

Análise espaço-temporal de focos de calor no município de Santa Maria do Pará, Pará, Brasil

Victor Henrique Rodrigues Dias^{1*}, Natalia de Paula Rodrigues², Breno Pinto Rayol³

¹Doutorando em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil. (*Autor correspondente: rodriguesdias1998@gmail.com)

²Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Brasil.

³Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 24/10/2024 – Revisado em: 23/12/2024 – Aceito em: 04/03/2025

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica dos focos de calor no município de Santa Maria do Pará, PA. Para isso, foram utilizados dados de focos do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os de uso do solo do MapBiomas e o do regime pluviométrico fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio do portal HIDROWEB para os anos de 2013 a 2023, os dados foram processados em planilhas eletrônicas e posteriormente usado o software QGIS 3.16.9 para a produção de mapas de densidade de Kernel. Os focos de calor ocorreram com maior frequência no ano de 2017 (24 focos). Além disso, o período de maior número de focos foi entre os meses de julho a dezembro, período de menor precipitação no município. Ademais, observou-se que a mancha de maior densidade de focos deslocou-se pelo território do município, ocupando a região central, sudeste e sudoeste. Com isso, nota-se que o número de focos teve influência da sazonalidade pluviométrica anual do município e pelo aumento da atividade agrícola e os focos abrangeram quase toda a área do município.

Palavras-Chaves: Sensoriamento remoto, Amazônia oriental, Monitoramento, Fogo.

Spatio-temporal analysis of hotspots in the municipality of Santa Maria do Pará, Pará, Brazil

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the dynamics of hotspots in the municipality of Santa Maria do Pará, PA. To do this, we used data on hotspots from the National Institute for Space Research's (INPE) Burning Program, land use data from MapBiomas, and rainfall data provided by the National Water Agency (ANA) through the HIDROWEB portal for the years 2013 to 2023. The data was processed in spreadsheets and then used in QGIS 3.16.9 software to produce kernel density maps. Hotspots occurred most frequently in 2017 (24 hotspots). Additionally, the period with the highest number of hotspots was between July and December, when rainfall is lowest in the municipality. Furthermore, it was observed that the area with the highest density of hotspots moved across the municipality, occupying the central, southeast, and southwest regions. As a result, the number of hotspots was influenced by the municipality's annual rainfall seasonality and the increase in agricultural activity, and the hotspots covered almost the entire area of the municipality.

Keywords: Remote sensing, Eastern Amazon, Monitoring, Fire.

1. Introdução

Os focos de calor são associados aos incêndios florestais, sejam os de origem natural ou antrópica, e às queimadas, controladas ou não (Jaiswal et al., 2002). Independente da origem, o fogo descontrolado acarreta em impactos negativos à biodiversidade de ecossistemas queimados, pois há a perda da composição florística e morte de animais (Bauhoff e Busch, 2020; Brando et al., 2019; Barlow et al., 2003). Além disso, as queimadas e os incêndios aumentam a emissão de CO₂ para a atmosfera e intensificam o efeito estufa, aumentando a probabilidade de ocorrer incêndios (Araújo et al., 2013), e a fumaça originada do fogo gera problemas de saúde pública, como: o aumento de internações por problemas respiratórios. Em estudo na província de Riau, na

Dias, V.H.R, Rodrigues, N. de P., Rayol, B.P., (2025). Análise espaço-temporal de focos de calor no município de Santa Maria do Pará, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.6, n.1, p.25-35.



Indonésia, foi observada alta incidência de doenças respiratórias em áreas de maior ocorrência de focos de incêndios devido à inalação de partículas da fumaça (Purnomo et al., 2020).

As mudanças climáticas nas últimas décadas estão provocando incêndios florestais mais intensos, como nas florestas do oeste dos Estados Unidos e da Austrália (Iglesias et al., 2022). Na Austrália, os grandes incêndios em 2019 e 2020 queimaram cerca de 17 milhões de hectares de área, provocando danos econômicos, ambientais e sociais (Abram et al., 2021; Haghani et al., 2022). Além disso, com o aquecimento global, os incêndios estão mais frequentes em áreas que historicamente eram raras, como na Amazônia e no Ártico (Jones et al., 2022). Na região Amazônica, 64% dos focos de calor entre 2016 e 2019 ocorreram em áreas utilizadas para a agropecuária e recém desmatadas (Alencar et al., 2020). Isso está associado às práticas de limpeza de áreas que se utilizam de fogo e são tradicionalmente utilizadas na Amazônia em florestas primárias e secundárias (Alencar, 2020; Aragão, 2016). No município de Santa Maria do Pará, assim como em outros municípios da microrregião Bragantina, a técnica de corte e queima ainda é bastante empregada, o que, com frequência e em alta intensidade, pode prejudicar as propriedades microbiológicas, químicas e físicas do solo (Thomaz, Antonel e Doerr, 2014).

