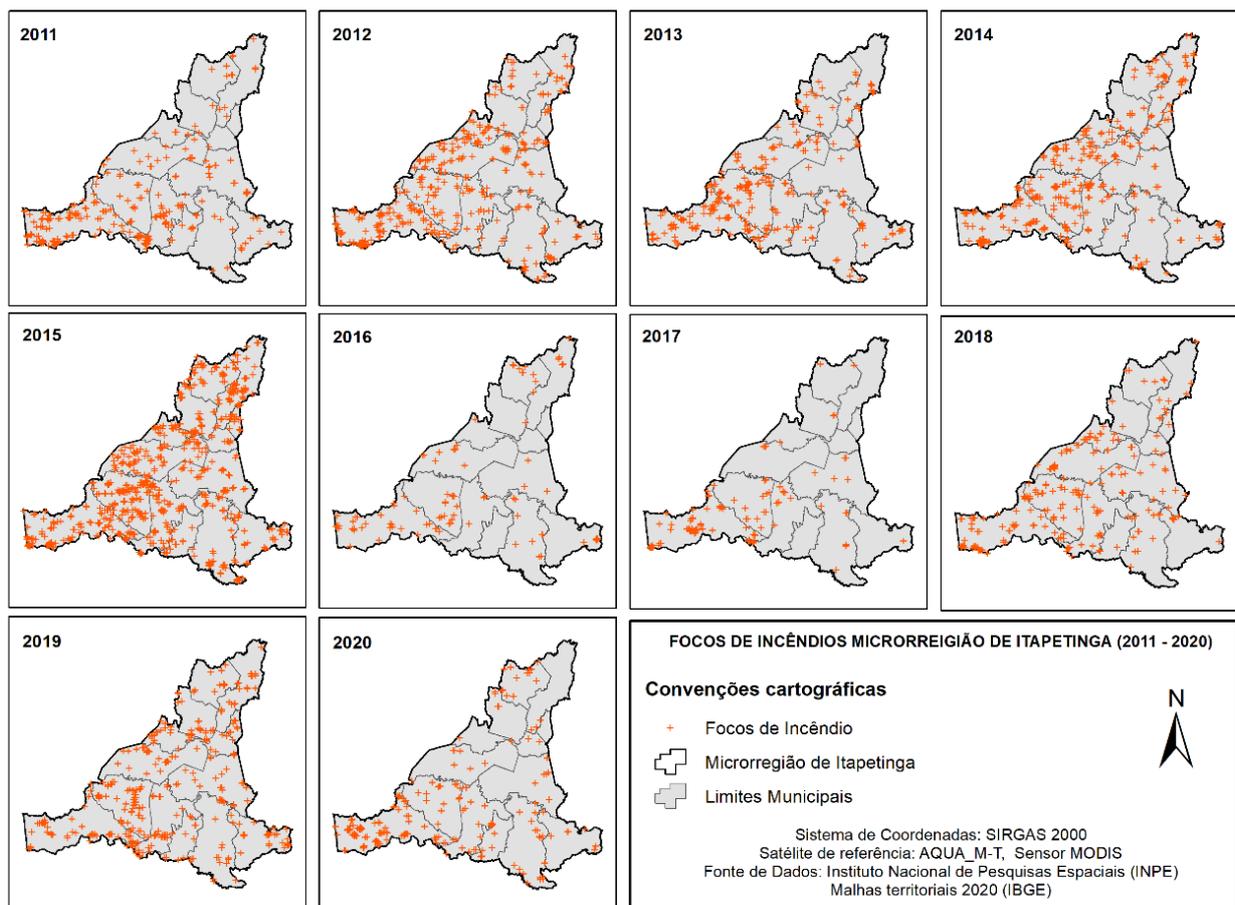
Fonte: Os autores (2023).

