

## USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DE FOCOS DE QUEIMADAS E DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ

Cleyci Neves Fernandes<sup>1</sup>, Karla de Souza Santos<sup>2</sup>, Clístenes Pamplona Catete<sup>3</sup>, Alessandra Rodrigues Gomes<sup>4</sup>, Ricardo José de Paula Souza e Guimarães<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade Estácio de Belém - IESAM, Av. Gov. José Malcher, 1148, Nazaré, 66055-260, Belém/Pará/Brasil, [cleyci.nevess@hotmail.com](mailto:cleyci.nevess@hotmail.com); <sup>2</sup> Universidade Federal do Pará - Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares, Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá, 66075-110, Belém/Pará/Brasil, [karla.pehse@gmail.com](mailto:karla.pehse@gmail.com); <sup>3</sup> Instituto Evandro Chagas - Laboratório de Geoprocessamento, Rodovia BR-316 km 7 s/n, Levilândia, 67030-000, Ananindeua/Pará/Brasil, [ccatete@gmail.com](mailto:ccatete@gmail.com), [ricardojpsg@gmail.com](mailto:ricardojpsg@gmail.com); <sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Coordenação Espacial da Amazônia - INPE/COEAM, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, Av. Perimetral, 2651, 66077-830, Belém/Pará/Brasil, [alessandra.gomes@inpe.br](mailto:alessandra.gomes@inpe.br) }

### RESUMO

A floresta Amazônica representa um terço das florestas tropicais do mundo. No Brasil, em 2019, ocorreram 197.634 focos de queimadas detectados por satélite. O objetivo desse estudo foi analisar a distribuição espacial dos focos de queimadas e desmatamento no estado do Pará. As bases cartográficas foram obtidas do IBGE, os dados meteorológicos do INMET, focos de queimadas e desmatamento do INPE. Os resultados apontaram que 10 municípios representaram um percentual superior a 50% dos focos de queimadas. As mesorregiões do Sudeste e Sudoeste Paraense apresentaram as maiores quantidades de focos de queimadas e polígono de desmatamento. O município de Altamira apresentou o maior número de focos e polígonos de desmatamento. O uso de geotecnologias na análise de focos de queimadas, associada a dados ambientais, se mostrou bastante eficiente. Portanto, o monitoramento desses focos pode auxiliar no processo de gestão ambiental e apontar caminhos para a saúde pública local.

**Palavras-chave** — Geotecnologias, SIG, Queimadas, Desmatamento, Amazônia Brasileira.

### ABSTRACT

*The Amazon rainforest represents a third of the world's tropical forests. In Brazil, in 2019, there were 197,634 fires detected by satellite. The objective of this study was to analyze the spatial distribution of fires and deforestation in the state of Pará. The cartographic bases were obtained from IBGE, meteorological data from INMET, fires and deforestation from INPE. The results showed that 10 municipalities represented a percentage greater than 50% of fire outbreaks. The Sudeste and Sudoeste Paraense mesoregions had the highest amounts of fires and deforestation polygons. The municipality of Altamira had the highest number of deforestation foci and polygons. The use of geotechnologies in the analysis of fire outbreaks, associated with environmental data, proved to be quite*

*efficient. Therefore, monitoring these outbreaks can help in the environmental management process and point out ways to improve local public health.*

**Key words** — Geotechnologies, GIS, Fires, Deforestation, Brazilian Amazon.

A floresta Amazônica representa um terço das florestas tropicais do mundo, desempenhando papel imprescindível na manutenção de serviços ecológicos, tais como, garantir a qualidade do solo, dos estoques de água doce e proteger a biodiversidade [1]. Em geral as florestas armazenam 90% do carbono total em ecossistemas terrestres naturais, contribuindo para estabilizar o clima global [2].

Com as queimadas nas florestas, este carbono é liberado para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do solo e do ar devido ao efeito estufa (0,7° C no último século) [1]. Além de ser fonte de grande interesse por atuarem como um importante agente modificador da estrutura da vegetação e transformador da paisagem, entre outras coisas [3].

