

Análise dos focos de calor no estado do Pará no período de 2016 a 2019

Analysis of hotspots in the state of Pará from 2016 to 2019

Análisis de hotspots en el estado de Pará de 2016 a 2019

Recebido: 15/01/2022 | Revisado: 19/01/2022 | Aceito: 26/04/2022 | Publicado: 29/04/2022

Renan Ribeiro Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7135-8021>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: rcrenan14@gmail.com

Bianca Lobato Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3982-0076>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: biancbloolb@gmail.com.br

Paula Fernanda Pinheiro Ribeiro Paiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-3132>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: paula.pinheiro@ufrj.edu.br

Eduardo Saraiva da Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4971-6969>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: engftalsaraiva@yahoo.com.br

Orleno Marques da Silva Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1173-1429>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: orleno@ppe.ufrj.br

Francimary da Silva Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-8779>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: francimarycarneiro@gmail.com

Klewton Adriano Oliveira Pinheiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2696-4249>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
E-mail: klewton.pinheiro@gmail.com

Marcio Braga Amorim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7508-2766>
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, Brasil
E-mail: marciobamorim@gmail.com

Resumo

Este trabalho visou analisar a incidência de focos de calor localizados no estado do Pará, nos anos de 2016 a 2019. Para análise, mapeou-se os focos de calor que ocorreram nos estado do Pará, dando destaque para a mesorregiões de maior ocorrência. Utilizou-se variáveis estatísticas de medidas de tendências centrais, assim como, foram gerados mapas através do estimador de densidade de Kernel. Para manipulação dos dados foi utilizado software de sistema SIG. Foram gerados mapas com cinco níveis de densidade de Kernel representados por cores, sendo elas, verde escuro (muito baixa), verde claro (baixa), amarelo (média), laranja (alta) e vermelho (muito alta), sendo este aplicado para os três municípios com maior número de focos. Os resultados demonstraram que no Pará a incidência de focos de calor concentram-se, sobretudo, ao longo das vias de acesso. Já as mesorregiões que obtiveram a maior incidência de focos de calor destaca-se o Sudeste Paraense (38.989), seguido pelo Sudoeste Paraense (38.411), o Baixo Amazonas (16.547) e o Nordeste Paraense (16.294). Os municípios que apresentaram alta incidência de focos de calor ficam localizados nas mesorregiões de maior concentração, sendo eles, São Félix do Xingu (13.077) e os municípios de Altamira (11.710) e Novo Progresso (6.840). Os focos de calor tendem a aumentar nos meses mais secos do ano, este aumento começa a partir do mês de julho, sendo o mês de novembro o mais crítico.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Método de Kernel.

Abstract

This work aimed to analyze the incidence of hotspots located in the state of Pará, from 2016 to 2019. For analysis, the hotspots that occurred in the state of Pará were mapped, highlighting the mesoregions with the highest occurrence. Statistical variables of measures of central trends were used, as well as maps were generated through the Kernel density estimator. For data manipulation, GIS system software was used. Maps were generated with five kernel density levels represented by colors, which are dark green (very low), light green (low), yellow (medium), orange

(high) and red (very high), which is applied to the three municipalities with the highest number of outbreaks. The results showed that in Pará the incidence of hotspots is concentrated, above all, along the access roads. The mesoregions that had the highest incidence of hotspots are Southeast Pará (38,989), followed by Southwest Pará (38,411), Baixo Amazonas (16,547) and Northeast Pará (16,294). The municipalities that had a high incidence of hotspots are located in the mesoregions with the highest concentration, namely São Félix do Xingu (13,077) and the municipalities of Altamira (11,710) and Novo Progresso (6,840). The hotspots tend to increase in the driest months of the year, this increase starts from the month of July, with the month of November being the most critical.

Keywords: Geoprocessing; Kernel Method.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo analizar la incidencia de los hotspots ubicados en el estado de Pará, de 2016 a 2019. Para el análisis, se mapearon los hotspots que ocurrieron en el estado de Pará, destacando las mesorregiones con mayor ocurrencia. Se utilizaron variables estadísticas de medidas de tendencia central, así como se generaron mapas a través del estimador de densidad Kernel. Para la manipulación de datos se utilizó el software del sistema GIS. Se generaron mapas con cinco niveles de densidad kernel representados por colores, los cuales son verde oscuro (muy bajo), verde claro (bajo), amarillo (medio), naranja (alto) y rojo (muy alto), el cual se aplica a los tres municipios con el mayor número de brotes. Los resultados mostraron que en Pará la incidencia de hotspots se concentra, sobre todo, a lo largo de las vías de acceso. Las mesorregiones que presentaron mayor incidencia de hotspots son el Sudeste de Pará (38.989), seguido del Sudoeste de Pará (38.411), Baixo Amazonas (16.547) y Nordeste de Pará (16.294). Los municipios que presentaron alta incidencia de hotspots están ubicados en las mesorregiones con mayor concentración, a saber, São Félix do Xingu (13.077) y los municipios de Altamira (11.710) y Novo Progresso (6.840). Los hotspots tienden a aumentar en los meses más secos del año, este aumento se inicia a partir del mes de julio, siendo el mes de noviembre el más crítico.

Palabras clave: Geoprocetamiento; Método del Kernel.

1. Introdução

O Estado do Pará se destacou como o maior emissor de gases do efeito estufa no Brasil no ano de 2018, sendo que, as principais fontes de emissão provêm do desmatamento e das atividades de pecuária (Angelo & Rittl, 2019). Em florestas tropicais, o fogo representa uma ameaça não só ao bem estar humano, mas também à biodiversidade, a integridade dos solos, e as mudanças climáticas que se dá tanto em escala regional, quanto global (Freitas et al., 2005). A detecção de focos de calor por satélites constitui a principal forma de aquisição de dados dentro do sistema de monitoramento de incêndios florestais dos órgãos federais ICMBio e IBAMA, que atuam no combate e na prevenção deste fenômeno (Tomzhinski, 2011).

A utilização do fogo para a agricultura faz parte da cultura mundial. A partir dos anos 70, com a fronteira agrícola tomando novas frentes, seguindo para a região norte e centro-oeste do país, o fogo passou a ser utilizado com maior intensidade, servindo como abertura de novas áreas e, por sequente, instrumento de manejo agrícola barato, por ser acessível e eficaz, para o fim que se pretende (Ramos, 1995). Os incêndios florestais podem ter origem em diversos fatores, mas a maior parte tem por responsável as ações antrópicas, além é claro, dos fatores de propagação, como variáveis meteorológicas e o relevo do local, sendo estes, determinantes nos efeitos destruidores (Santos et al., 2006).

Com a implementação do programa de monitoramento do desmatamento na Amazônia, a partir de 2004, a dinâmica e o padrão de desmatamento ilegal na região foram alterados completamente. Antes da implantação, os desmatamentos ocorriam em grandes áreas, com o corte raso da vegetação nativa e em curtos períodos de tempo, após 2004 este padrão reduziu drasticamente e passou a ter outra dinâmica, sendo caracterizado pelas queimadas florestais, cumprindo a função de degradar a floresta e assegurar a ocupação gradual dessas áreas com atividades produtivas, em especial, a pecuária (IPAM, 2016).

Soares e Batista (2007) comentam que, para que haja políticas adequadas de prevenção de incêndios florestais, se faz necessário conhecer as estatísticas dos eventos, e a falta desse conhecimento pode levar à gastos a mais ou a menos do potencial de danos provocados pelo incêndio. E para Fildler et al. (2006) a melhor forma de planejar, prevenir e combater incêndios florestais é através de análises dos padrões históricos, atentando às possíveis causas, consequências e a frequência de ocorrência.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dentre os estados da federação, o estado do Pará, junto

aos estados do Maranhão e do Mato Grosso, aparecem entre os primeiros no ranking nacional de queimadas. Historicamente, o mês de julho abre a temporada de queimadas na Amazônia (INPE, 2018).

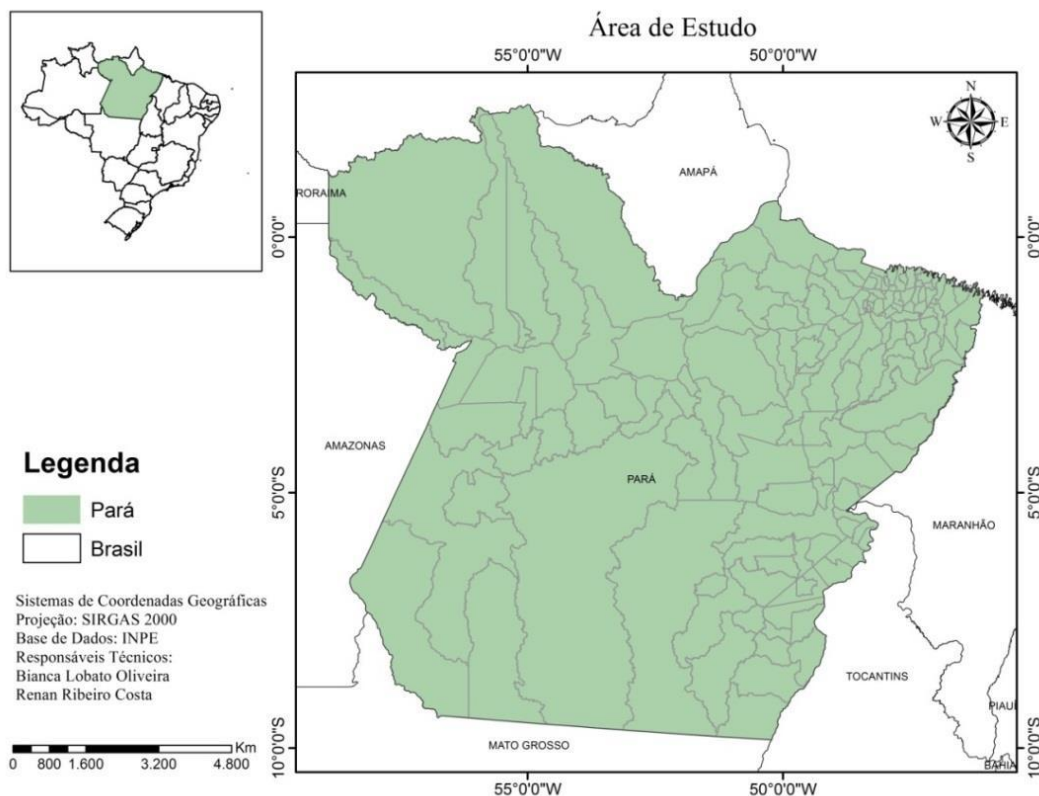
Com isso, este trabalho foi realizado com intuito de analisar a incidência de focos de calor dentro do estado do Pará a partir de uma base de dados derivados da geotecnologia, a fim de observar se existe um padrão na ocorrência de focos de calor no Pará.

2. Metodologia

Este trabalho teve como área de estudo todo o território do Estado do Pará, que localiza-se na região Norte do Brasil (Figura 1). O estado faz fronteira com os estados do Amapá, Amazonas, Roraima, Mato Grosso e Maranhão, que compõem a Amazônia Legal. O Pará possui área de 1.247.955,238 km², sendo o segundo maior estado em tamanho do país. Possuindo 144 municípios oficiais (IBGE, 2017).

Ao realizar a classificação da vegetação da área, o estudo feito pelo IBGE (1991), verificou que existe o predomínio de florestas de terra-firme, florestas ombrófilas aberta, florestas ombrófilas densa e campinarana na região do Pará.

Figura 1 – Localização do estado do Pará no Brasil, bem como, sua divisão municipal.



Fonte: Autores.

As mesorregiões são compostas por áreas geográficas que apresentam similaridades econômicas e sociais e que pertencem a mesma Unidade de Federação. O Estado Paraense apresenta seis regiões principais, sendo elas: a Mesorregião do Baixo Amazonas, a Mesorregião do Marajó, a Mesorregião do Nordeste Paraense, a Mesorregião Metropolitana de Belém, a Mesorregião do Sudeste Paraense e por fim, a Mesorregião do Sudoeste Paraense, sendo esta a que apresenta a maior extensão territorial do estado (Luz, 2013).

Segundo a classificação de Köppen, são identificados três subtipos climáticos no Estado do Pará, sendo eles: “Af”, caracterizado pela estação de seca e precipitação do mês menos chuvoso igual ou superior a 60 mm; “Am”, apresentando características de clima de monção, com época de seca moderada e precipitação média mensal inferior a 60 mm, e por fim, o sub-tipo “Aw”, sendo característico de inverno seco bem definido e precipitação média mensal inferior a 60 mm (SEMAS, 2015).

A precipitação pluviométrica na região tropical é o principal fator de subdivisão dos climas. Na Amazônia, a distribuição média de precipitação pluviométrica é ocasionada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e linhas de instabilidade. Sendo que na região do Pará, há predomínio de precipitação do tipo convectiva, em forma de pancadas de chuvas que são, geralmente, de curta duração. Para o estado são encontrados valores de precipitação com média anual entre 1.000 mm a 4.500 mm (SEMAS, 2015).

A base de dados foi obtida junto ao portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, utilizando o satélite de referência (AQUA_M-T) para o período de janeiro de 2016 a setembro de 2019. Os dados geoespaciais ficam disponibilizados, para livre acesso, na plataforma do Programa de Queimadas (BDQueimadas). A obtenção dos focos de calor foi no formato de *shapefile* para todo o território paraense, no intervalo de um ano, em uma única base de dados. Obteve-se os shapes de Limites Municipais e de Mesorregiões do Estado do Pará junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. As malhas rodoviárias foram obtidas na base de dados do MMA. Os limites dos imóveis rurais foram obtidos no site do Cadastro Ambiental Rural – CAR.