Perante a esses valores é importante ressaltar que a detecção de focos de queimadas por imagens de satélite tem uma série de limitações que precisam ser compreendidas para a sua correta utilização, com o intuito de evitar generalizações que podem comprometer o monitoramento e a elaboração dos mapas de avaliação desse fenômeno (Andrade; Ferreira, 2019). Conforme o INPE (2023), entre os fatores que podem impedir ou prejudicar a detecção dos focos podemos citar: as queimadas de pequena duração, onde o incêndio começa e termina fora do período de passagem do satélite; fogo em encostas de determinadas montanhas, onde o ângulo de visada do satélite não consegue captar, visto que o satélite estava observando o outro lado; as nuvens que podem cobrir a região na hora do imageamento; assim como fogo apenas no chão de uma floresta densa, onde a copa das árvores não permite o registro do foco de queimada.

Analisando a distribuição espacial dos focos de queimadas registrados no período, conforme as Figuras 4 e 5, é possível observar que a maioria foram registrados no município de Encruzilhada, com 27,25% dos casos, seguidos do município de Ribeirão do Largo, com 14,46%. Estes municípios

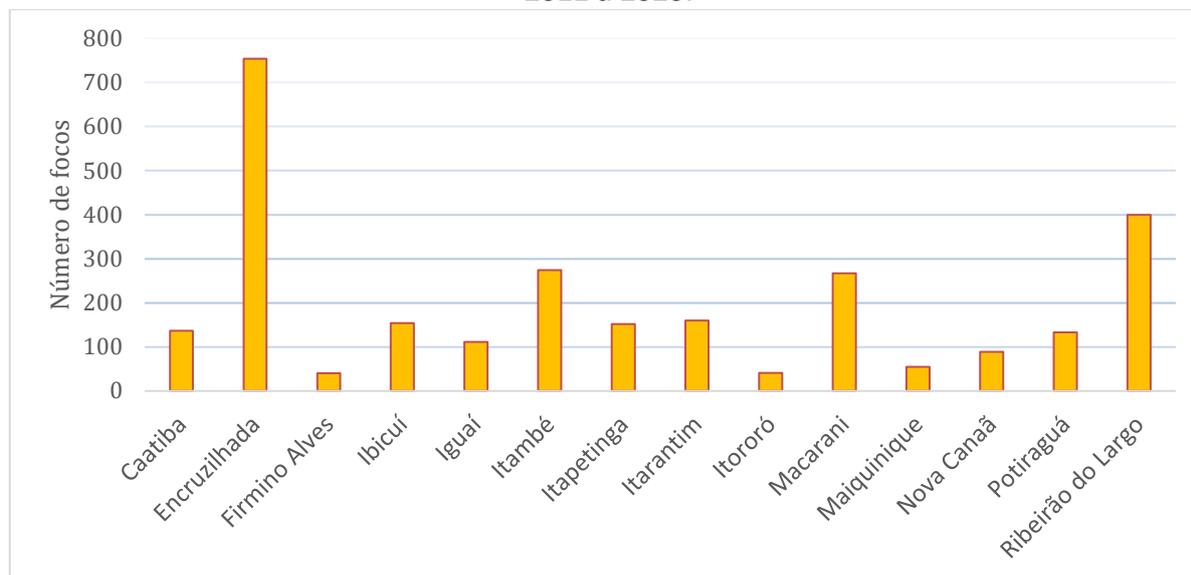
possuem a maior cobertura florestal e áreas com plantio de silvicultura, entre os 14 municípios da região. Queimadas em áreas de vegetação natural podem estar relacionadas ao desmatamento e à conversão destas áreas em agricultura (Santana *et al.*, 2023). Já Firmino Alves, Itororó e Maiquinique foram os municípios da microrregião que apresentaram o menor número de focos de queimadas registrados no período de 10 anos, com 40, 41 e 55 focos, respectivamente.

Figura 4: Distribuição espacial dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga, de 2011 a 2020.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 5: Focos totais de queimadas registrados por municípios da microrregião de Itapetinga, de 2011 a 2020.