Para Nespstad et al. [4], o fogo na região Amazônica tem três razões principais de acordo com sua natureza: as “queimadas para desmatamento” que são intencionais e estão associadas à derrubada e à queima de floresta, os “incêndios florestais rasteiros” que são provenientes de queimadas que escapam a controle e invadem florestas primárias ou previamente exploradas para madeira e as “queimadas e os incêndios em áreas já desmatadas” resultante do fogo intencional ou acidental em pastagens, lavouras e capoeiras.

É importante ressaltar que em 2019, ocorreram no Brasil 197.634 focos de queimadas detectados por satélite. Esse número foi 48% maior do que o ano de 2018 (132.872). Na Amazônia Legal ocorreram 89.178 focos (45,1%) e o Estado do Pará foi o segundo estado com o maior número de focos (30.166/15,3%), estando somente atrás do Estado do Mato Grosso com 31.169/15,8% focos (<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>).

Os estudos de focos de queimadas estão aliados as variáveis ambientais, pois as mesmas desempenham um

grande potencial e um importante papel na ocorrência de incêndios [5,6]. Nesse contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com dados oriundos de sensoriamento remoto, podem proporcionar uma visão geral da distribuição temporal, espacial e identificar padrões dos incêndios florestais em diferentes escalas, assim como relacionar fatores ambientais relevantes [7].

Portanto o objetivo do estudo foi analisar a distribuição espacial dos focos de queimadas e desmatamento no estado do Pará e a sua relação com variáveis meteorológicas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado do Pará, que apresenta uma área territorial de 1.245.759,3km<sup>2</sup>, com população estimada em 2019 de 8.602.865 pessoas, densidade demográfica 6,07 hab/km<sup>2</sup> [8].

O Pará foi dividido em 6 mesorregiões, 22 microrregiões, que por sua vez abrangiam 144 municípios ([https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269\\_1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf)).

Os limites de município, estado e país foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<http://www.ibge.gov.br/>).

Os dados de focos de queimadas nos municípios do Pará em 2019 foram obtidos do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>).

Os dados de desmatamento foram obtidos do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - PRODES do site do INPE (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>).

Os dados meteorológicos (precipitação e temperatura) foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br>).

As análises espaciais foram realizadas no software ArcGIS Desktop versão 10.4 (<https://www.arcgis.com/>).

## 3. RESULTADOS

O Pará apresentou no ano de 2019 o total de 30.165 focos de queimadas (Figura 1). A Tabela 1 lista os dez municípios do Pará com os números de focos. Somente os municípios de Ananindeua e Marituba não apresentaram foco de queimadas durante o ano de 2019.

Segundo dados do Projeto PRODES do ano de 2019, Altamira liderou o ranking municipal de desmatamento do Estado do Pará em 2019. Os municípios que apresentaram maiores quantidades de focos de queimadas estão em sua maioria situados em áreas que ocorreram desmatamento em 2019. Na Tabela 2 é possível observar que os municípios que obtiveram maiores focos de queimadas também apresentaram altos índices de desmatamento.

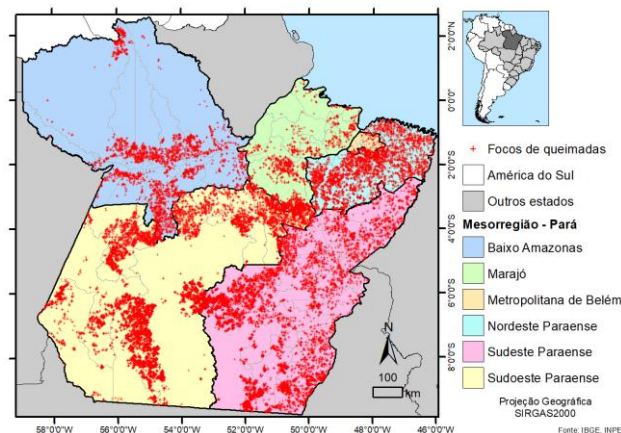


Figura 1 - Distribuição espacial dos focos de queimadas no Pará em 2019.