Foram adquiridos, também, dados provenientes de focos de calor por municípios e por meses do ano, em forma de planilhas eletrônicas no formato de valores separados por vírgula (.csv) no banco de dados do Inpe. Tais informações foram processadas e separadas em função das mesorregiões, assim como, foram ordenadas de forma decrescente para municípios e mesorregiões.

Após a aquisição dos dados de focos de calor anuais do período de 2016 a 2019, importaram-se as informações para ambiente SIG. Foram plotados os shapes dos focos de calor no *software*, e após a espacialização dos pontos, ocorreu a sobreposição destes à área de estudo, para que assim, inicia-se a interpretação das informações, para posteriormente, gerar dados secundários. Adicionou-se os *shapes* de limites municipais, assim como, a malha rodoviária estadual. Adotou-se Sistema de Referência de Coordenadas SIRGAS 2000 para todo o estudo.

Os pontos de focos de calor foram submetidos ao estimador de densidade de *Kernel* encontrado dentro da plataforma de SIG. Adotou-se tamanho de pixel de acordo com a área das mesorregiões e municípios, assim como o intervalo do raio de amplitude de classe foi modificado para melhor representação dos dados. Classificou-se cinco classes de densidades, representadas a partir de cores, sendo elas: verde escuro (muito baixa), verde claro (baixa), amarelo (média), laranja (alta), vermelho (muito alta). O estimador de densidade de *Kernel* tende a criar um raio de influência a partir de pontos isolados (Silverman, 1986). Tal ferramenta foi utilizada com o intuito de auxiliar na interpretação visual da incidência dos focos de calor, afim de identificar padrões de densidades dentro da área de estudo.

Além disso, foram aplicadas estatísticas descritivas sobre os valores tabelados dos focos de calor. Utilizou-se as medidas de tendências centrais, que corresponde à média anual dos focos de calor no período de estudo.

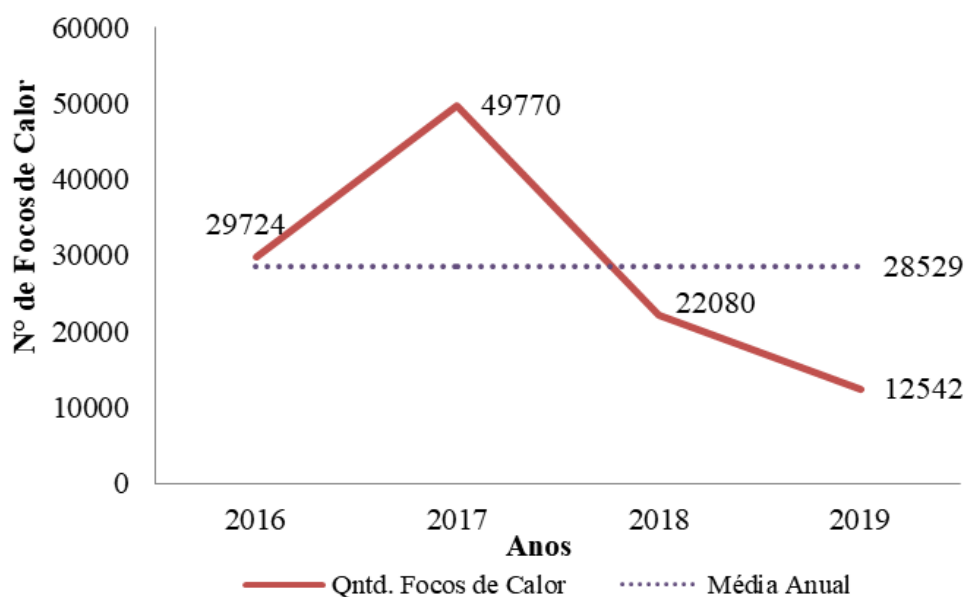
3. Resultados e Discussão

Focos de Calor no Estado do Pará

De acordo com os dados do INPE sobre focos de calor, o estado paraense se manteve como líder no ranking de queimadas do Brasil na maior parte do período analisado. De janeiro de 2016 a setembro de 2019, foram registrados pelo satélite AQUA_M-T o total de 118.734 focos de calor no Pará, o que corresponde à média de 29.683 focos por ano.

Os anos de 2016 e 2017 foram os que apresentaram maior ocorrência com, respectivamente, 25,02% e 41,92 % do total de focos de calor no período dos quatro anos analisados. Na Figura 2, pode-se observar que, durante os anos em questão, apenas 2018 e 2019 registraram focos abaixo da média do período analisado. Já o ano de 2017 apresentou uma quantidade de focos de calor superior a todos os anos analisados, tendo uma alta de 67% em relação ao ano anterior. Em 2018 ocorreu a redução de 55% dos focos de calor registrados no ano de 2017.

Figura 2 – Quantitativo geral dos focos de calor nos anos de 2016 a 2019.



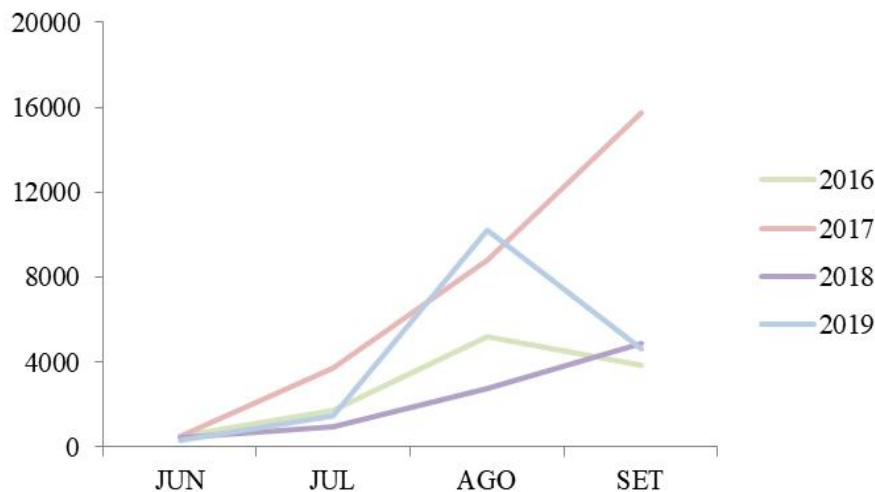
Fonte: Autores.

Silva et al. (2018), ao realizar um estudo sobre análise temporal dos focos de calor no estado do Acre, obteve resultados parecidos com o presente trabalho para os anos de 2016 e 2017, sendo estes os que mais apresentaram incidência de focos de calor na série histórica observada pelos autores. O trabalho realizado por Oliveira (2017) que levou em consideração a série histórica de (1998-2016), encontrou que os estados do Pará e do Mato Grosso alternam no primeiro lugar na quantidade de focos de calor registrado, sendo que, a partir de 2011 o estado do Pará lidera na ocorrência de focos.

Para o presente estudo, o total registrado para os anos de 2018-2019 corresponde a 33% ao total de focos que incidiram no estado do Pará, sendo inferior quando comparados aos anos de 2016-2017, que juntos concentraram 67% dos focos de calor para os anos em análise. Isso evidencia que a distribuição dos focos de calor não possui um padrão de aumento ao passar dos anos. Sofrendo, portanto, influências externas para que ocorra a variação da ocorrência de focos de calor.

Vale ressaltar que, devido o ano de 2019 ainda não estar concluído, este apresenta menor incidência de focos. Porém, ao comparamos os dados dos anos anteriores até o mês de setembro, período final de análise do ano de 2019, pode-se afirmar que houve o aumento dos focos de calor, sendo que até este mesmo mês em 2018, o número de focos de calor registrado foi de 9.771 e em 2019 registrou para a mesma época, a incidência de 17.160 focos, alta de 43%. Conforme mostra a Figura 3, o ano de 2019 bateu recorde de focos de calor no mês de agosto, com registro de 10.185 focos, o mesmo mês do ano de 2017 obteve 8.781 focos, um aumento de 15%.

Figura 3 – Distribuição de focos de calor entre os meses de janeiro a setembro de 2016-2019.



Fonte: Autores.

O mês de agosto de 2019 foi o que mais apresentou focos de calor capturados pelo satélite AQUA M-T. O boletim de desmatamento da Amazônia Legal elaborado pelo IMAZON, destacou que durante o mês de agosto de 2019 o desmatamento no estado do Pará correspondeu a 48% do total, no mesmo mês do ano de 2017, esse percentual foi de 32%. A área desmatada no mês de agosto de 2019 correspondeu a 423 km² enquanto em 2017 foi de 200 km².

Estudo feito pelo IPAM – 2019, destacou o aumento de focos de calor e incêndios florestais para o ano de 2019, sendo que tal fato está mais relacionado pelo fator desmatamento, visto que o ano em questão apresenta estiagem mais suave que anos anteriores. Foi observado que a concentração de incêndios florestais ocorrem em áreas recém desmatadas e com estiagem branda, indicando, portanto, que estes incêndios iniciaram de forma intencional, com intuito de limpeza de área recém desmatada. O estudo ainda fez a correlação entre área desmatada e número de focos de calor para os 10 municípios que juntos, registraram 37% dos focos de calor e 43% do desmatamento, encontrando os municípios de Altamira, São Félix do Xingu, Novo Progresso e Itaituba que ficam localizados no estado do Pará.

Contudo, o ano de 2017 foi o que mais chamou atenção pela elevada concentração de focos de calor. Os boletins de monitoramento de queimadas elaborados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS – PA) apontam que em 2017, boa parte do estado apresentou elevadas temperaturas, baixo índice pluviométrico, maior incidência solar, aliados às mudanças das condições oceânicas, o que acarretou ao aumento de focos de calor no Estado.

O ano de 2017 foi marcado pela ocorrência de grandes incêndios florestais a nível global, segundo a WWF (2018), tais eventos ocorreram em grandes quantidades em países da Europa, como Portugal e Espanha, alarmando a tendência de grandes incêndios alimentados pelas alterações climáticas.

Soares (2002) avalia que os eventos de incêndios florestais estão diretamente ligados à influência de questões meteorológicas, e por tal motivo, não seguem um padrão em sua ocorrência, visto que há variação de outros fatores determinantes, tais como, a precipitação pluviométrica durante os anos.

O ano de 2018, por exemplo, atingiu focos de calor de 22.080, menor que a média dos anos analisados, foi caracterizado pelas condições climáticas adversas para a ocorrência de queimadas. Sendo que o mês de julho, que é o mês de transição entre as estações chuvosa e seca, manteve anomalias de chuva positivas no estado, em especial nas mesorregiões do sudoeste e nordeste paraense (INMET, 2018).

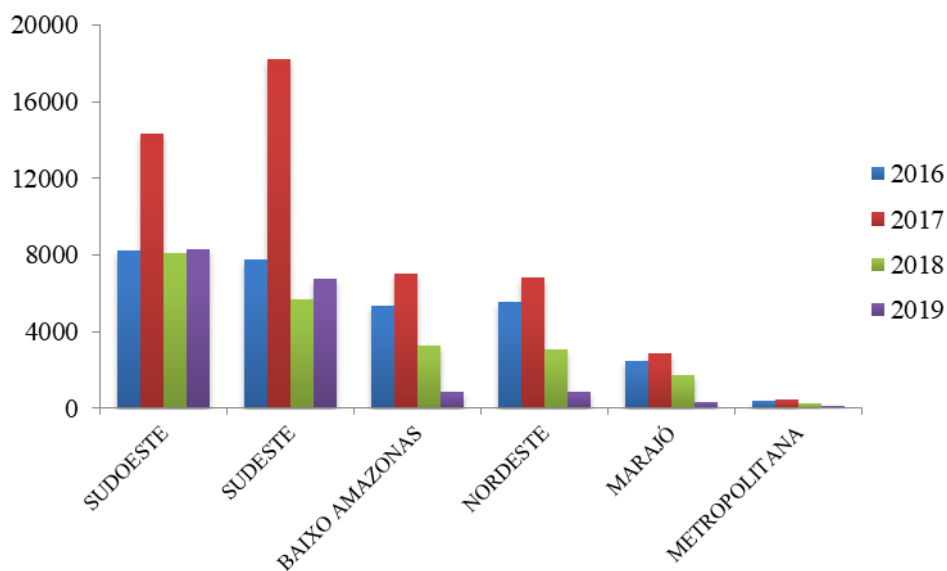
Resultados diferentes ao presente trabalho foram encontrados para os estados do Acre e de Roraima, que também estão inseridos na região norte do país e parte da Amazônia Legal. Estudo realizado por Martarole (2018) evidenciou que os

focos de calor captados pelo satélite AQUA M-T foram menores no ano de 2017 em relação a 2018. Afirmando, portanto, que são muitos os fatores que podem levar a maior ocorrência de focos de calor, e que estes, podem divergir dentro de um mesmo bioma.

Focos de Calor nas Mesorregiões do Pará

A Figura 4 apresenta os focos de calor nas seis mesorregiões do Estado do Pará entre os anos de 2016 a 2019. Evidenciando que houve ocorrência de focos de calor em todas as mesorregiões paraense. Sendo que a que obteve maior incidência de focos de calor no período em análise foi a mesorregião do Sudoeste Paraense, com o total de 38.989 focos de calor. Seguida pelo Sudeste Paraense, com total de 38.411, o Baixo Amazonas com 16.547 o Nordeste Paraense com 16.294, o Marajó com 7.385, e por fim, a região Metropolitana com 1.108 focos.