Fonte: Os autores (2023).

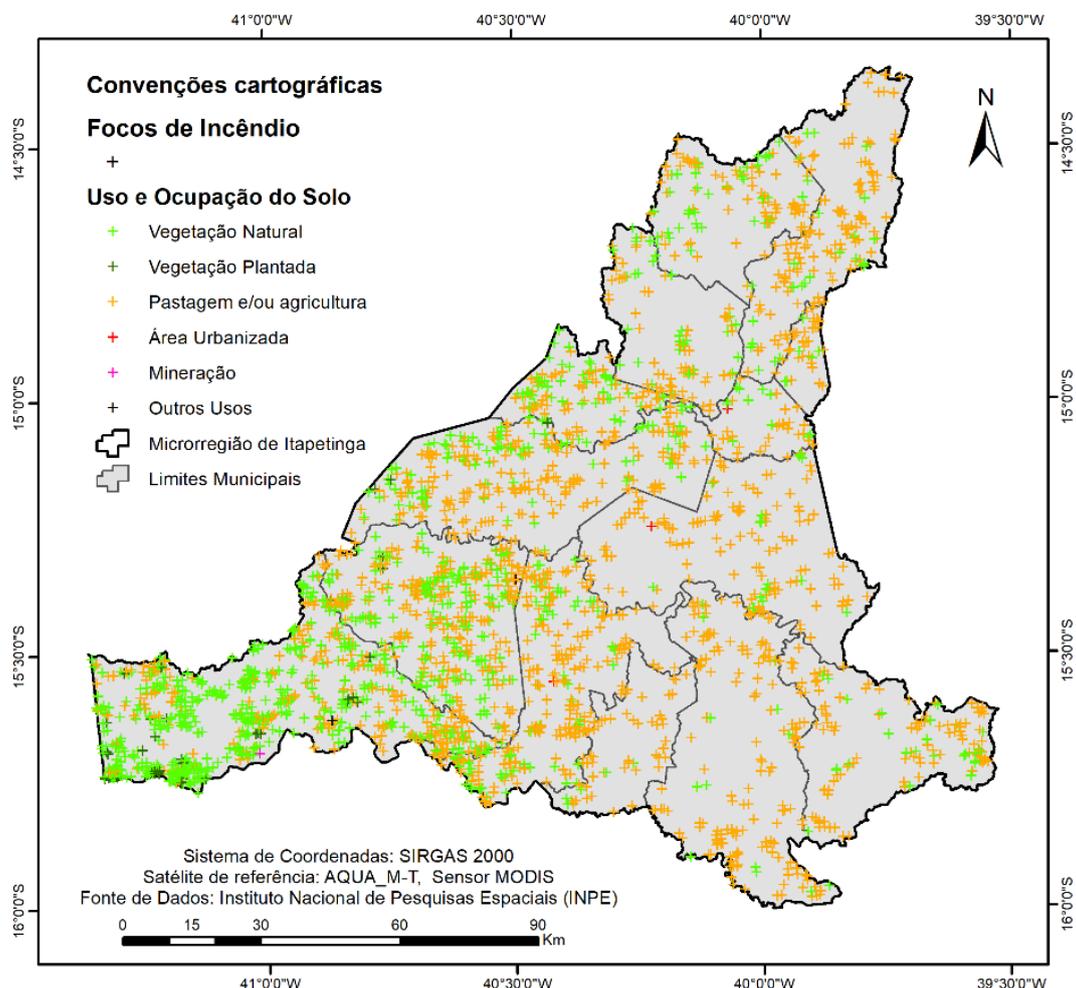
Segundo Barbosa *et al.* (2020), quanto maior a quantidade de focos identificados em um município maior serão os prejuízos ambientais que o mesmo está sujeito, uma vez que, a depender da extensão e da duração das queimadas, os elementos da paisagem local não conseguem se recuperar do impacto sofrido, gerando um cenário suscetível a processos de desertificação, erosão, perda de biodiversidade e outros fatores que impactam os recursos naturais da área e muitas vezes podendo impedir a continuidade de atividades econômicas em uma região. Assim, Yang *et al.* (2007) afirma que informações sobre a distribuição espacial dos focos são necessárias para melhorar as estratégias de prevenção, visto que a análise espacial das ocorrências pode fornecer novas informações para orientação dos esforços de planejamento e redução do risco que esse fenômeno pode representar.