Classificação	Municípios	Focos
1	Altamira	3.803
2	São Felix do Xingu	3.784
3	Novo Progresso	2.002
4	Itaituba	1.268
5	Pacajá	1.095
6	Portel	934
7	Jacareacanga	667
8	Santana do Araguaia	598
9	Trairão	572
10	Santa Maria das Barreiras	557
<b>Total</b>		<b>15.280</b>

Tabela 1 - Municípios do Pará com o maior número de focos de queimadas em 2019.

Municípios	Focos de queimadas	Polígonos de desmatamento (km <sup>2</sup> )
Altamira	3.803	372
São Félix do Xingu	3.784	320
Novo Progresso	2.002	153
Jacareacanga	667	74
Placas	452	20

Tabela 2 - Focos de queimadas e polígonos de desmatamento.

A Figura 2 mostra a sobreposição dos focos de queimadas sobre polígonos de desmatamento e observa-se a formação de uma “Área de Queimadas” que são justamente os cinco municípios da Tabela 2. Também se observa na Figura 2 que os maiores índices de desmatamento ocorreram nas mesorregiões do Sudoeste (6) e Sudeste Paraense (5).

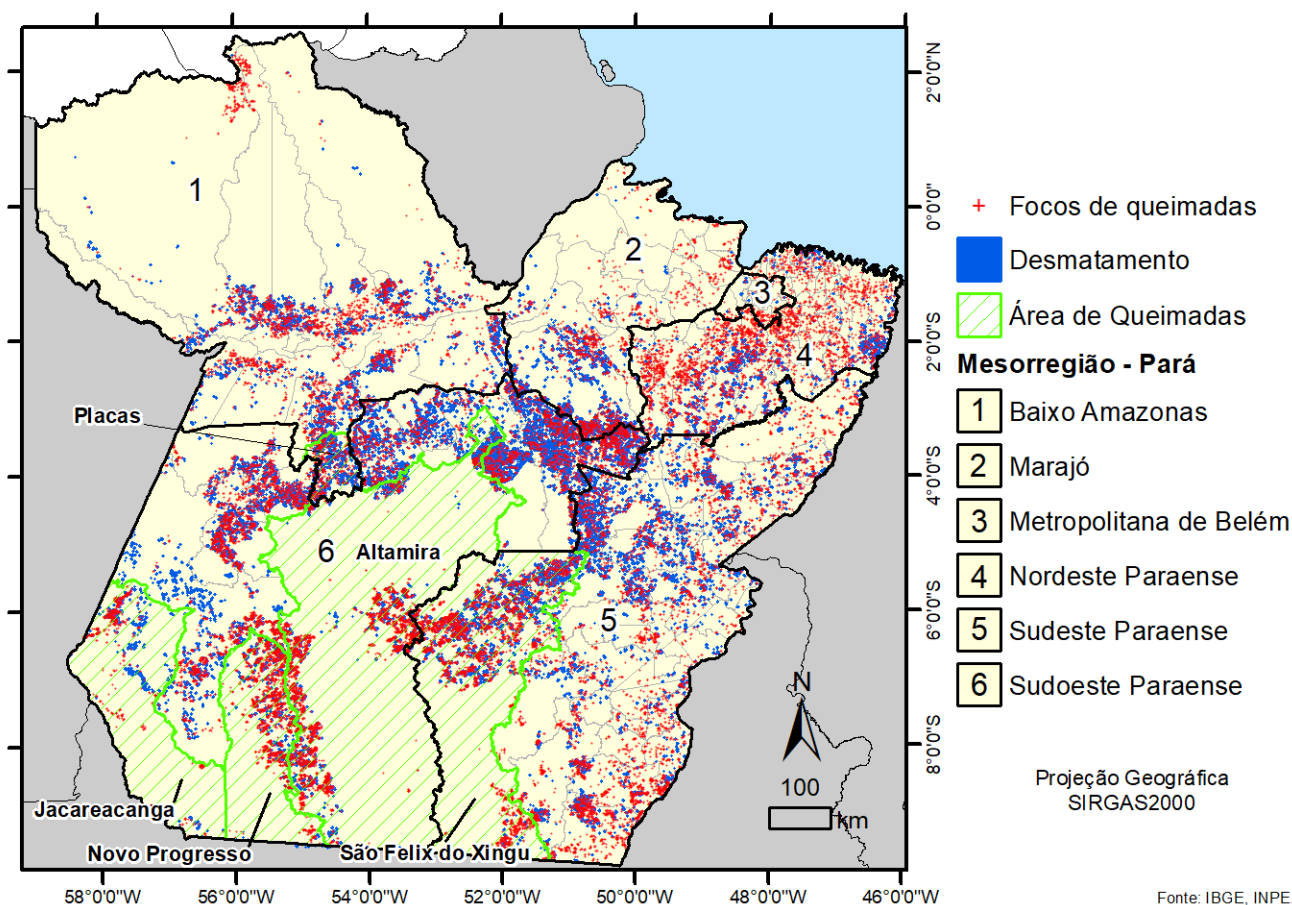


Figura 02 - Mapa de Focos de queimada e polígonos de desmatamento.

Fonte: IBGE, INPE.

As médias das variáveis temperatura e precipitação podem ser visualizadas na Tabela 3. Logo, foi possível observar que no primeiro trimestre do ano a temperatura e as queimadas diminuíram, enquanto a precipitação aumentou. No segundo trimestre a precipitação começa a diminuir lentamente, e a temperatura e as queimadas começam a se elevar, e tal comportamento segue até o terceiro trimestre. Porém no quarto trimestre no mês de outubro as queimadas apresentaram uma grande redução e verifica-se um pequeno aumento na precipitação neste mês, apesar da temperatura não demonstrar redução.