Figura 4 – Focos de calor nas Mesorregiões do estado do Pará, entre 2016 a 2019.



Fonte: Autores.

Sudoeste Paraense

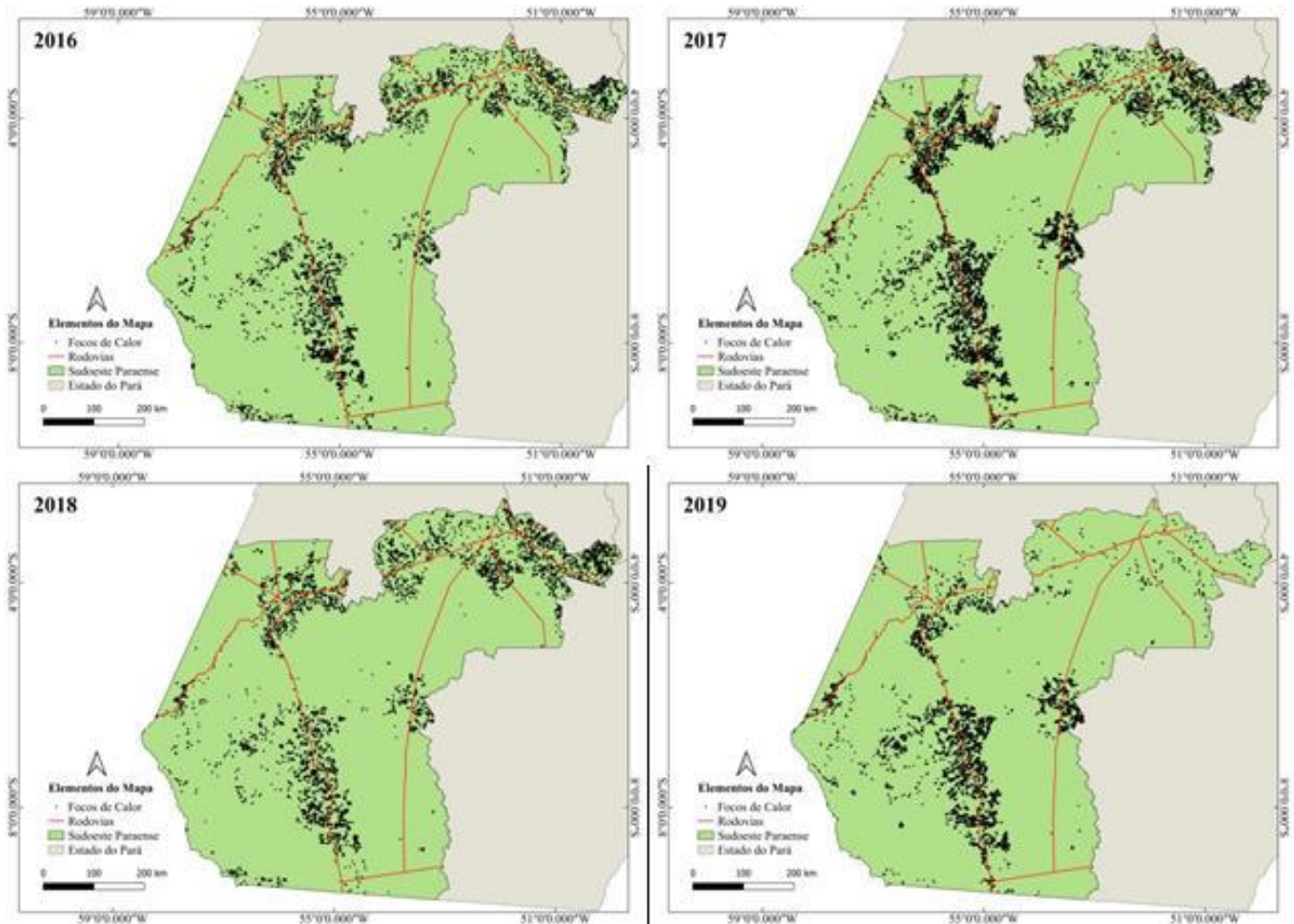
A mesorregião Sudoeste Paraense abrange uma área de 415.788,70 km², dividido em 14 municípios, e o seu histórico foi marcado por processos de ocupação sejam eles a construção da Usina de Belo Monte, construções de portos e abertura de vias de acesso como Cuiabá–Santarém e a Transamazônica, que causam cicatrizes na paisagem da floresta, além disso, a região é conhecida por seu potencial aurífero, responsável também por atrair milhares de pessoas para a região (Andrade, 2014).

Segundo Barreto et al. (2011) que evidencia o fator demográfico, estando intimamente relacionado com o desmatamento e este com focos de calor. Temos a mesorregião Sudoeste Paraense acometidos por 38.989 mil focos no acumulado da série. Sendo o maior pico registrado em 2017, com mais de 14 mil focos na região, ao comparar com o ano anterior houve incremento superior a 57%.

Na Figura 5, pode ser observado a localização dos focos que em sua maioria estão concentrados às margens das rodovias. O processo de ocupação da mesorregião sudoeste, onde a população assentada foi deixada sem subsídio do governo, sem recursos para a compra de equipamento e maquinário agrícola, partiram então para a utilização da técnica tradicional da agricultura itinerante (Sayago et al., 2004). Além da exploração de recursos madeireiros, esses assentados foram os causadores de boa parte do desmatamento em forma de espinha de peixe na região (IBGE, 2017).

Na mesorregião do Sudoeste, destacam-se dois municípios que apresentaram, nos anos analisados altos registros de focos de calor, sendo eles, Altamira e Novo Progresso, com total de 11.710 e 6.840 focos de calor.

Figura 5 – Distribuição espacial dos focos de calor ao longo das vias de acesso no Sudoeste Paraense (2017).



Fonte: Autores.

Sudeste Paraense

A mesorregião do Sudeste Paraense é composta por 39 municípios e compreende a uma área de 297 mil quilômetros quadrados. Esta região tem como característica, seu processo histórico, passando por períodos de exploração intensa dos recursos naturais, como minério, madeira látex e castanha do Pará. Este território possui grande importância na composição da economia do Pará. Nesta região concentram-se jazidas e atividade de mineração, esta assume papel fundamental na economia (ICMBio, 2010).

O processo já citado corrobora com os reflexos da forte expansão demográfica, além do intenso fluxo migratório para a região, seja por migração espontânea ou incentivos governamentais, logo com esse fluxo ocorreu a aquisição de terras, sendo gradativamente desmatadas, para fomentar novos negócios, principalmente pela pecuária (Coelho, 2004).

A mesorregião do Sudeste apresentou predominância nas ocorrências de focos de calor, sendo responsável, dentre as mesorregiões nos anos analisados, por 32,4% do total registrado. Os municípios de São Félix do Xingu, Santa Maria Das Barreiras e Cumaru do Norte se destacaram no registro de focos, sendo que, São Félix do Xingu apresentou mais de 13.077 focos, equivalente a 34% do total da mesorregião sudeste.

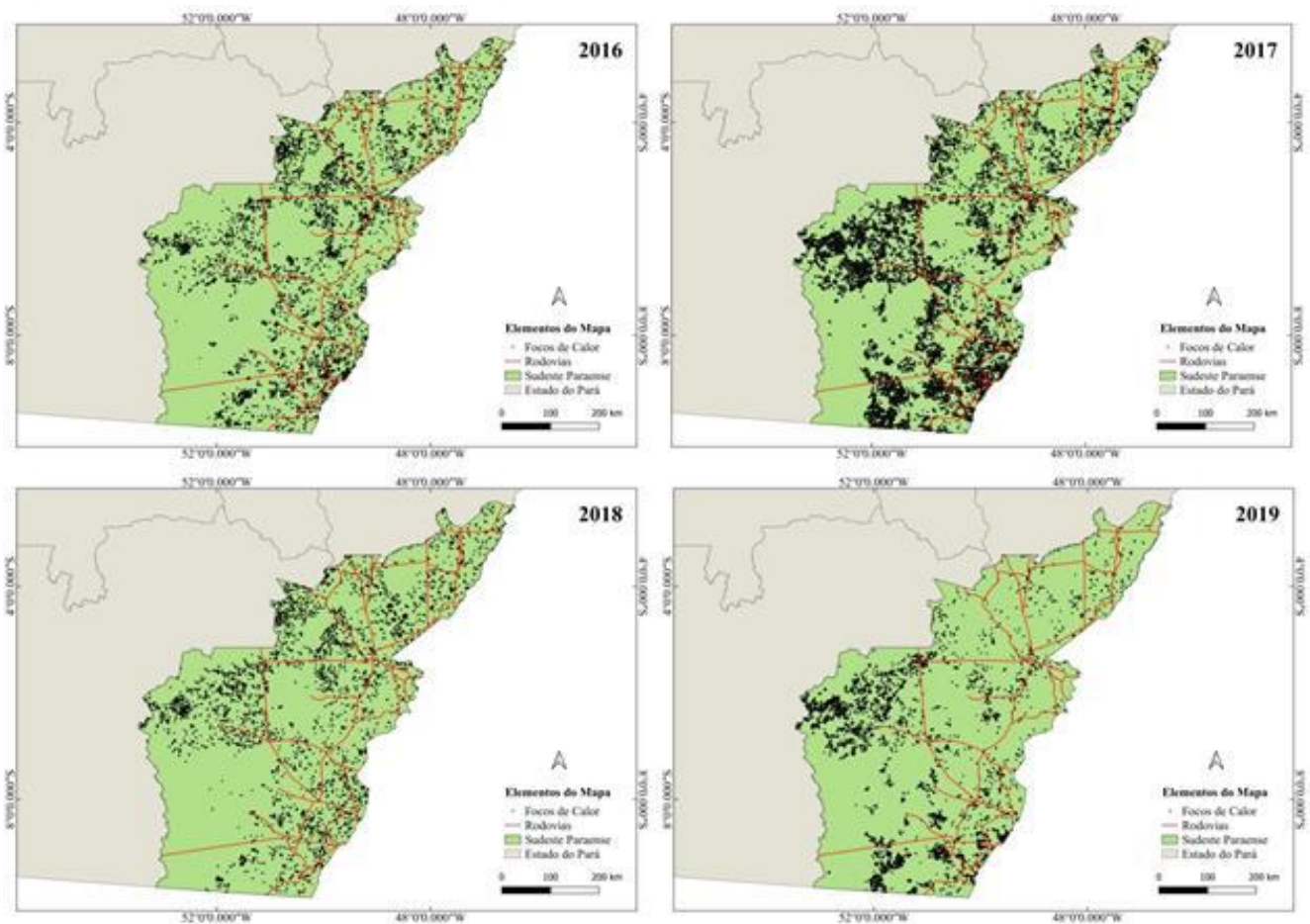
Gonçalves et al. (2016), realizou estudo sobre a incidência de focos de calor em dez municípios da mesorregião Sudeste do estado do Pará e sua relação com o regime pluviométrico. Os autores obtiveram como resultado que, de fato, há relação entre a ocorrência de focos de calor com fenômenos climáticos como o caso do El Niño e La Niña. Onde em anos que apresentaram influência do El Niño obtiveram maiores números de focos de calor e redução do nível de chuvas para a região, ao contrário de anos sobre influência do fenômeno La Niña, onde houve aumento no regime de chuvas que influenciou na redução do número de focos de calor registrados.

Ainda segundo os autores, a ocorrência elevada de focos de calor na região está relacionada com o fato da área estar localizada no “arco do desmatamento”, que tem por característica a intensificação da produção pecuária e questões ligadas ao uso e ocupação do solo, que vem modificando a paisagens desta região, provocando aumento do desmatamento e queimadas.

Segundo o ICMBio (2010), atualmente a mesorregião Sudeste Paraense, apresenta uma intensificação da expansão e abertura de novas áreas incorporáveis para a produção. Sofre com a pressão, em especial da fronteira agrícola e instalações de grandes empresas de mineração, sendo proeminentes também para contribuir na degradação ambiental e com o número de focos de calor (Fernandes, 2019).

Nota-se, de acordo com a Figura 6, que a distribuição dos focos de calor aparecem em torno das rodovias. Sendo que segundo Silva (1998), um dos fatores que motiva essas queimadas à margens das estradas, são por muitas vezes processos envolvidos com a agricultura e pecuária, acesso de pessoas em áreas de visitação, além de atos de vandalismo, ponteiros de cigarro e fósforos acesos que são arremessados à beira das estradas.

Figura 6 – Distribuição espacial dos focos de calor ao longo das vias de acesso, no Sudeste Paraense (2017).



Fonte: Autores.