Analisando o tipo de uso e cobertura da terra onde os focos de queimadas foram registrados de 2011 a 2020 (Figura 6), nota-se que 60,71% foram em áreas de pastagem e áreas de agricultura, 37,40% aconteceu em áreas de vegetação natural, e apenas 1,66% foram em áreas de vegetação plantada, sendo elas plantios de eucalipto e café. Percebe-se que as queimadas estão ligadas à implantação e/ou à reforma de pastagens, no qual agricultores da região no processo de preparação de lavouras ou de formação de pastagens em suas propriedades são responsáveis por uma grande parte desses registros, uma vez que grande parte dos produtores de gado ainda queimam seus pastos (Costa *et al.*, 2008). Além de problemas na própria pastagem, o uso do fogo sem o devido controle pode causar problemas ambientais significativos (Santana *et al.*, 2023). É importante

salientar que, o Código Florestal, instituído pelo Lei 12.651/2012, define como crime, sujeito à prisão e multa e proíbe colocar fogo em florestas de domínio público ou privado, assim como colocar fogo nos campos, no processo de preparação de lavouras ou de formação de pastagens, sem autorização prévia da autoridade florestal, e proíbe também acender fogo dentro das matas e soltar balões, e outros artefatos que podem provocar incêndio nos campos e florestas (Brasil, 2012). Ainda assim, essas práticas são muito comuns no cotidiano, ainda mais em regiões onde o sistema econômico ainda está voltado a métodos antiquados de agricultura e criação de gado, que estão ligados, principalmente, à questão econômica, que se torna um fator predominante para o uso da queima, atrelado ao fator cultural, já que é uma prática tradicionalmente utilizada na região (Costa *et al.*, 2008).

Além disso, é possível considerar que a atividade do fogo também permanece associada aos processos de desmatamento de remanescentes florestais e que continua contribuindo com a degradação da vegetação nativa na microrregião de Itapetinga, uma vez que grande parte do percentual dos focos de queimadas são registradas em áreas de vegetação natural. Segundo ICMBio (2010), um conjunto de fatores podem influenciar no comportamento de um incêndio florestal, sendo o material combustível um dos principais durante o desenvolvimento de um incêndio, em síntese o tipo de uso e cobertura da terra interfere no processo de ignição e propagação dos incêndios, desde o tamanho, a quantidade e a intensidade.