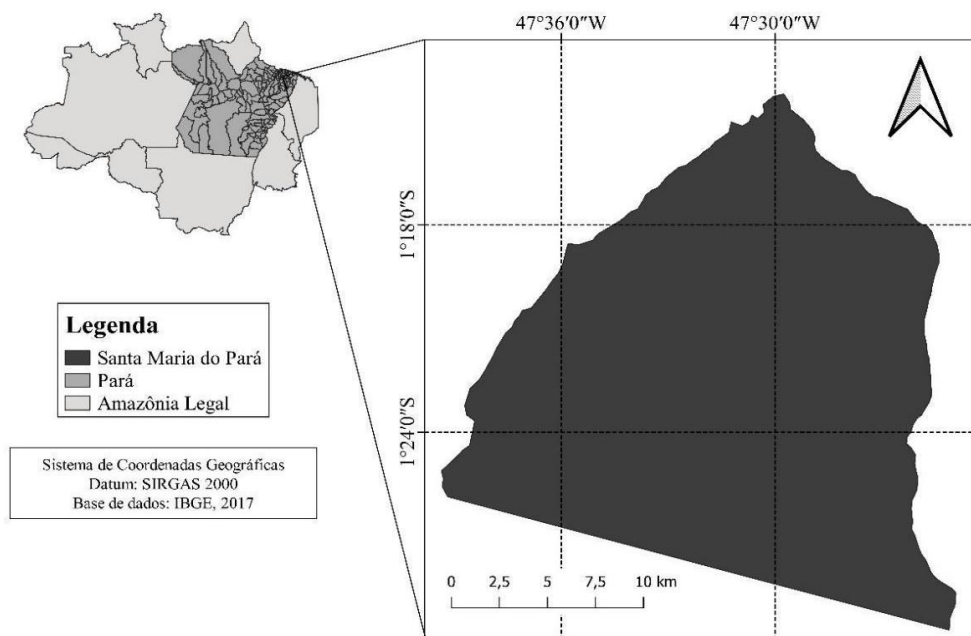
Eventos climáticos, como o “El Niño”, favorecem a ocorrência de focos na Amazônia, pois há o aumento na temperatura e diminuição da precipitação pluviométrica (Alencar, 2020; Nascimento e Senna, 2020; Moreira et al., 2018). Nesse sentido, o monitoramento de incêndios e queimadas é fundamental para que o combate e a prevenção sejam eficientes em áreas mais suscetíveis. O sensoriamento remoto utiliza imagens de satélite para identificação de focos de calor, esse processo permite que países com grandes áreas territoriais, como o Brasil, diminuam o custo e contribuam para a celeridade no monitoramento dos incêndios florestais (Lopes et al., 2017).

O estimador de densidade de kernel, por exemplo, pode servir como um recurso útil para dar suporte ao monitoramento, pois atribui uma área de influência para cada foco de calor, aumentando a densidade quando as áreas de influência se sobrepõem. Segundo Oliveira e De Oliveira (2017), o estimador gera informações qualitativas que permitem analisar o comportamento dos focos de calor. Entretanto, os autores ressaltam ser importante o aprofundamento com novas pesquisas no sentido de cruzar informações com outras bases de dados. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi quantificar e analisar a distribuição dos focos de calor no município de Santa Maria do Pará, PA, no período de 2013 a 2023 por meio de dados fornecidos pelo satélite de referência do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O levantamento foi realizado considerando os limites do município de Santa Maria do Pará (Figura 1), localizado na região nordeste do estado do Pará nas coordenadas geográficas de 47°24'55" a 47°39'21" W e 1°14'12" a 1°29'23" S.

Figura 1 - Mapa de localização dos limites do município de Santa Maria do Pará

Fonte: elaborado pelo autor

A vegetação da área de estudo pertence ao bioma Amazônia, o clima é classificado como Am, conforme classificação de Köppen e Geiger. Segundo estimativa do IBGE (2023), o município possui 457,724 km² de área territorial, a população é de aproximadamente 24.624 pessoas com uma densidade demográfica de 53,80 hab km⁻³.