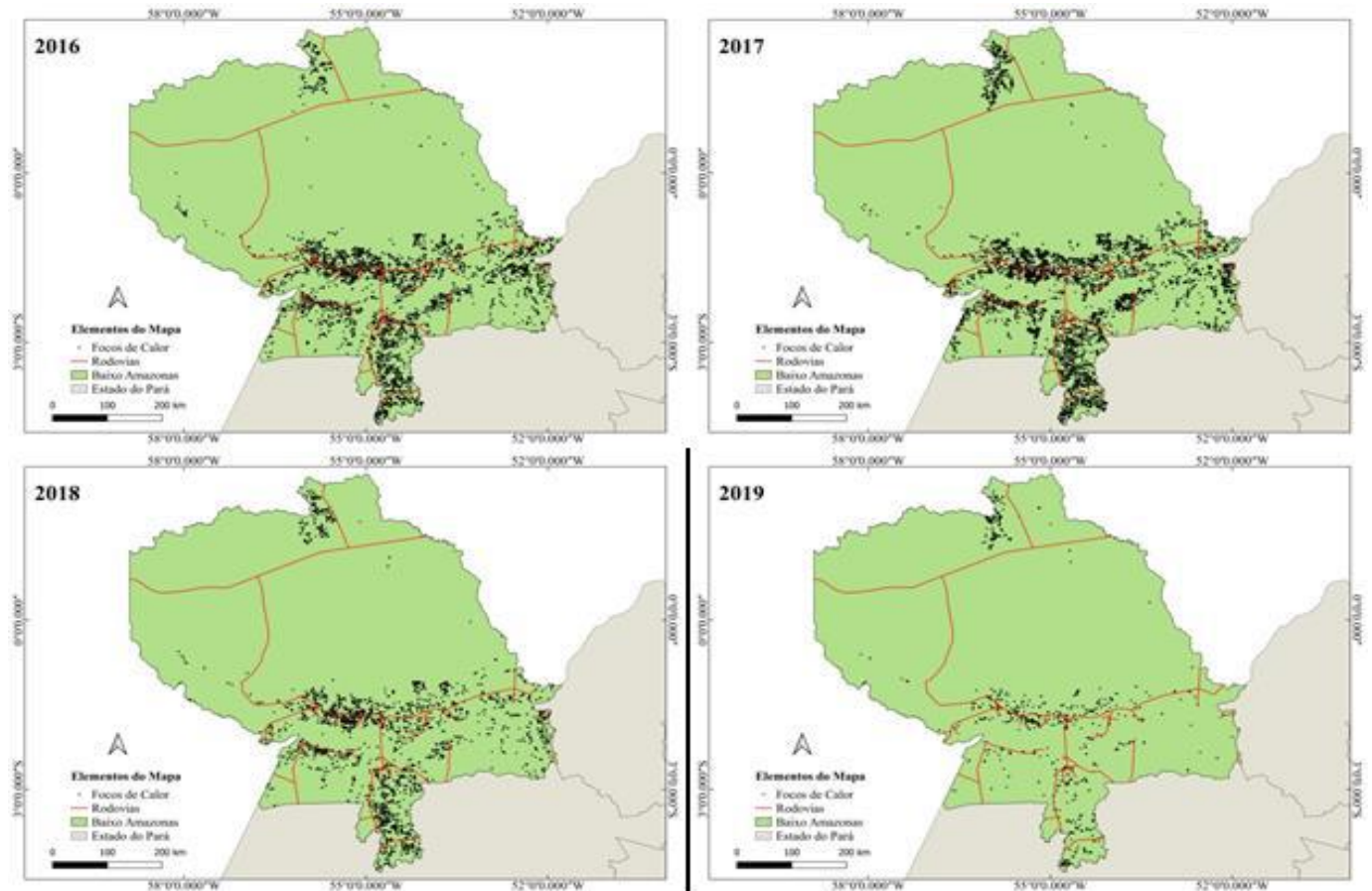
Baixo Amazonas

A mesorregião do Baixo Amazonas é formada por 14 municípios e possui uma área total de 340, 449 Km², essa região passou por intensas mudanças desde a época de governos militares, devido a implantação de projetos agrominerais e agropastoris, além é claro da abertura de rodovias como BR-163 e BR- 230, o que impulsionou o processo de migração para o local (Barbosa et al, 2014).

A economia desta região é pautada principalmente nas atividades de mineração, pecuária, e a soja extensiva (Barbosa et al, 2014). A detecção de focos de calor nessa região registrou 7.052 focos, em 2017. No ano de 2019 esse valor caiu para 849 focos, assim como ocorreu na maioria das mesorregiões do estado, com exceção das mesorregiões sudoeste e sudeste que apresentaram aumento no mesmo período.

Nesta região o município que se destacou em quantidade de focos nos anos analisados, foi Óbidos com 2.196 focos, equivalente a 13,3% do total da mesorregião. Nota-se na Figura 7, que há o adensamento dos focos de calor ao redor das vias de acesso, assim como em outras regiões do estado, sendo, portanto, um padrão.

Figura 7 – Distribuição espacial dos focos de calor ao longo das vias de acesso, no Baixo Amazonas (2017).



Fonte: Autores.

Lima (2017) encontrou em seu trabalho que há relação entre a concentração dos focos de calor ao longo das vias de acesso, entretanto, os autores atentam para o fato de que, existe a tendência de deslocamento desses focos para o interior da floresta Amazônica ao longo dos anos. Ao comparar a densidade de focos de calor no município de Anapú, localizado na mesorregião do Sudeste Paraense, em torno das estradas, notou-se que no ano de 2006-2007 os focos se encontravam mais concentrados ao redor dessas vias, quando comparados aos anos de 2014-2015, esta densidade encontrou-se nas áreas

adjacentes, evidenciando que neste contexto, as vias de acesso se tornam facilitadoras ao processo de avanço do desmatamento.

Nordeste Paraense

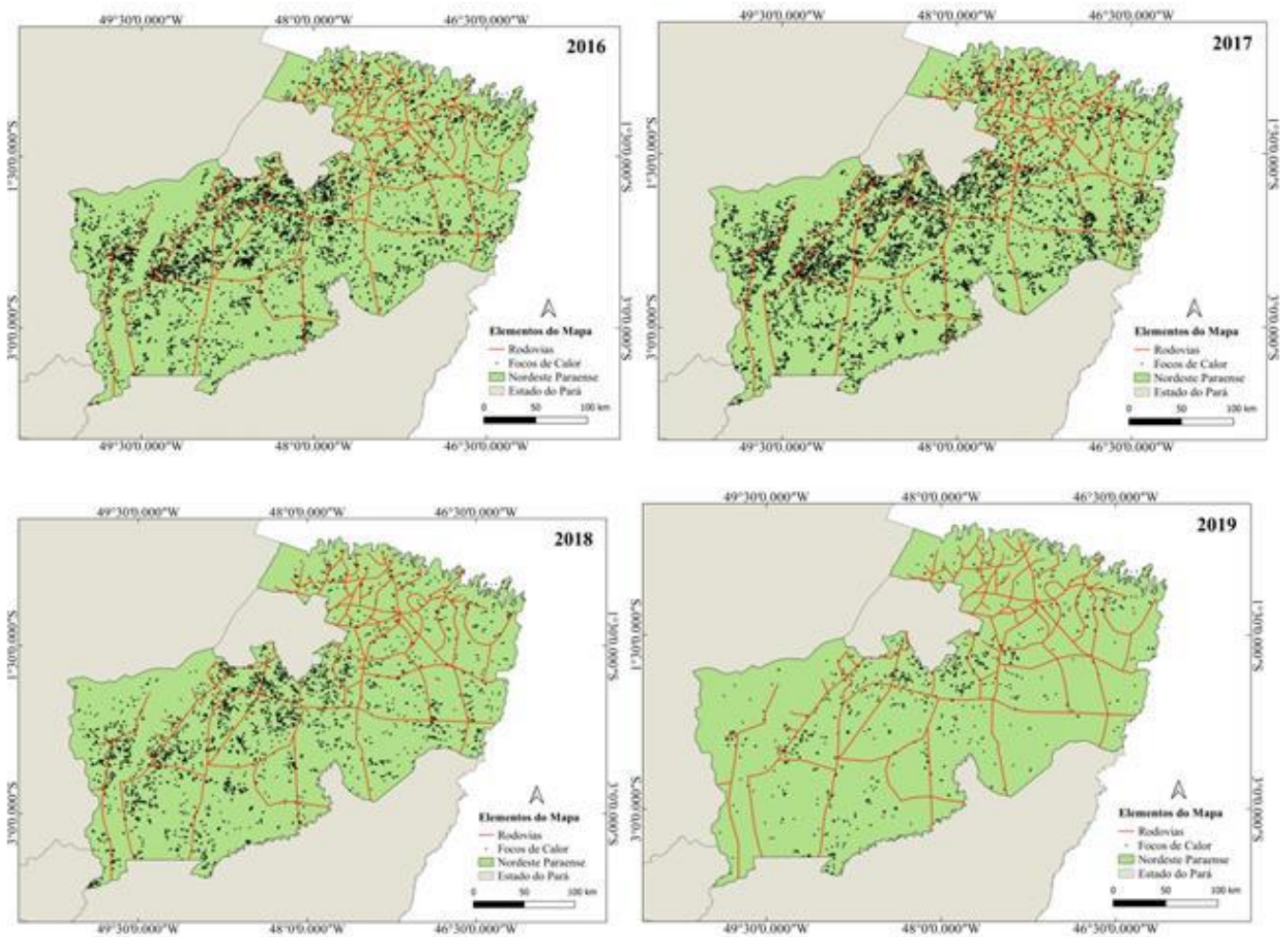
A mesorregião Nordeste Paraense possui 49 municípios e abrange uma área de 83.316,02 km². Sendo essa a mais antiga fronteira de colonização do estado do Pará. Atualmente, grande parte da sua vegetação primária encontra-se devastada ou fortemente alterada, por outro lado, essa mesorregião é evidenciada pela alta relevância ecológica, possui 71% do seu território assinalado como 'extremamente alta e 'muito alta' para a conservação da biodiversidade (MMA, 2007).

Segundo Cordeiro et al. (2017), a crescente ocupação dessa região, ocasionou um intenso processo de desmatamento, impulsionado principalmente por conta do Programa de Integração Nacional, com a abertura da rodovia Belém-Brasília. Neste mesmo período, a economia da região era pautada no extrativismo madeireiro, agropecuária e extração mineral, sendo estes os propulsores das transformações da paisagem não só desta região, bem como de toda a paisagem amazônica.

Todo esse processo de exploração e mudança da dinâmica de ocupação, que fora salientado pelo fluxo migratório, pode ser evidenciado, quando observa-se as matas primárias originais que hoje ocupam apenas 35% do território desta mesorregião. O resultado de todo esse processo de desmatamento, é facilmente encontrado na paisagem que apresenta alterações químicas, físicas e biológicas, como processos de erosão, extinção de espécies faunísticas e florestais, ademais as mudanças climáticas (Cordeiro et al., 2017).

Conforme a Figura 8 nota-se que na mesorregião nordeste em comparação as demais mesorregiões do estado, está apresenta uma distribuição dos focos de forma mais uniforme, ainda que possua certa concentração dos focos ao longo das rodovias, podendo ser relacionado ao processo de colonização que se deu na região ao longo dos anos. Essa região é cortada por várias rodovias federais, como BR- 010, BR- 316, BR- 222, além das estaduais que são PA- 252, PA- 253, PA- 127 e PA- 140, sendo responsáveis pela interligação de diferentes polos urbanos, sejam eles de grande, médio ou pequeno porte com os centros regionais (Cordeiro, 2017).

Figura 8 – Distribuição espacial dos focos de calor ao longo das vias de acesso, no Nordeste Paraense (2017).



Fonte: Autores.

A mesorregião do Nordeste Paraense apresentou nos anos analisados um total de 16.294 focos de calor, equivalente a 13,7% dos focos registrados no estado. Tendo seu pico em 2017, quando atingiu 6.841 focos, representando um aumento superior a 80% em comparação ao ano anterior que fora 5.542 focos.

Ao comparar 2017 com os registros dos anos seguintes, 2018 e 2019, nota-se que houve uma tendência de redução de 45% e 828%, respectivamente. Sendo assim, o ano de 2019 apresentou o menor índice de focos de calor nesta mesorregião, equivalente a 826 focos.

Municípios com maior índice de focos de calor

O município de São Félix do Xingu apresentou altos valores de focos de calor nos anos analisados, sendo responsável por 13,56 % do total de focos no estado do Pará no ano de 2017. Corroborando com o estudo feito por Junior e Junior (2013), onde este município foi o que apresentou maior número de focos, sendo o responsável em um só mês por mais de 20 mil focos, em estudo feito entre 2000 a 2010. Conforme a Tabela 1, podemos observar que os anos de 2017 e 2018 obtiveram maior número de focos de calor para os três primeiros municípios da lista. Outro município que teve comportamento parecido foi Itaituba, que duplicou o número registrado nos anos anteriores.

Tabela 1 – Focos de calor nos dez municípios com maiores incidências, captados pelo satélite AQUA-UMD-TARDE no período 2016 a 2019, no estado do Pará.

MUNICÍPIOS	2016	2017	2018	2019 (jan-set)	Total da série
São Félix do Xingu	1407	6750	1416	3504	13077
Altamira	1951	4502	1803	3454	11710
Novo Progresso	1355	2205	1321	1959	6840
Itaituba	798	1527	647	1095	4067
Portel	1135	1537	1004	123	3799
Pacajá	957	1268	1183	83	3491
Santa Maria das Barreiras	613	1293	291	449	2646
Moju	876	1081	502	116	2575
Cumarú do Norte	392	1311	232	413	2348
Jacareacanga	671	551	424	635	2281

Fonte: Autores.

Os municípios de Portel, Pacajá e Moju apresentaram redução de, respectivamente, 87%, 92% e 76% dos focos de calor no período de 2018 a 2019. Os municípios de São Félix do Xingu, Altamira e Novo Progresso obtiveram alta de 59%, 47% e de 48% no mesmo período. Sendo estes os municípios que mais registraram focos de calor na série analisada neste trabalho. Portanto, foi realizada análise da distribuição espacial dos focos de calor no território destes municípios.