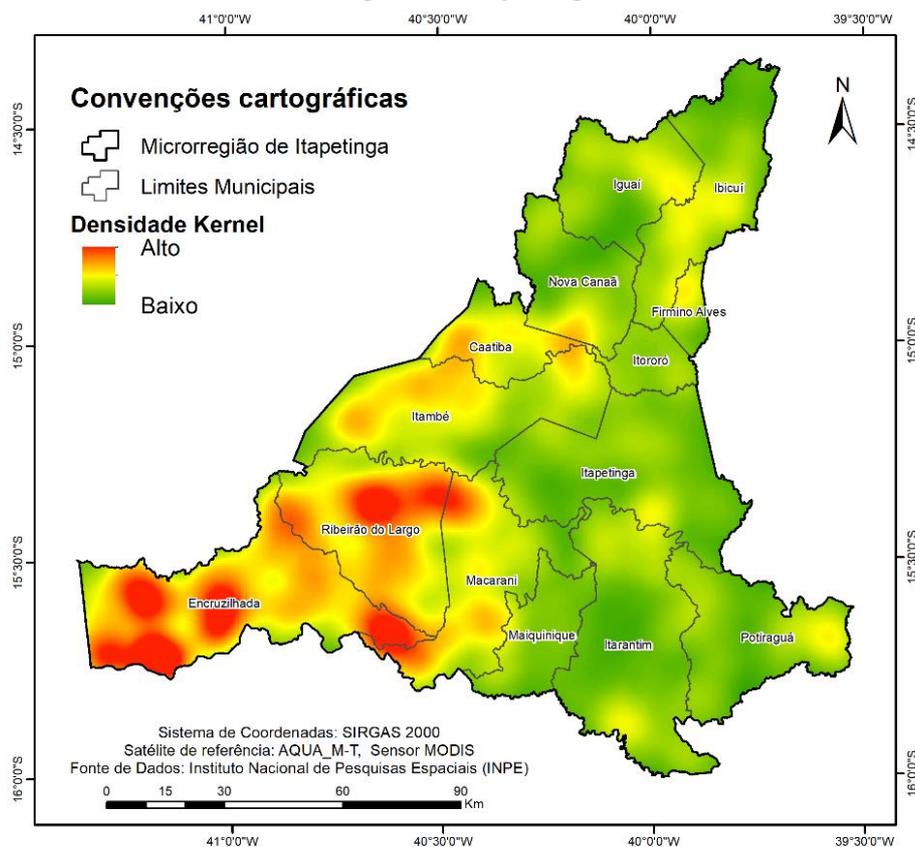
Figura 6: Tipo de Uso e Ocupação da terra nos locais dos focos de queimadas de 2011 a 2020 na microrregião de Itapetinga - BA



Fonte: Os autores (2023).

Para identificação das regiões de concentração de focos de queimadas foi gerado o mapa de densidade, conforme apresentado na Figura 7. A intensidade de ocorrência do processo pontual em toda a área de interesse permite a análise do comportamento espacial dos eventos, no qual é muito útil para fornecer uma visão geral da distribuição espacial das queimadas na região (Silva; Rocha; Angelo, 2013). Por meio do estimador de densidade Kernel é possível perceber o comportamento dos focos de queimadas na microrregião, fornecendo uma visão geral da distribuição espacial. É possível observar que os municípios localizados à sudoeste da área, como Encruzilhada e Ribeirão do Largo, apresentam uma maior densidade de focos.

Figura 7: Distribuição da Densidade de Kernel para os focos de queimadas de 2011 a 2020 na microrregião de Itapetinga – BA.



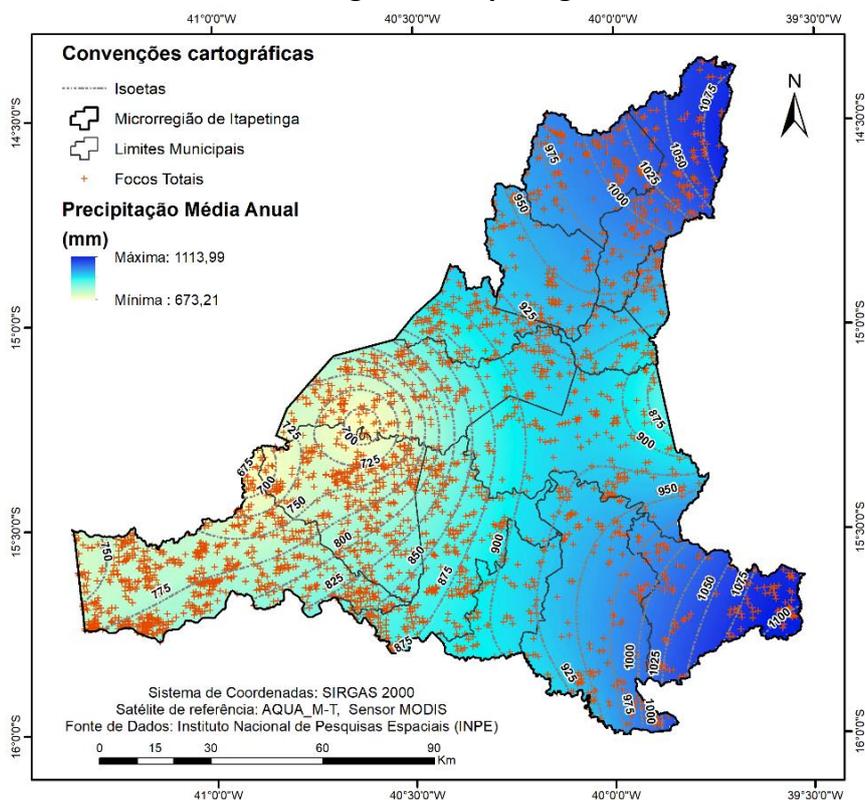
Fonte: Os autores (2023).