2.2 Dados

Os dados de número de focos de calor (FC) foram obtidos no portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que fornece dados diários para compor a série temporal por meio do satélite de referência AQUA_M-T (INPE, 2021). A precipitação pluviométrica (PP) foi adquirida no portal da agência nacional de água (ANA) HIDROWEB da estação identificada com o código 147018. Os dados foram baixados no formato de planilha eletrônica no formato *Comma-separated values* (CSV) para os anos de 2013 a 2023.

Adicionalmente, foram obtidos dados de uso do solo do município referentes a três períodos específicos: 2013, 2017 e 2023, da Coleção 9.0 do projeto MapBiomas (Souza Junior et al., 2020), utilizando o *toolkit* da plataforma Google Earth Engine (GEE).

2.3 Processamento dos dados

Para avaliar a ocorrência de focos de calor e a chuva ao longo dos anos estudados, foi realizada a soma dos valores mensais de foco e precipitação para cada ano, assim obtendo o valor acumulado de focos de calor e chuva. Além disso, a incidência de fogo foi avaliada para cada mês, onde no primeiro momento foi avaliado o acúmulo dos focos por meio da soma dos focos ocorridos nos anos para cada mês e posteriormente os focos foram avaliados separadamente considerando os meses e os anos como fator.

Os dados de uso do solo e os arquivos *shapefile* dos focos de calor foram processados no *software* QGIS 3.16.9, onde com os de focos de calor foram gerados arquivos vetoriais no formato *shapefile* com o sistema de

referência de coordenadas SIRGAS 2000/UTM zona 23S para todos os anos estudados. Os arquivos serviram como base no processamento para produção do mapa de densidade de Kernel, conforme Oliveira e De Oliveira (2017), utilizando-se da equação 1.

A função de estimativa (k) usada foi a quártica, que ajusta o maior peso para pontos mais próximos. O raio (h) foi calculado como proposto por Rizzatti et al. (2020) por meio da equação 2, sendo o valor usado foi o originado da subtração, que é aproximadamente de 6021 metros. O mapa de densidade de Kernel foi dividido em 5 classes de densidade, variando de muito baixa a muito alto.

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=y}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

Onde: k = função de estimativa de kernel; h = raio de busca; x = posição do centro de cada célula do raster de saída; X_i = posição do ponto i proveniente do centróide de cada polígono; n = número total de focos de calor.

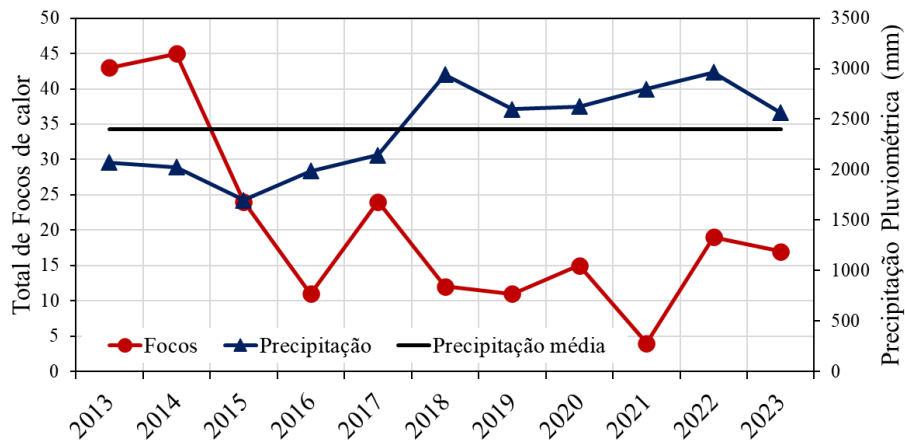
$$h = \underline{X} \pm \underline{X}_\sigma \quad (2)$$

Onde: $\underline{X}$ = média da distância média; $\underline{X}_\sigma$ = média do desvio padrão.

3. Resultados e Discussão

No período de 2013 a 2023 foram detectados 225 focos de calor no município de Santa Maria do Pará, valores bem menores do que os encontrados em Novo Progresso durante os anos de 2010 e 2015 (8304 focos) (Lopes et al, 2017). No ano de 2014, ocorreu a maior incidência de focos de calor em Santa Maria do Pará, seguida de 2013, 2017 e 2022. Ao avaliar a precipitação pluviométrica, foi observado que os anos apresentaram o padrão decrescente de 2022>2018>2021>2020>2019>2023>2017>2013>2014>2016>2015 (Figura 2).

Figura 2 - Somatória dos focos de calor e somatória da precipitação pluviométrica ao longo dos anos no município de Santa Maria do Pará, PA.