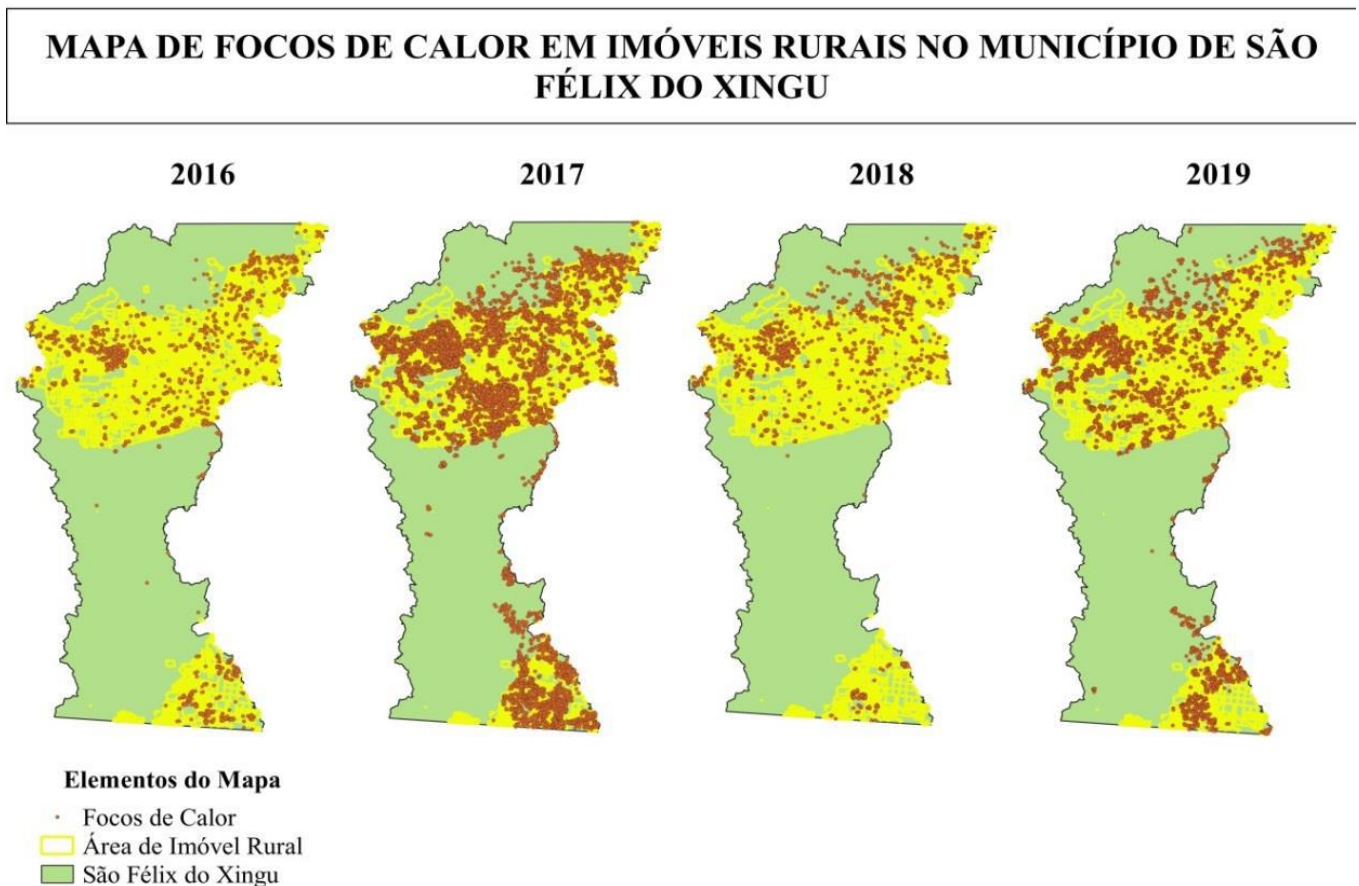
São Félix do Xingu

O município de São Félix do Xingu, se destaca no Estado pela grandeza do seu rebanho que utiliza o sistema extensivo para a criação, o que implica o uso de grandes extensões de terra, sendo convertida em pastos, e utiliza geralmente o ateamento do fogo, conhecida como derruba e queima, servindo para limpeza da área e produzindo cinzas que são ricas em nutrientes e auxilia na fertilidade do solo, em um curto período, alavanca a produtividade (Nepstad et al., 2001). Em 2005, São Félix do Xingu contabilizava mais de 28,5 milhões de hectares de títulos de propriedades registrados o que, levando em consideração que a área total do município é de 8,4 ha, pressunha que os títulos de propriedades somavam mais de 3 vezes o total de seu território (Villas-Bôas, 2012).

Com intuito de se obter uma avaliação mais específica da ocorrência de focos de calor ao longo dos territórios dos três municípios que mais concentram focos de calor no Pará, julgou-se necessário realizar análise sobre a relação dos focos de calor com imóveis rurais inseridos no Cadastro Ambiental Rural – CAR.

Como podemos visualizar na Figura 9, os focos de calor se concentram nos limites dos imóveis rurais inseridos no Cadastro Ambiental Rural – CAR. Em 2016, dos 1.407 focos de calor registrados no município de São Félix do Xingu, 1.145 ocorreram dentro desses imóveis, correspondendo a 81%. Já no ano de 2017 este percentual foi de 75%, no ano de 2018 foi de 71%, e o ano de 2018 teve a menor porcentagem de focos de calor inseridos dentro dos imóveis rurais, sendo de 67%.

Figura 9 – Relação entre focos de calor e imóveis rurais cadastrados no sistema CAR.



Fonte: Autores.

Estudo conduzido por Villas-Bôas (2012), que avaliou as questões socioambientais da bacia do Xingu, evidencia que a maior parte dos focos de queimadas estão fora das unidades de conservação e nas terras indígenas e concentradas nas áreas de atividades agropecuárias e na abertura de novas áreas.

Sabe-se que, a pressão por novas áreas para atividades da fronteira agropecuária faz pressão direta em unidades de conservação. No Pará, as mais ameaçadas encontram-se nos municípios de São Félix, Altamira e Novo Progresso, sendo elas a APA Triunfo do Xingu, a Floresta Nacional do Jamanxim, e a Flona de Altamira. Estudo feito pelo IMAZON (2017), destacou que a APA Triunfo do Xingu é a mais desmatada entre as UCs estaduais, já nas UCs federais, destaca-se a Flona Jamanxim, localizada no município de Novo Progresso.

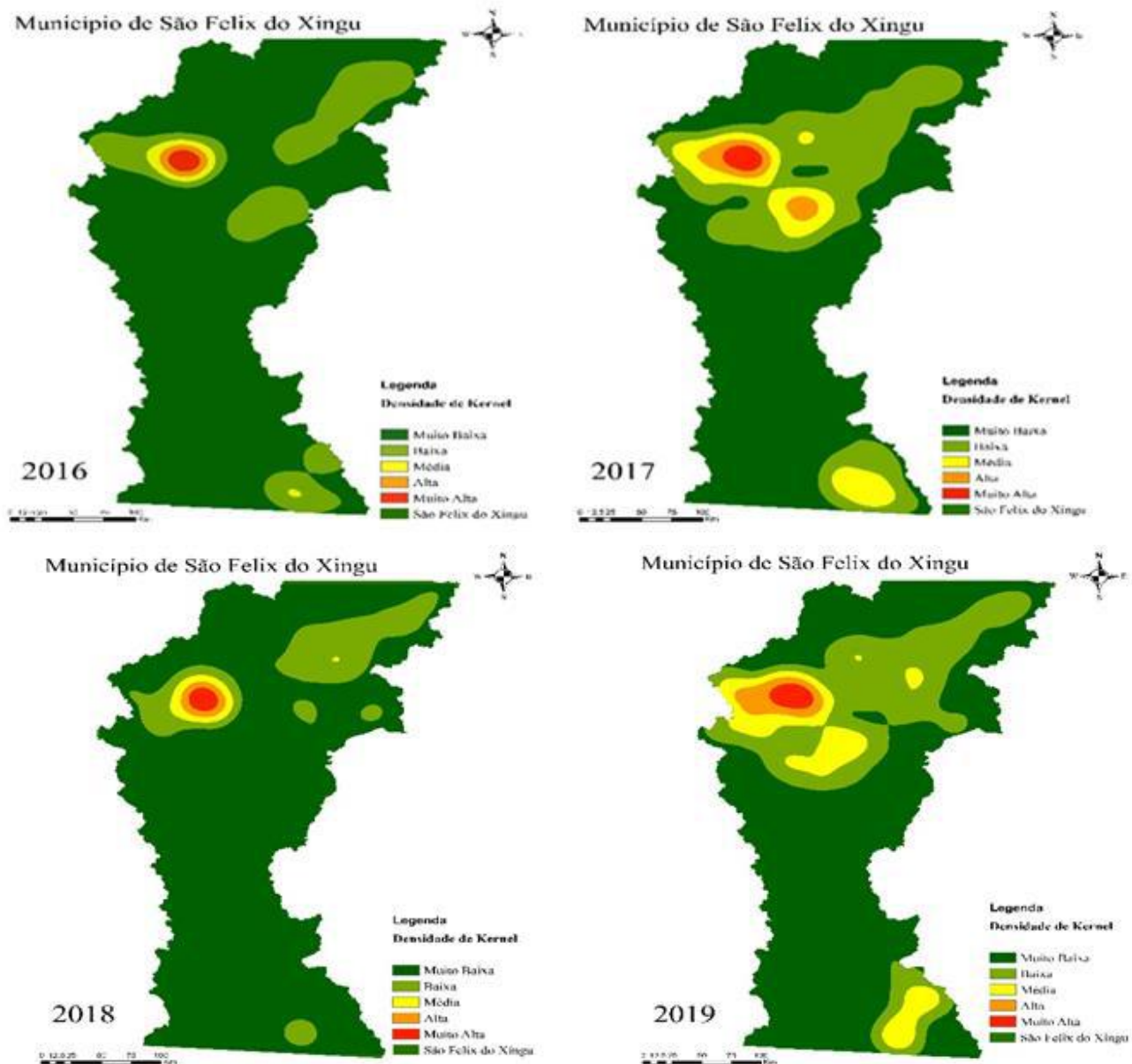
Martinez, Fiedler e Lucatelli (2007), ao analisar a região conhecida como “Terra do Meio” que abrange os municípios de São Félix do Xingu e Altamira, encontraram que há relação direta entre focos de calor e áreas de desflorestamento na região, sendo que quando há grandes áreas de desflorestamento há a sobreposição de focos de calor. Em São Felix do Xingu, no ano de 2018, a taxa de desflorestamento acumulado era 18.733,9 km², equivalente a 22,24% da área territorial do município (PRODES, 2019).

Um aspecto levado em consideração para a elaboração de mapas a partir da densidade de kernel foi avaliar se os focos trariam algum padrão espacial sobre as áreas que foram mapeadas. Com isso, a avaliação para estimar as zonas de maior concentração desses focos levou em consideração cinco níveis de densidade, conforme podemos observar na Figura 10.

De tal maneira, podemos visualizar que a ocorrência e a distribuição espacial dos focos de calor para o município de São Félix do Xingu concentram-se na região noroeste e sudeste do município. Ao visualizarmos a relação entre os anos, fica

nítido que a recorrência espacial dos focos de calor define um padrão de zonas que constantemente sofrem pressões em suas áreas. Os anos de 2017 e 2019 apresentaram maior dispersão das densidades pela área do município. Estudo feito por Neto et al. (2018) encontrou densidades semelhantes as apresentadas neste trabalho para o município de São Félix do Xingu.

Figura 10 – Mapas da densidade de *kernel* no Município São Félix do Xingu nos anos de 2016-2019, representado pelas classes muito baixa (verde escuro), baixa (verde claro), média (amarelo), alta (alaranjado) e muito alta (vermelho).



Fonte: Autores.