Segundo Fuentes-Santos, Marey-Pérez e González-Manteiga (2013), a distribuição espacial de queimadas não se dá de forma completamente aleatória, pois a ocorrência destas em algumas áreas específicas dependem de uma série de fatores relacionados com o tipo de proteção, práticas de prevenção e características de cada região. Desse modo, o padrão de distribuição agrupado das queimadas na microrregião de Itapetinga está relacionado ao emprego do fogo como prática de manejo e condições de uso do solo. As causas principais estão associadas a queima de pastagens; nas áreas de monoculturas de eucalipto, principalmente nos municípios de Encruzilhada e Ribeirão do largo, visto que nesses municípios o plantio de áreas de silvicultura vem crescendo nos últimos anos, sendo o fogo utilizado como forma de abrir áreas para o plantio do eucalipto, as quais favorecem a ocorrência de forma agregada de indícios nessas regiões específicas (Pereira *et al.*, 2013). Para De Jesus e Santos (2011), os incêndios florestais podem colocar áreas de silvicultura em risco, devendo haver grande preocupação por parte das empresas do segmento florestal em trabalhos de prevenção e controle de incêndios.

Logo, compreender a variação espacial e sazonal da ocorrência dos focos de queimadas nessa região são de fundamental importância para a viabilização e controle dos focos e estabelecer ações de monitoramento e controle são primordiais para redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos, tanto econômicos quanto sociais e ambientais (Nogueira *et al.*, 2002).

O clima é um dos elementos que potencializa a ocorrência dos focos de queimadas, uma vez que influencia na quantidade de biomassa e no teor de umidade do combustível. Para Nunes *et al.* (2013) as condições climáticas e meteorológicas desempenharam um papel crucial no desencadeamento do fogo, já Chang *et al.* (2015), complementa que os incêndios são decorrentes das complexas interações entre a vegetação, clima, topografia e das atividades antrópicas ao longo do tempo. Como a precipitação pluviométrica é um fator determinante para a ocorrência e a propagação do fogo em uma região, os dados de focos totais de queimadas da microrregião de Itapetinga foram cruzados com o mapeamento de precipitação média anual, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8: Focos totais de queimadas de 2011 a 2020 e Precipitação Média Anual para a microrregião de Itapetinga-BA



Fonte: Os autores (2023).