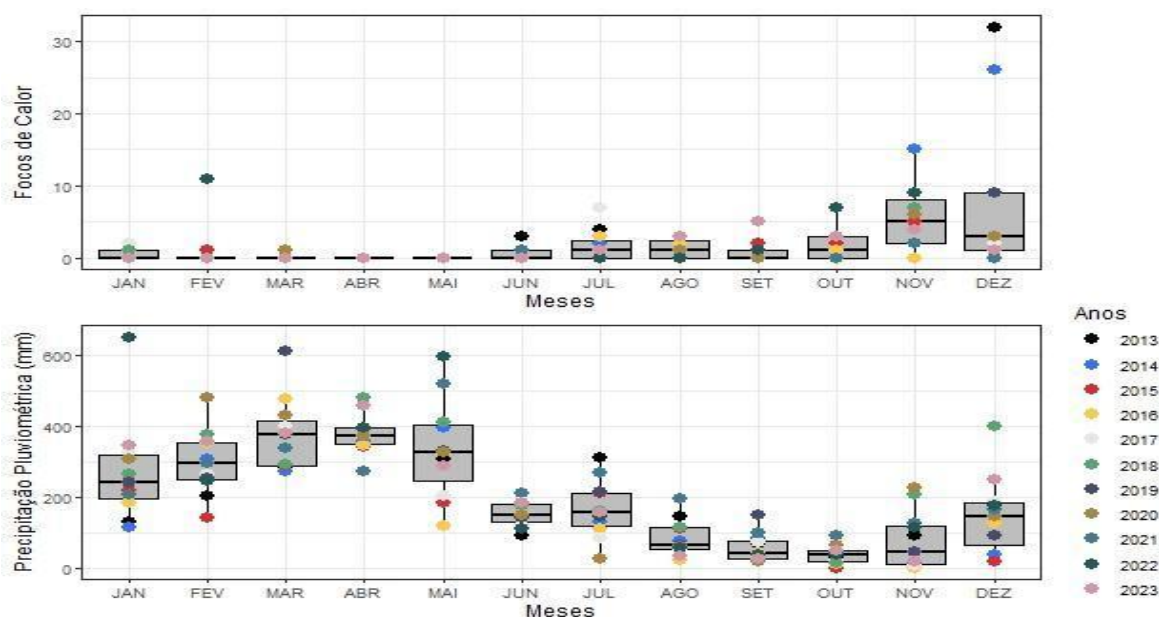


Fonte: elaborado pelo autor

No presente estudo, os anos com maior ocorrência de focos (2013 e 2014), a precipitação pluviométrica foi abaixo da média para o período estudado no município de Santa Maria do Pará, PA. Corroborando com o estudo de Cristovão e Rayol (2021) no município de São Francisco do Pará, onde a maior incidência de chuvas estava relacionada a uma diminuição dos focos de calor.

Na maioria dos anos estudados observou-se uma relação entre as médias mensais de precipitação com a ocorrência de focos de calor no município de Santa Maria do Pará (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição dos focos de calor (FC) e da precipitação pluviométrica (PP) ao longo dos meses para todos os anos no município de Santa Maria do Pará, PA.



Fonte: elaborado pelo autor

Nos meses de janeiro a maio, com índices elevados de precipitação, a ocorrência de FC foi baixa ou nula, ao passo que, entre os meses de julho a dezembro, com menores médias de precipitação pluviométrica, a quantidade de focos de calor foi mais expressiva. O período entre os meses de julho a dezembro, conhecido como “verão amazônico”, é caracterizado pela diminuição no regime de chuvas na região em decorrência dos efeitos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Alves et al., 2020).