Altamira

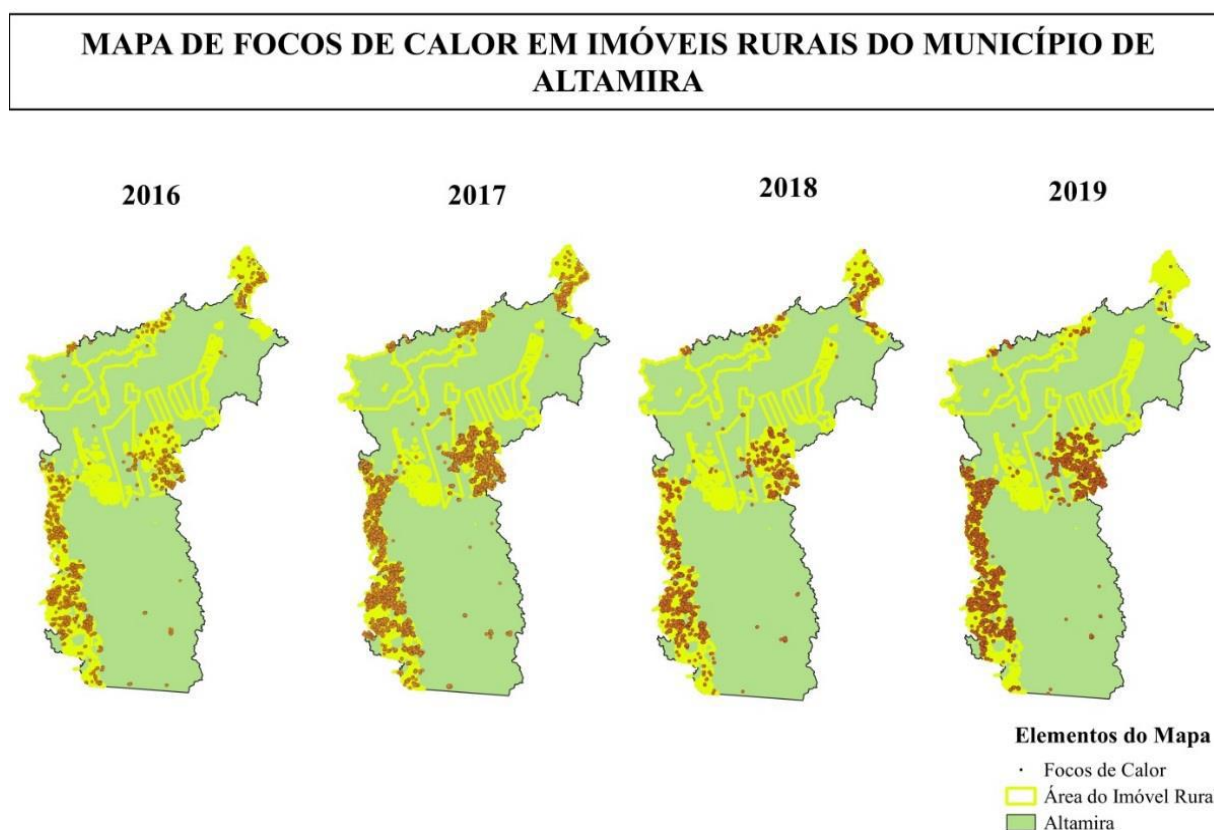
O segundo município em quantidade de focos é Altamira, este município apresentou nas últimas décadas um intenso fluxo migratório, em poucos anos, desde a instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte, a cidade passou a ter inchamento populacional, influenciando de forma direta na relação entre pressão antrópica e conversão do uso da terra e sua intensificação. Além do fator populacional, encontra-se também a expansão da agricultura e pecuária, bem como a prática de exploração madeireira na região (Neto & Herrera, 2017).

Esse município possui grande histórico de conflitos de terra, além da falta da regularização fundiária, outro ponto está a ausência de controle no campo das terras públicas, ocorre então a ocupação ilegal, resultando em desmatamento ilegal e conflitos agrários (Neves et al, 2015).

Altamira é o primeiro município em focos de calor da mesorregião Sudoeste Paraense, representa 30% do acumulado dos anos analisados que totalizaram 38.989 focos. Em 2018 foi registrada uma área desmatada acumulada de 9.162,1 Km², equivalente a 5.74% do total do município (Prodes, 2019).

Na Figura 11, podemos observar que os focos de calor tendem a se concentrar nos imóveis rurais registrados no CAR, sendo que, no ano de 2016 essa concentração representou 61% dos focos de calor registrados para esse município. Em 2017, foram 58%, em 2018, esse percentual foi de 60%, já o ano de 2019 obteve a menor porcentagem de focos de calor nos imóveis rurais, sendo de 54%. Sendo assim, Altamira manteve a mesma relação que o município de São Félix do Xingu, com o decréscimo de focos de calor nas propriedades e o aumento nas áreas adjacentes.

Figura 11 – Relação entre focos de calor e imóveis rurais cadastrados no sistema CAR.

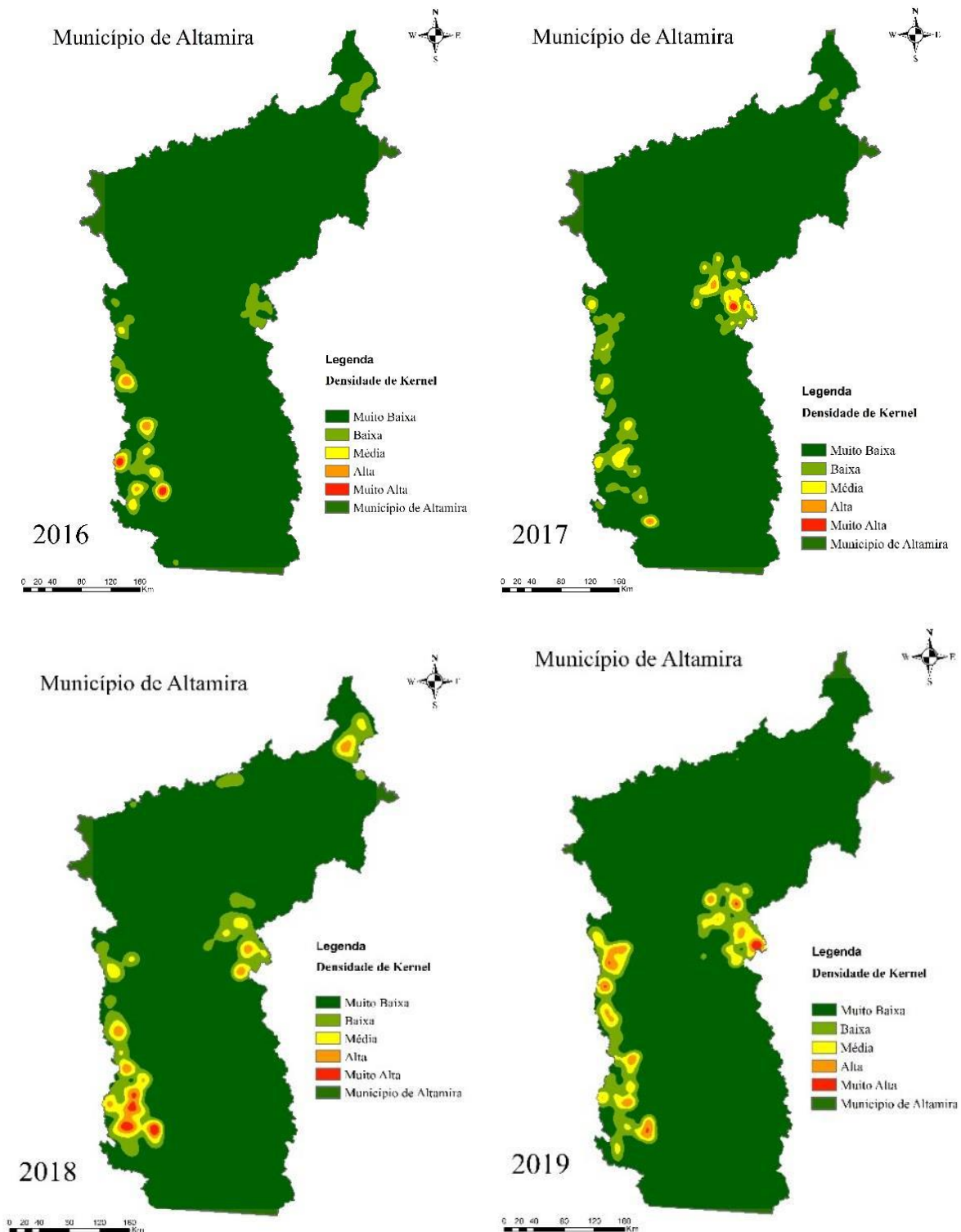


Fonte: Autores.

Doblas et al. (2016) chama atenção para o fato de São Félix do Xingu liderar a lista de municípios com maior número de ocorrência de focos de calor, sendo que, o município de Altamira apresenta maior área de desmatamento. Os autores correlacionam este fato as atividades econômicas dos dois municípios, onde São Félix há o predomínio de pecuária extensiva, enquanto em Altamira, o desmatamento está atrelado a especulações fundiárias.

A distribuição espaciais dos focos de calor de acordo com a densidade de kernel para o município de Altamira evidencia que os focos de calor encontram-se concentrados nos extremos de seu limite municipal (Figura 12). Vale ressaltar que o município de Altamira faz fronteira com o município de Novo Progresso, ao oeste, e São Félix do Xingu, ao leste.

Figura 12 – Mapas da densidade de *kernel* no Município Altamira nos anos de 2016-2019, representado pelas classes muito baixa (verde escuro), baixa (verde claro), média (amarelo), alta (alaranjado) e muito alta (vermelho).



Fonte: Autores.

Novo Progresso

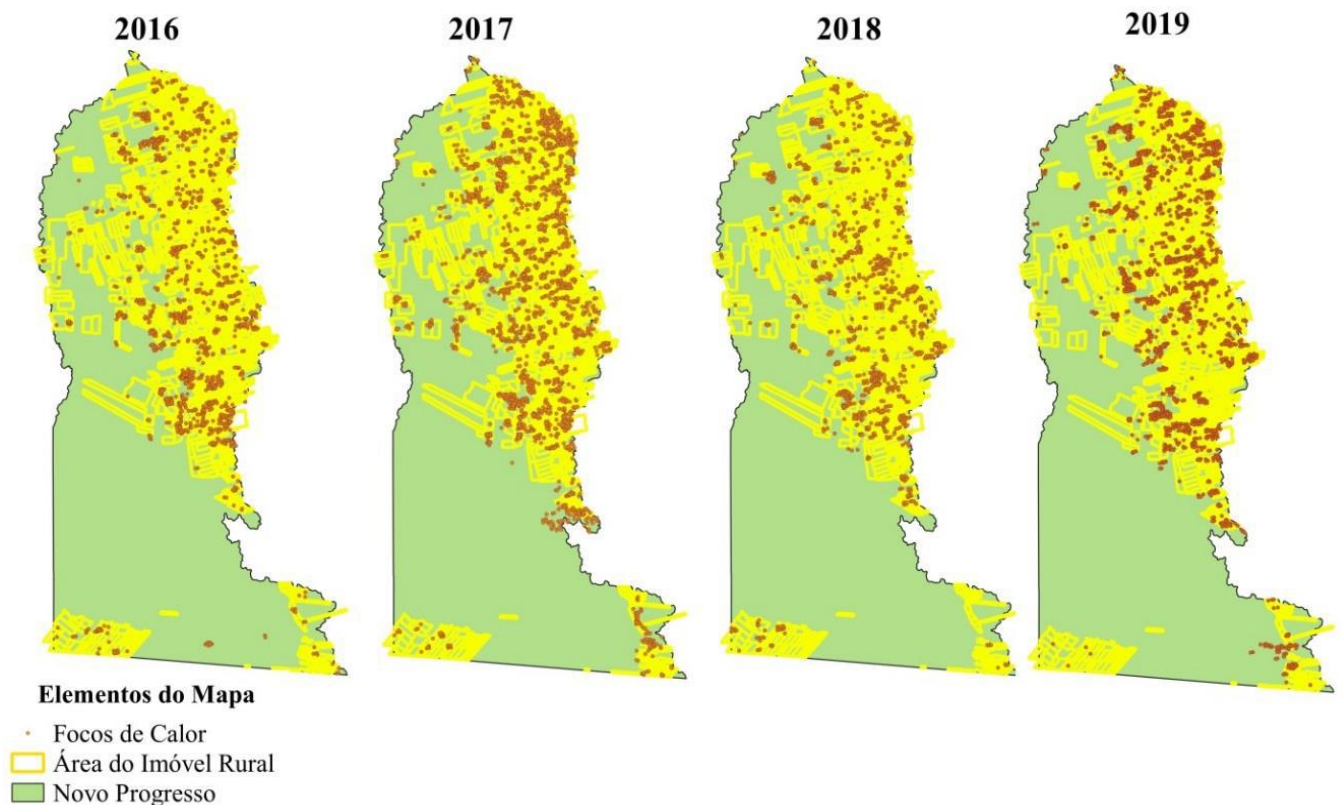
O município de Novo Progresso compreende uma área de 38.162 Km² e está localizado na mesorregião Sudoeste do Pará (IBGE, 2019). Surgiu em 1973 de um aglomerado de comunidades que se instalaram no decorrer do processo de construção da rodovia Santarém-Cuiabá.

Seu processo de ocupação se apresenta como diversos outros municípios do estado, com políticas de desenvolvimento e incentivos fiscais para a região amazônica, na década de 70, passando por diversas fases da economia, desde o ciclo da borracha, extração de ouro e mercado madeireiro, tendo atualmente sua economia baseada principalmente pela agropecuária (Andrade, 2014).

Conforme a Figura 13 pode-se notar que os focos de calor se concentram nas áreas dos imóveis rurais, e ao contrário dos outros municípios, a redução da concentração de focos de calor não foi abrupta, sendo que em 2016 a porcentagem foi de 70%, no ano de 2017 foi de 69% e nos anos de 2018 e 2019 foi de 63%.

Figura 13 – Relação entre focos de calor e imóveis rurais cadastrados no sistema CAR.

MAPA DE FOCOS DE CALOR EM IMÓVEIS RURAIS NO MUNICÍPIO DE NOVO PROGRESSO



Fonte: Autores (2019).

Em 2017, ano que mais ocorreu os focos de calor no estado do Pará, a cidade de Novo Progresso foi responsável por 2205 focos, nesse mesmo período apresentou área de desmatamento acumulado de 6288,8 Km², equivalente a 16,47% de todo seu território (INPE; PRODES, 2019).