Nota-se que a distribuição na precipitação total anual para a microrregião de Itapetinga apresenta grande variação ao longo de seu território, a média anual da precipitação é de 894 mm, tendo a lâmina precipitada variando de 670 mm, no interior onde predomina a influência do semiárido, a 1120 mm nas extremidades norte e leste, devido à aproximação com a região litorânea. Percebe-se que o volume médio anual precipitado nas áreas ao norte e leste apresentam os maiores acúmulos de volume precipitado, isso ocorre possivelmente devido a aproximação com áreas litorâneas, sofrendo maiores influências do clima tropical, conseqüentemente essas áreas também apresentaram menores números de focos de queimadas registrados no período de análise. Por sua vez, as áreas da microrregião mais próximas do Oeste sofrem uma maior influência do clima semiárido, logo apresentaram menores valores precipitados e notoriamente um maior número de focos de queimadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no presente estudo foi possível concluir que dados de focos de queimadas disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do Programa Queimadas e Incêndios Florestais são eficientes e práticos para compreender e resumir o comportamento das queimadas de uma região. Fica notório que apesar dos focos de queimadas na microrregião de Itapetinga serem dinâmicos e variarem de acordo com o tempo e espaço, estão relacionados com o clima semiárido, caracterizados por uma baixa precipitação pluviométrica, além de estarem relacionados com o tipo de manejo do solo aplicado na região. Municípios como Encruzilhada e Ribeirão do Largo, apresentaram uma maior frequência das queimadas, que pode estar relacionadas com as atividades agrícolas de florestas plantadas para a extração de matérias-primas e com baixos índices pluviométricos e temperatura mais elevada. As áreas de pastagens são as com mais focos registrados, visto que as mesmas são bastante afetadas pelo fogo de origem antrópica, particularmente nos períodos de estiagem.

REFERÊNCIAS

ADAB - Agência Estadual De Defesa Agropecuária Da Bahia. **Relatório Técnico: impacto econômico da seca na microrregião de Itapetinga 2016**. 1–45. 2017.

AGEE, James K. **Fire ecology of Pacific Northwest forests**. Island press, 1996.

ALMEIDA, Rodolfo Maduro. Modelagem da propagação do fogo como ferramenta de auxílio à tomada de decisão no combate e prevenção de incêndios no Parque Nacional das Emas, GO. 2012. **Tese de Doutorado**. Tese, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos.

ANDRADE, Shirlei Cardoso; FERREIRA, Alex Franco. Mapeamento Geoecológico Da Susceptibilidade à Ocorrência De Incêndios No Parque Estadual Da Serra Da Concórdia–Valença RJ. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2019

BARBOSA, Priscilla Gomes *et al.* Uso das técnicas de geoprocessamento no mapeamento dos focos de incêndio na microrregião da Serra do Teixeira/PB no período de 2014-2019. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 485-493, 2020.

BATISTA, Antonio Cartos. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, v. 34, n. 2, 2004. BRASIL. **Código Florestal**, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

BRITO, Érika Gomes.; SILVA, Marcus Vinicius Chagas & CRISPIM, Andrea Bezerra. **Climatologia**, Editora da Universidade Estadual do Ceará - EdUECE, Fortaleza, 106 p. 2019.

CHANG, Yu et al. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987–2007) in China. **Forest Ecology and Management**, v. 356, p. 13-21, 2015.

CORRÊA, Camila Ribeiro; ALENCAR, Rômulo Carlos Carneiro. Focos de queimadas em unidades de conservação. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, v. 13, p. 3954-3961, 2013.

COSTA, Marcus V. O. B. *et al.* A CULTURA DAS QUEIMADAS NA PECUÁRIA: UM ESTUDO NUMA COOPERATIVA, NO MUNICÍPIO DE ITAPETINGA, BAHIA. **Enciclopédia Biosfera**, n.05; p. 1-9, 2008.

DA SILVA CARNEIRO, Kamila Ferreira; ALBUQUERQUE, Emanuel Lindemberg Silva. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, estado do Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 31-40, 2019.

DE JESUS, Angélica Otoni Pereira; SANTOS, Caio Pereira. Sazonalidade de incêndios em florestas plantadas de eucalipto no extremo sul baiano. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2011.

DE OLIVEIRA, Nelma Gusmão. De capital da pecuária ao sonho de pólo calçadista: a constituição da estrutura urbana de Itapetinga, BA. **Cadernos PPG-AU/FAUFBA**, v. 1, n. 1, 2002.