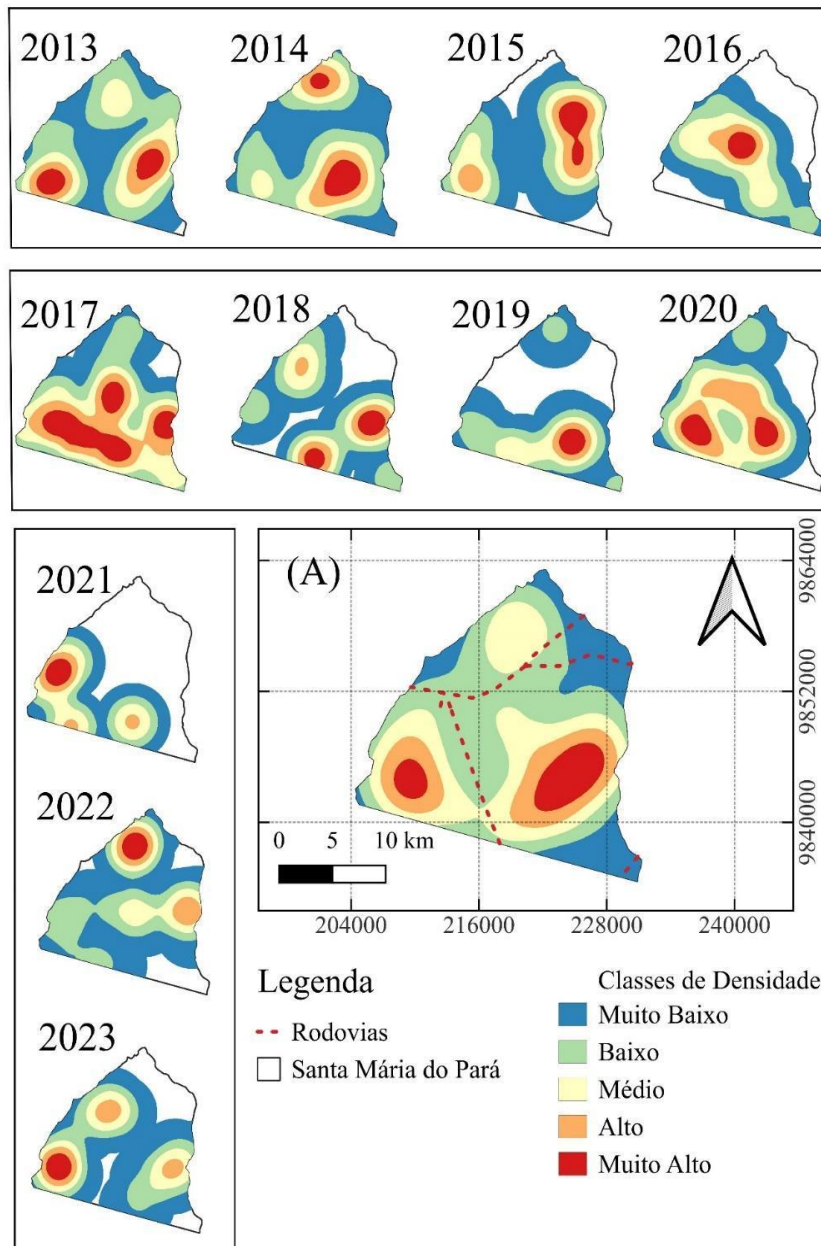
Além disso, o período é comumente utilizado pelos produtores do nordeste paraense para limpeza de área, onde geralmente é realizada por meio do sistema de corte e queima da vegetação original para o cultivo de culturas anuais (Cordeiro, Rangel-Vasconcelos e Schwartz, 2017), por ser uma prática de baixo custo que aumenta a fertilidade do solo (Alencar, 2020; Aragão, 2016). Por exemplo, na cultura da mandioca, atividade expressiva no município (IBGE, 2022), o cultivo baseia-se no sistema de corte e queima (Alves e Modesto, 2020). Nesse contexto, a região do Nordeste paraense, na qual Santa Maria está situada, concentra uma das maiores produções de mandioca do Estado realizada por pequenos produtores que utilizam o sistema de corte e queima como principal forma de preparo de terra para a atividade (Alves e Modesto, 2022). Isso foi constatado por Nogueira et al. (2021), ao realizar estudo socioeconômico dos produtores de mandioca de São Francisco do Pará encontraram que 56% das unidades produtivas aplicavam esta técnica convencional.

A relação do aumento dos focos de calor com a queda no regime de chuva, também foram observados em outros estudos no Pará. Costa et al. (2022), por exemplo, ao analisarem a incidência de focos de calor no Pará de 2016 a 2019 e Silva e Furtado (2020), ao estudar a dinâmica de focos de calor no município de São

Félix do Xingu notaram semelhança nos meses de maior ocorrência de focos de calor nos anos de 2009 a 2018, especialmente de julho a outubro onde concentram-se 90% do número de focos encontrados. Isso está relacionado a fenômenos climáticos regionais, visto que nesses meses ocorre um período de estiagem, baixos índices pluviométricos em associação com temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar (Lopes et al., 2017).

Ao analisar a distribuição espacial dos FC ao longo dos anos, nota-se que no setor sudoeste e sudeste do município teve maior intensidade de focos no acumulado dos anos (Figura 4, A). O mesmo padrão foi observado nos anos de 2013, 2020, 2021 e 2023.