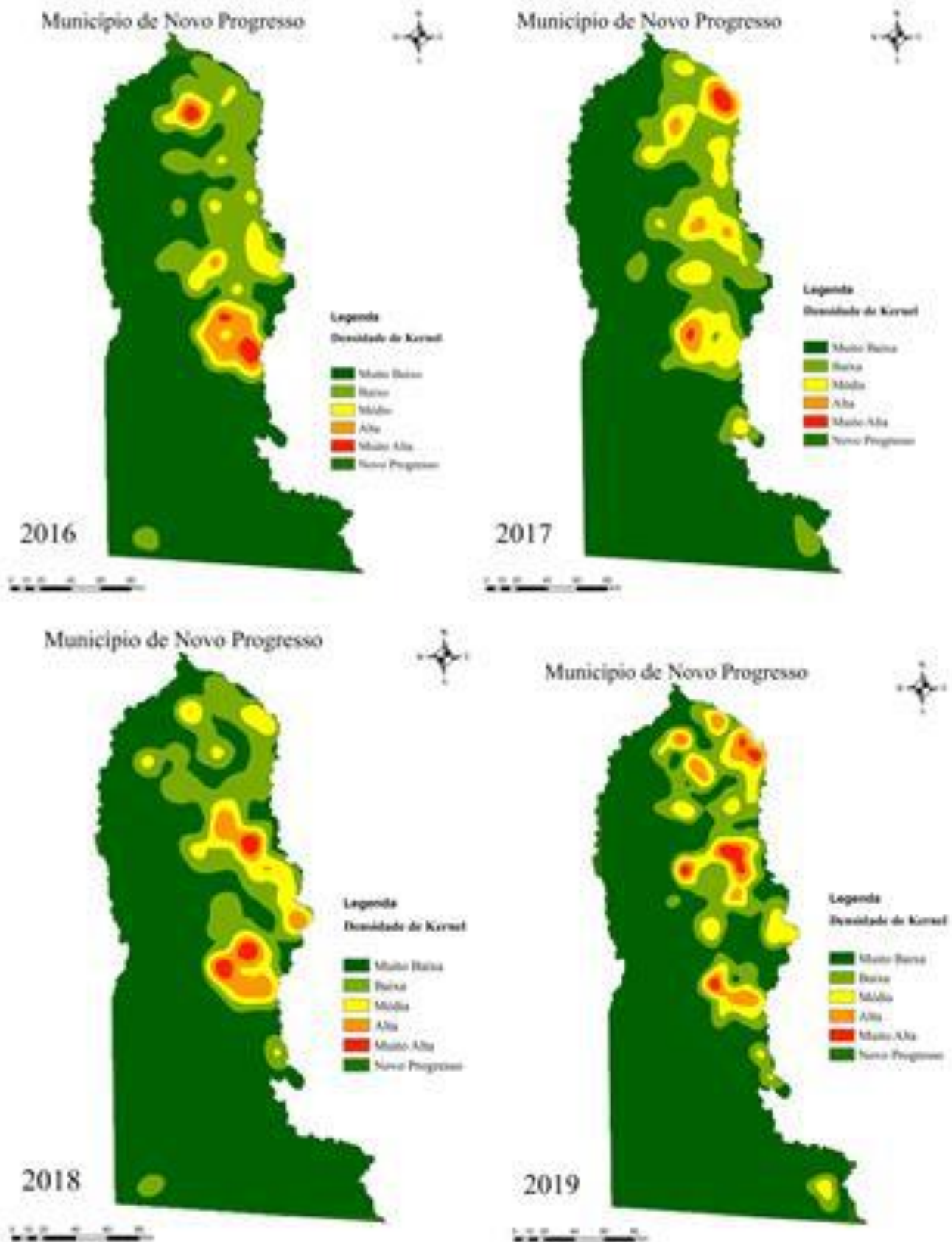
O ano de 2017 chamou atenção por ter apresentado a maior incidência de focos de calor para o estado do Pará, e não foi diferente para os municípios em questão sendo que, do total de focos de calor registrados para este ano, 27% ocorreram nos

municípios de São Félix do Xingu, Altamira e Novo Progresso. Sabe-se que, as legislações ambientais foram fragilizadas neste ano em questão. No final do ano de 2016, uma medida provisória (MP-756) que previa a redução da área da Flona Jamanxi, localizado no sudoeste paraense, no município de Novo Progresso, foi proposta com intuito de regularizar ocupantes antigos da região (ONG, 2017)

A proposta original foi alterada durante a tramitação no Legislativo e visava transformar 486 mil hectares em Área de Proteção Ambiental (APA). Esta MP foi revogada, porém, vários protestos foram realizados na zona de influência da Flona, carros do IBAMA foram incendiados e rodovias foram bloqueadas. No ano de 2017, o planalto editou um Projeto de Lei (nº. 8.107/2017) que retoma a proposta de redução da Flona. Tais fatos pressupõem que a alta incidência de focos de calor na região podem estar correlacionadas as políticas públicas ambientais ocorridas no ano em questão (ONG, 2017).

Como pode-se observar na Figura 14, a concentração da densidade de focos de calor no município de Novo Progresso se acumula no extremo leste da região, sendo o município que apresentou mais picos de densidades “muito alta”, em pontos diferentes de sua área. Pode-se notar um padrão espacial na dispersão das densidades no município, assim como nos municípios anteriores, destaca-se que há uma zona na região que passa por constante pressão e com isso existe a recorrência dos focos de calor.

Figura 14 – Mapas da densidade de *kernel* no Município Novo Progresso nos anos de 2016-2019, representado pelas classes muito baixa (verde escuro), baixa (verde claro), média (amarelo), alta (alaranjado) e muito alta (vermelho).



Fonte: Autores.

Análise mensal dos focos de calor

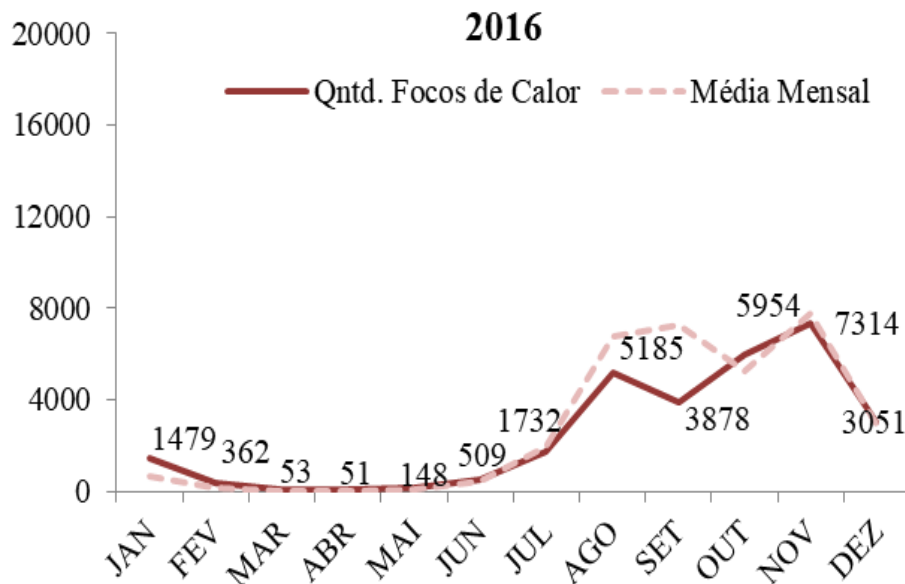
O Pará apresenta três tipos climáticos segundo a classificação de Köppen: Af, Am e Aw, sendo que, estes se diferenciam pela precipitação pluviométrica mensal e anual. Esses subtipos climáticos pertencem ao clima tropical chuvoso, e se caracterizam por apresentar temperaturas médias mensais superiores a 18°C (Martonaro, 1993).

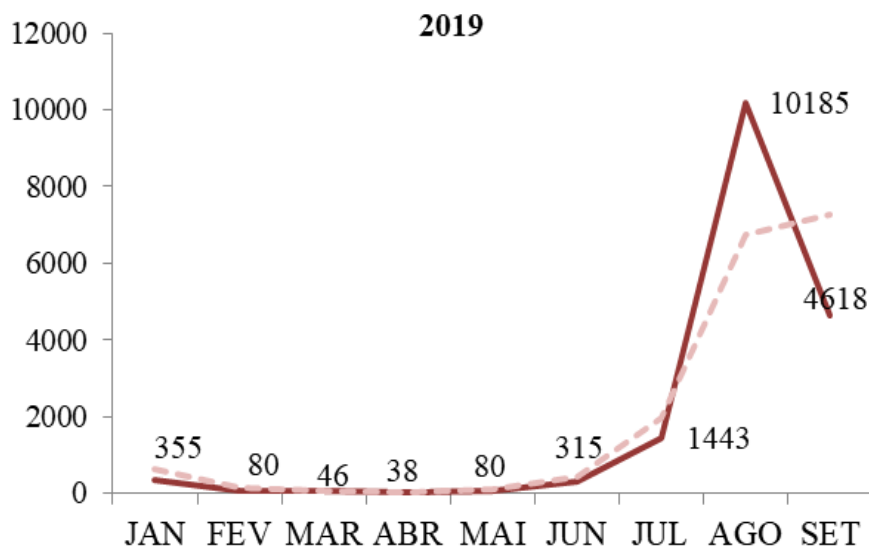
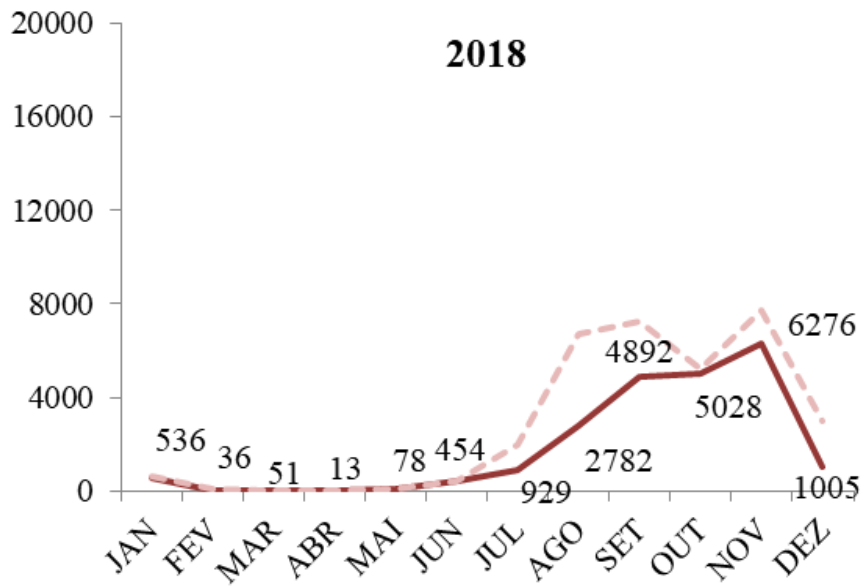
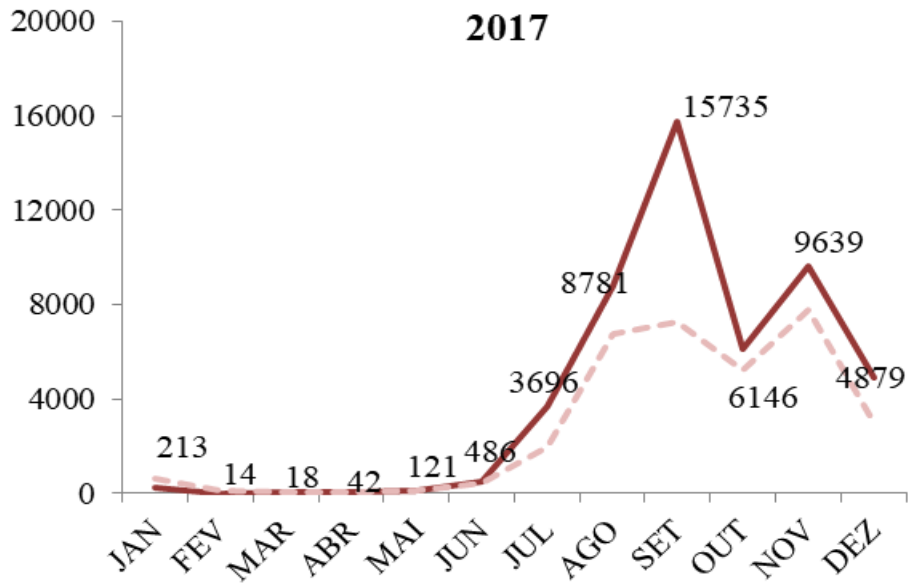
De acordo com o INMET (1992), o Pará apresenta temperaturas do ar com pequena variação sazonal. As temperaturas médias ficam acima de 25°C em todos os meses do ano. Sendo que o mês de fevereiro, caracteriza-se como um mês de período chuvoso, e apresenta menores temperaturas médias do ar, já as maiores temperaturas médias do ar ocorrem no mês de outubro, período de transição entre os meses de menos chuvosos para o mais chuvoso. O mês de dezembro caracteriza o início da estação chuvosa, já o fim da estação mais chuvosa ocorre no mês de maio (Moraes et al. 2005).

A Figura 15 apresenta que os dados anuais de focos de calor da série analisada demonstraram um padrão de distribuição. Ocorrendo incremento a partir do mês de julho, que pertence ao denominado “verão amazônico”, este aumento segue até o mês de novembro, período onde começa a estação mais chuvosa. Já em dezembro podemos notar que há a diminuição da incidência dos focos. Tal fato corrobora com a ideia de que existe correlação entre o número de focos de calor com variáveis meteorológicas.

Moraes et al. (2005), que teve como objetivo central analisar a variação espacial e temporal da precipitação do Pará, com foco para tomadas de decisões quanto a época para ser realizado o plantio agrícola, identificou que para as regiões do sudeste, sudoeste e baixo amazonas o mês de novembro é o mês utilizado para realizar o plantio agrícola. Pode-se notar que o mês de setembro sofre picos na série analisada (Figura 15), com exceção do ano de 2017, onde o mês de setembro obteve maior pico.

Figura 15 – Distribuição mensal dos focos de calor detectados pelo sensor do satélite AQUA_M-T no estado do Pará (2016-2019).