DOS SANTOS, Ramon Batista; SOUZA, Carolina Gusmão; DA SILVA, Danilo Paulúcio. Especialização de dados pluviométricos e meteorológicos para a microrregião De Itapetinga-Ba. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica**, João Pessoa, UFPB, Volume 1, pg. 1609-1623, 2021.

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

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Manual para formação de brigadista de prevenção e combate aos incêndios florestais. MMA. 87p 2010.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais, **BDQueimadas**, 2023.

KAWAMOTO, Marcia Tiemi. Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro–SP. **Dissertação de mestrado**, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu: Botucatu, SP, 2012.

KÖPPEN, Wilhelm. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, v. 9, 1948.

LATUF, Marcelo; DA SILVA RIOS, Guilherme; PEREIRA, Raiane Cristina. Análise multitemporal de incêndios florestais ocorridos no Estado de Minas Gerais entre 2001 e 2020. **Revista Cerrados**, v. 20, n. 01, p. 120-148, 2022.

MARENGO, Jose A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **CLIMANÁLISE**, 3(1), pg. 1–6, 2016.

MELLO, CR de et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 925-933, 2003.

MOREIRA, Willian Carlos; ALMEIDA, Marllus Rafael Negreiros; DA SILVA, Sonaira Souza. Dinâmica espaço-temporal das queimadas no período de 2013-2017, no Vale do Juruá, Acre, Brasil. **Anais XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, São José dos Campos, INPE, 2019.

NOGUEIRA, Gilciano Saraiva et al. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. **Revista Árvore**, v. 26, p. 363-369, 2002.

NUNES, Adélia et al. Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência regional e principais fatores responsáveis. **Cadernos de Geografia**, 2013.

PEREIRA, Allan Arantes et al. Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da função K de Ripley Spatial distribution analysis of burned areas through the K-Ripley function. **Scientia Forestalis**, v. 41. n. 100, p. 445-455, 2013.

RIBEIRO, O. I. et al. Biomass burning and carbon monoxide patterns in Brazil during the extreme drought years of 2005, 2010, and 2015. **Environmental Pollution**. v. 243, p. 1008-1014, 2015.

RUDORFF, Bernardo Rudorff. Sensor Modis e Suas Aplicações Ambientas no Brasil. **Editora Parêntese**, 2007.

SANTANA et al. Dairy production in a region of the Brazilian Atlantic Forest: interactions between climate, fire, vegetation, and pasture degradation. **Arabian Journal of Geosciences**, 16:141, p. 1-15, 2023.

SEGER, Celso Darci. Material combustível e comportamento do fogo em vegetação de estepe gramíneo-lenhosa na RPPN Caminho das Tropas, Palmeira, Paraná. 2015.

SETZER, Alberto W.; FERREIRA, Nelson J. (Ed.). Queimadas e incêndios florestais: mediante monitoramento orbital. **Oficina de Textos**, 2022.

SILVA, Rafael César Costa; TOLEDO, Márcio. Panorama recente dos estudos sobre cidades pequenas na geografia brasileira. **Revista GEOMAE**, v. 12, n. esp, p. 385-400, 2021.

SILVA, T. Bonfim; 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, Foz do Iguaçu, PR, Brasil**, v. 13, p. 6969-6976, 2013.

SOARES, Tereza Beatriz Oliveira et al. Análise da influência da precipitação na dinâmica de focos de incêndio no Parque Nacional das Sempre Vivas-MG. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 15, p. 121-138, 2017.

SOUZA JR, Carlos M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

STRAND, Jon et al. Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon forest's ecosystem services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 657-664, 2018.

TUCCI, Carlos EM et al. Hidrologia: Ciência e Aplicação, 3ª edição. Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

YANG, Jian et al. Spatial patterns of modern period human-caused fire occurrence in the Missouri Ozark Highlands. **Forest Science**, v. 53, n. 1, p. 1-15, 2007.

Artigo submetido em: 28/02/2023

Artigo aceito em: 19/06/2024

Artigo publicado em: 30/06/2024