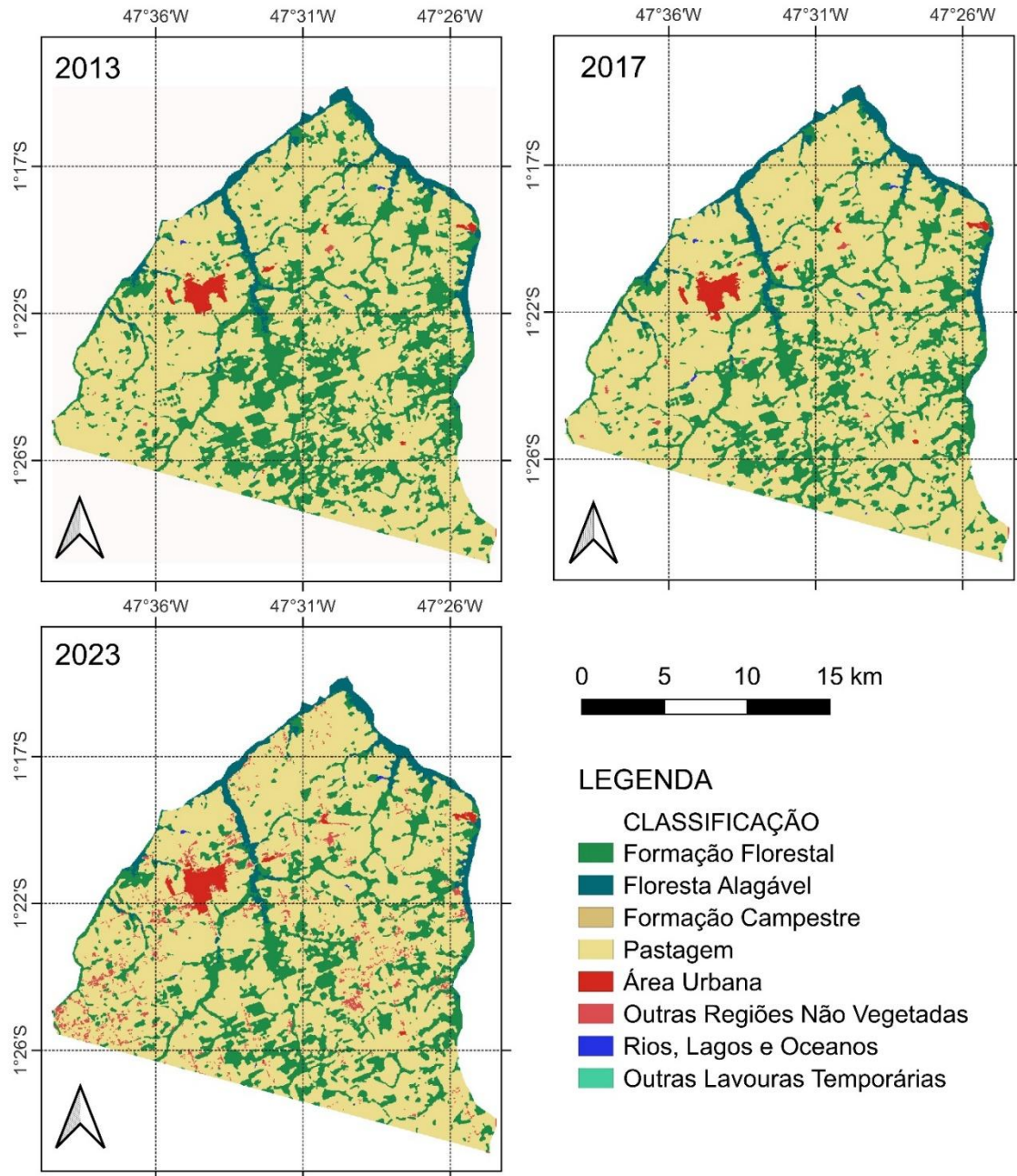
Figura 4 - Mapa de densidade anual dos focos de calor (FC) no município de Santa Maria do Pará, PA.



Fonte: elaborado pelo autor

Assim, o setor sul do município apresentou maior susceptibilidade à ocorrência de focos de calor. Paralelamente, verificou-se a expansão das áreas de pastagem e urbanização em detrimento das formações florestais, com maior intensidade nesse setor (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de uso e cobertura do solo no município de Santa Maria do Pará, PA.