Fonte: Autores.

Nepstad (1991), atenta para que quando há ocorrência de secas severas na região amazônica, causadas por fatores climáticos, a floresta tende a exaurir toda água disponível no solo e, mesmo que anos seguintes tenham precipitação média altas, não se configura o bastante para repor a umidade extraída do solo. Deixando, portanto, a floresta mais inflamável. Em 2015-2016 houve a ocorrência de um forte El Niño, e segundo o estudo realizado por Ferreira (2017), que classificou a intensidade deste fenômeno a partir do índice ONI (Oceanic Niño Index), apresentando níveis entre muito forte, forte, moderado e fraco. Observou-se que o evento de 2015/2016 foi o que atingiu maior valor de ONI, seguidos pelos anos de 1997/1998 e 1982/1983.

Podemos observar na Figura 15 que no ano de 2016, ano de influência do El Niño, os meses de janeiro e fevereiro apresentaram focos de calor acima da média mensal para o período. Sendo que o mês de janeiro apresentou 1.479 focos de calor, já o mesmo mês do ano de 2017 teve a incidência de apenas 213 focos de calor, apresentando a menor ocorrência para o mês em questão no intervalo de 2016 a 2019. O mês de fevereiro obteve 362 focos de calor, o mesmo período de 2017 teve 14 focos.

O ano de 2017 chama atenção em especial para o intervalo que compreende os meses de junho à setembro, lembrando que 2017 foi o ano de maior registro de focos de calor do período analisado. O mês de setembro obteve 15.735 focos de calor, ficando muito acima da média de 7.281 focos para o mês. Em contrapartida, o ano de 2018 apresentou focos abaixo da média em todos os meses. O ano de 2018 apresentou apenas os meses de julho e agosto com ocorrência maior que as suas respectivas médias. Outros trabalhos apresentaram relação entre focos de calor e os meses do ano, similares com os encontrados no presente trabalho, tais como (Silva et al., 2013; Fernandes et al., 2019). Comprovando a dinâmica dos focos de calor em relação aos meses do ano, sendo por fatores climáticos ou pelas práticas de atividades econômicas no território paraense.

Estudo realizado por Silva et al. (2013) ao realizar a análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina, na Bahia, encontrou distribuição mensal dos focos nos meses de outubro a dezembro, sendo o mês de novembro o que registrou maior ocorrência. Tais resultados também foram encontrados no estudo de Fernandes et al. (2019), ao analisar focos de calor no município de Novo Progresso onde os focos apresentaram dinâmica parecidas com o do presente trabalho, sendo que no ano de 2016 os autores encontraram que o mês de agosto obteve maior número de focos e menor precipitação média.

4. Conclusão

Ao realizar o mapeamento dos focos de calor identificou-se que estes se concentram nas mesorregiões do Sudoeste Paraense e a Sudeste Paraense, com respectivamente, 38.989 e 38.411 focos de calor no período de 2016 a 2019;

Os municípios de maior ocorrência de focos de calor foram São Félix do Xingu (13.077), Altamira (11.710) e Novo Progresso (6.840);

O período do ano que apresentou maior incidência de focos de calor está compreendido entre os meses de agosto à novembro;

Não há um padrão nas distribuições anuais dos focos de calor no período analisado;

Fatores climáticos impactam diretamente a ocorrência de focos de calor, sendo o fenômeno do *El Niño* um importante fator a se tomar como base para alertas sobre queimadas e incêndios florestais;

Os meses mais secos, de fato, corroboram com o aumento na incidência de focos de calor, sendo o mês de novembro o mais crítico.

Referências

- Andrade, P. S. (2014). *A ocupação do Sudoeste Paraense: Desafios Sociais e Riscos Ambientais*. Mestrado Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.
- Angelo, C., & Rittl, C. (2019). *Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil: Relatório-síntese novembro de 2019*. http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf.
- Barbosa, M. J. S., Dias, M. C. S., Teixeira, M. A., & Trepaki, P. G. (2014). *Relatório analítico do território do Baixo Amazonas – Pará 2014*. <http://sit.mda.gov.br/download/ra/ra018.pdf>.
- Cordeiro, I. M. C. C. (2017). *Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias*. Belém: EDUFRA, p. 323.
- Decreto Nº 2.661 (1998). *Texto Transcrito do PLANALTO, Brasília, 8 de julho de 1998*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.html.
- Doblas, J., & Menezes, D. P. (2016). *De olho no Xingu (parte II). Evolução dos focos de calor na Bacia do Xingu*. <https://www.socioambiental.org/pt-br/blog/blog-do-xingu/de-olho-no-xingu-parte-ii-evolucao-dos-focos-de-calor-na-bacia-do-xingu>.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. (2019). *Aqua Project Science*. http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/missao_aqua.php.
- Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuárias-EMBRAPA. (2013). *Banco de produtos MODIS*. <http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>.
- Fernandes, T., Hacon, S. S., Novais, J. W. Z., Gil, R. L., & Medeiros, N. B. C. (2019). Dinâmica espaço-temporal de focos de queimadas na área fisiográfica da microrregião de Parauapebas - Pa, BRASIL. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, 8(1), 340-364.
- Ferreira, L. G. B., Caramori, P. H., Morais, H., Nitsche, P. R., & Costa, A. B. C. (2017). *O Fenômeno El Niño De 2015/2016 e Seus Impactos Nas Chuvas Do Paraná*. http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/agrometeorologia/2017-01-09-boletim-enos.pdf.
- Freitas, S. R., Longo, K. M. Dias, M. A. F. S. D., & Dias, P. L. S. (2005). *Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. Estudos Avançados*. 19(53).
- Gonçalves, E. D., Neves, R. R., Sousa, L. P. A De, & Araujo, E. C. De. (2016). Interferência do Regime Pluviométrico na Incidência de Focos de Calor no Sudeste Paraense considerando o fenômeno El Niño Oscilação- Sul. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* (Pombal - PB - Brasil) 10(1), 35-42.
- Instituto Nacional De Meteorologia. (1992). *Normais Climatológicas*. 155p.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística-IBGE. (2016). *A geografia do café*. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99002.pdf>.
- Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais - INPE. (2007). *O monitoramento de queimadas em tempo quase-real do INPE*. - Divisão de satélites e sistemas ambientais. <http://sigma.ctpec.inpe.br/produto/queimadas/queimadas/perguntas.html>.
- Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais - INPE. (1998). *Manuais SPRING*. dpi.inpe.br/spring/português/manuais.html.
- Lima, A. R. De., Carréra, L. Da C., Silva, D. R., Medeiros, L. R., Aguiar, R. O., & Costa, J. A. Da. (2017). Avaliação temporal e espacial das ocorrências de focos de calor em relação às estradas e ao desmatamento no município de Anapu, Pará. *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE*.
- Luz, L. M. L., Rodrigues, J. E. C., Ponte, F. C Da, & Silva, C. N. Da. (2013). *Atlas Geográfico Escolar do Estado do Pará*. GAPTA/UFGA. 64 p. <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/127>.
- Maguire, D. J., Goodchild, N. S, & Rhind, D. W. (1991). *Geographical Informations Systems: Pricipals and Applications*. Longman, Londres.
- Malhi, Y. et al. (2009). Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(49), 20610–20615.
- Martalone, T. De L. (2019). *Relatório de Focos de Calor Acre e Rondônia – 2018*. SIPAM. <http://www.sipam.gov.br/imagens-noticia-11-06.19/apresentacao-focos-2018-2019-thiago-martarole.pdf>.
- Martinez, L.L., Fiedler N.C. & Lucatelli G.J. (2007). Análise das relações entre desflorestamentos e focos de calor. Estudo de caso nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu, no Estado do Pará. *Revista Árvore*, (on line) 31, 4: 695-702.
- Martorano, L. G., Pereira, L. C., & Nechet, D. (1993). *Tipologia Climática Do Estado Do Pará – Adaptação Do Método Koppen*. Bol. De Geog. Teor. 23(45 46).
- Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento Instituto, Nacional De Meteorologia. (2019). *Principais Condições Meteorológicas do Clima e do Tempo observadas em 2018. Eixo Monumental Sul Via SI - Sudoeste - Brasília-DF - CEP: 70680-900 - Brasil*. http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/2019/Condicoes-Meteorologicas-Tempo-Clima-Observadas-2018-INMET.pdf.
- Ministério Do Meio Ambiente –MMA. (2007). *Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: atualização*. Portaria MMA nº 9, 23 de janeiro de 2017. MMA, Brasília.
- Miranda, H. S. (2000). *Queimadas de Cerrado: Caracterização e impactos na vegetação*. In: Plano de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais do DF, Brasília: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, p. 133—149.

- Moraes, B. C. De, Costa, J. N Da, Costa, A. C. L Da, & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*, 35(2), 207 – 214
- Morelli, F., Setzer, A., & Jusus, S. C. (2009). Focos de queimadas nas unidades de conservação e terras indígenas do pantanal, 2000-2008. In: *2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Corumbá, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.505-515.
- National Aeronautics And Space Administration. (2019). *Aqua Earth-observing satellite mission*. <https://aqua.nasa.gov/>.
- Nepstad, D. C., Moreira, A. & Alencar, A. A. (1999). *A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil*, Brasília, Brasil. 202 p., il.
- Nepstad, D. (org.). (2001). Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon Forests. *Forest Ecology & Management*, 154, 395-407.
- Neto, J. Q. M., & Herrera, J. A. (2017). Expansão urbana recente em Altamira (PA) Novas tendências de crescimento a partir da instalação da UHE Belo Monte. *Ateliê Geográfico*. 11(3), 34-52.
- Neto, P. R De M., Costa, C. M. Da., Barros, Y. S. S De., Pereira, B. C., Oliveira, C. P. De., Pinho, B. C. P., & Pinho, B. C. P. (2019). Dinâmica espaço-temporal da incidência de focos de queimada no município De São Félix Do Xingu – Pa entre os anos de 2008 A 2017. *Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 3– Ponta Grossa, PR: Atena Editora. – (Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto, v. 3)*
- Neves, E. M. S., Whately, M., Lopes, M. M. A. L., & Cordilha, A. C. T. (2015). *O processo de municipalização da estratégia de prevenção e combate ao desmatamento na Amazônia*. http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/181120153224_Relatoriocasosrev120151118.pdf.
- Instituto De Pesquisa Ambiental Da Amazônia – IPAM. (2019). *Amazônia em Chamas*. Nota Técnica Do Instituto De Pesquisa Ambiental Da Amazônia <https://ipam.org.br/bibliotecas/nota-tecnica-amazonia-em-chamas/>.
- Oliveira, H. L. De. (2017). Processo de prevenção, controle e combate a incêndios florestais no estado de Mato Grosso. (Tese de Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Mato Grosso. CUIABÁ – MT.
- Organizações Não Governamentais-ONG. (2017). *Por que o Congresso deve rejeitar projeto que aumentará o desmatamento da Amazônia? - Nota técnica de organizações da sociedade civil em repúdio ao PL nº 8.107/2017*. https://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/nota_conjunta_ongs_pl_jamanxim_final_26jul2017.pdf.
- Ramos, P. C. M. (1995). *Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais*. In: Fórum Nacional Sobre Incêndios Florestais, 1,1995, Piracicaba -SP. Anais eletrônicos, abril, 1995. p. 29-38. http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap09.pdf.
- Santos, J. F., Soares, R. V., & Batista, A. C. (2006). Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. *Floresta*, 36(1), 93-100.
- Santos, A. R. (2006). *Apostila de Sensoriamento Remoto*. mundogeomatica.com.br/SR/ApostilateoricaSR/Apostila_Sensoriamento_Remoto.pdf.
- Sayago, D., Tourrand, J. F., & Bursztyn, M. (2004). *Amazônia, Cenas e Cenários*. Editora UnB.
- Secretária Estadual De Meio Ambiente-SEMA. (2015). *Classificação climática do Pará (Método de Köppen)*. [www.sema.pa.gov.br > download > classificacao_climatica_do_Para](http://www.sema.pa.gov.br/download/classificacao_climatica_do_Para).
- Secretária Estadual De Meio Ambiente-SEMA. (2016). *Boletins de monitoramento de focos de calor e queimadas no estado do Pará*. <https://www.semas.pa.gov.br/2017/07/20/boletim-de-queimadas-2016/>.
- Secretária Estadual De Meio Ambiente-SEMA. (2017). *Boletins de monitoramento de focos de calor e queimadas no estado do Pará*. <https://www.semas.pa.gov.br/2018/01/18/boletim-de-queimadas-2017/>.
- Secretária Estadual De Meio Ambiente-SEMA. (2018). *Boletins de Monitoramento de Focos de Calor e Queimadas no Estado do Pará*. <https://www.semas.pa.gov.br/2019/01/18/boletins-de-queimadas-2018/>.
- Silva, M. C. Da, Romeu, L. V. L. & Figueiredo, S. M De M. (2018). Análise temporal de focos de calor no Acre: padrões e distribuição. *Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 152-161
- Silva, T. B., Rocha, W. J. S. F., & Angelo, M. F. (2013). Quantificação e análise espacial dos focos de calor no Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. *Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*.
- Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman and Hall.
- Soares, R. V., & Batista, A.C. (2007). *Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. 264 p.
- Soares, R. V., & Santos, J. F. (2002). Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Curitiba. *Floresta*, 32(2), 219-232.
- Tomzhinski, G. W., Coura, P. H. F., & Fernandes, M.C. (2011). Avaliação da Detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. *Biodiversidade Brasileira*. Ano I, Nº 2, 201-211.