Fonte: elaborado pelo autor

Esse padrão sugere uma associação entre a intensidade dos focos de calor e a ação antrópica, uma vez que as mudanças no uso e manejo da terra exercem influência significativa no regime de fogo da floresta amazônica, principalmente em função da conversão acelerada para campos agrícolas e pastagens utilizando-se do fogo (Alencar et al., 2015). Esse resultado corrobora com o estudo de Belato et al. (2022), que relaciona a expansão da pecuária com o aumento na ocorrência de focos no município de Viseu, PA.

4. Conclusão

No município, para o período estudado, nos meses de menor precipitação pluviométrica, há uma maior ocorrência de focos. Além disso, de maneira geral, o setor sul do município possui uma maior suscetibilidade para ocorrência de focos de calor. Vale ressaltar, que esses resultados podem contribuir para a criação de políticas públicas que visem diminuir a ocorrência de focos, como a conscientização ambiental dos riscos do uso do fogo e de práticas alternativas que evitem o uso do fogo, especialmente nas regiões de maior incidência de focos de calor.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE pela disponibilização dos dados por meio do programa BD queimadas. O primeiro autor agradece a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas – FAPESPA pela concessão de bolsa de doutorado.

6. Referências

- Abram, N. J., Henley, B. J., Sen Gupta, A. *et al* (2021). Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. **Commun Earth Environ** 2, 8 .
<https://doi.org/10.1038/s43247-020-00065-8>.
- Alencar, A. A. et al (2015). Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. **Ecological Applications**, 25(6), 1493–1505.
- Alencar, A., Rodrigues, L., & Castro, I (2019). Amazônia em chamas: o que queima - e onde. **Nota técnica nº 5**. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.
- Alves, R. N. B., & Modesto Junior, M. de S (2022). Potencialidades da cultura da mandioca no estado do Pará. Capítulo em Livro Técnico-Científico. In: HOMMA, A. K. O. (ed.). **Sinergias de mudança da agricultura amazônica: conflitos e oportunidades**. Brasília, DF: Embrapa, p. 310-338.
- Aragão, L. E. O. C., Anderson, L. O., Lima, A., & Arai, E. (2016). Fires in Amazonia. In Nagy, L., Forsberg, B.R. e Artaxo, P. (Coords.), **Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin (pp. 301-329). Springer Berlin Heidelberg.
- Araújo, J. B., Oliveira, L. C., Vasconcelos, S. S., & Correia, M. F. (2023). Danos Provocados Pelo Fogo Sobre A Vegetação Natural Em Uma Floresta Primária No Estado Do Acre, Amazônia Brasileira. **Ciência Florestal**, 23(2), 297-308.
- Barlow, J., Peres. C.A., Lagan, B.O., & Haugaasen, T. (2003). Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires. **Ecol. Lett.** 6, 6–8.

- Bauhoff, S., & Busch, J. (2020). Does deforestation increase malaria prevalence? Evidence from satellite data and health surveys. **World Development**, v. 127. Artigo 104.734,10.1016/j.worlddev.2019.104734.
- Belato, I. S.; Santos Júnior, R. A. O.; Serrão, S. L. C.; Aragão, A. J. S. (2022). Focos de calor associado a dinâmica de uso e cobertura do solo em Viseu/PA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.5, p.255-262. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0019>.
- Brando, P. M., Paolucci, L., Ummenhofer, C. C., Ordway, E. M., Hartmann, H., Cattau, M. E., Rattis, L., Medjibe, V., Coe, M. C., & Balch, J. (2019). Droughts, Wildfires, and Forest Carbon Cycling: A Pantropical Synthesis. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 47:1, 555-581.
- Cordeiro, I. M. C., Rangel-Vasconcelos, L. G. T., & Schwartz, G. (2017). O manejo da floresta secundária na Amazônia Oriental. In Cordeiro, I. M. C. C. et al. (Coords.). *Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias*. (pp. 163-190). **Edufra**.
- Cristovão, E. E. M., & Rayol, B. P. (2021). Análise espaço-temporal de focos de calor no município de São Francisco do Pará, nordeste paraense. **Acta Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 69-79. <http://dx.doi.org/10.35818/acta.v15i2.925>
- Da Silva, M. M., & Rocha, C. G. S. (2022). Mudanças na agricultura de corte e queima em Altamira, Pará. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, 11 (5), e11611528087-e11611528087.
- Fernandes, T., Hacon, S. S. de., & Novais, J. W. Z. (2019). Dinâmica temporal de focos de calor e seus condutores de pressão no território do Sudeste Paraense. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 6, p. 681-692.
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product, **Remote Sens. Environ.**, 217, 72-85, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>.
- Haghani, M., Kuligowski, E., Rajabifard, A., & Kolden, A. C. (2022). The state of wildfire and bushfire science: Temporal trends, research divisions and knowledge gaps. **Safety Science**, Volume 153, 105797, ISSN 0925-7535. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105797>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023). **Portal Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santa-maria-do-para/panorama>>. Acesso em: 28/09/2024.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (PAM). 2022**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: 20 de junho de 2024.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2024**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#notas-tabela>. Acessado em: 01/07/2024
- Iglesias, V., Balch, J.K., & Travis, W. R. (2022). Os incêndios nos EUA se tornaram maiores, mais frequentes e mais disseminados na década de 2000, **Science Advance**, 8, eabc0020. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc0020>
- Jaiswal, R. K. et al. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 4, n. 1, p. 1-10.

- Jones, M. W. et al. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. **Reviews of Geophysics**, v. 60, n. 3, p. e2020RG000726. <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>.
- Lopes, A. C. L., et al (2017). Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 12(2), 298–303.
- Miranda, J. B. (2002). Aplicações Do Monitoramento Por Satélite No Controle De Queimadas. **IV Encontro Nacional sobre Educação Ambiental na Agricultura**, 26.
- Moreira, S. de F. et al. (2018). A Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a dinâmica climática da região Amazônica. **Multidisciplinary Reviews**, v. 1, p. 1–7.
- Mota, B., & Wooster, M. J. (2018). Uma nova abordagem de cima para baixo para estimar diretamente as emissões da queima de biomassa e as taxas e totais de consumo de combustível da energia radiativa de fogo de satélite geoestacionário (FRP). **Sensoriamento remoto do meio ambiente**, v. 206, p. 45-62, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.016>.
- Nascimento, G. C., & Senna, M. C. A. (2020). A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 189–201.
- Nepstad, D., Schwartzman, S., Bamberger, B., Santilli, M., Raio, D., Schlesinger, P., *et al.* (2006). Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, 20:65-73.
- Nogueira, A. S., Jesus, A. P. M., Almeida, R. H. C., Ferreira, L. E., & Santos, M. A. S. (2021). Caracterização socioeconômica do sistema de produção de mandioca de agricultores familiares do Município de São Francisco do Pará. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e 473101321355, 2021, (CC BY 4.0). ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21355>.
- Oliveira, U. C., & De Oliveira, P. S., (2017). Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015. **Espaço Aberto**, 7(1), 87–99.
- Pontes-lobes, A., Silva, C. V.; Barlow, J., Rincón, L. M., Campanharo, W. A., Nunes, C. A., de Almeida, C. T., Silva Júnior, C. H. L., Cassol, H. L. G., Dalagnol, R., Stark, S. C., Graça, P. M. L. A., & Aragão, L. E. (2021). Drought-driven wildfire impacts on structure and dynamics in a wet central Amazonian forest. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 288(1951), 20210094.
- Purnomo, E. P., Rahmasari, F. V., Trisnawati, D. W., & Erviana, R. (2021, March). Observed data of forest fire hotspots effects on respiratory disorder by Arc-GIS in Riau Province, Indonesia. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** (Vol. 717, No. 1, p. 012036). IOP Publishing.
- Raiol, C. S., & Rosa, L. dos S. (2013). Sistemas Agroflorestais na Amazônia Oriental: O caso dos agricultores familiares de Santa Maria do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 8, núm. 2, pp. 258-265.
- Rizzatti, M. et al., (2020). Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. **Metodologias e Aprendizado**, 3(2012), 44–53.

Santos, J. F., Soares, R. V., & Batista, A. C. (2006). Perfil Dos Incêndios Florestais no Brasil em Áreas Protegidas no Período de 1998 a 2002. **FLORESTA**, 36(1), 93-100.

Silva, M. G. da., & Furtado, G. do N. (2020). Análise espacial dos focos de calor no município de São Félix do Xingu, Estado do Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, 9(11), 1–17.

Silva Junior, C. H. L., Anderson, L. O., Aragão, L. E. O. C. de, & Rodrigues, B. D. (2018). Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista Do Departamento De Geografia**, 35, 1 14. <https://doi.org/10.11606/rdg.v35i0.142407>.

Souza Junior, C. M., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., A Alencar, A., Rudorff, B. F., ... & Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

Thomaz, E. L., Antoneli, V., & Doerr, S. H. (2014). Efeitos do fogo nas propriedades físico-químicas do solo em uma agricultura de corte e queima. **Catena**, 122, 209-215.