#### 4. DISCUSSÃO

A Tabela 1 lista os dez municípios do Pará com os números de focos. Além disso, foi possível constatar que a soma dos dez municípios mais atingidos corresponde a um percentual superior a 50% do número total de focos.

O ano de 2019 fechou com um aumento de 30% no número de queimadas registradas na Amazônia, em comparação a 2018, segundo dados finais do INPE [9]. Nessa década, 2019 foi o terceiro ano como maior número de focos de queimadas.

Meses	Precipitação média	Temperatura média	Queimadas
Janeiro	164,90	26,75	354
Fevereiro	259,71	27,49	80
Março	287,81	25,73	46
Abril	379,18	25,74	38
Mai	341,92	25,91	80
Junho	224,29	26,29	315
Julho	97,07	26,44	1.443
Agosto	62,49	26,34	10.185
Setembro	42,77	26,98	4.618
Outubro	48,09	27,60	3.870
Novembro	107,26	26,84	7.193
Dezembro	116,39	26,97	1.745

Tabela 3 – Tabela de precipitação, temperatura média e queimadas por mês (2019).

Os municípios que apresentaram as maiores quantidades de focos de queimadas e polígonos de desmatamento estão



localizados entre as mesorregiões do Sudeste Paraense e Sudoeste Paraense e coincidem em sua maioria com os focos de queimadas de 2005 (São Feliz do Xingu, Altamira, Santana do Araguaia, Marabá e Novo Progresso), 2010 (Tomé-Açu, São Domingos do Capim, Xinguara, Altamira, Santa Luzia do Pará, Santa Maria do Pará e Nova Timboteua) e 2015 (São Felix do Xingu, Altamira, Itaituba e Novo Progresso) identificados por Santos et al. [10] no Pará.

Nesse estudo, observa-se que os focos de queimadas apresentam diminuição nos períodos com maior precipitação e aumento nos períodos menos chuvosos. Além disso, a maior ocorrência de focos ocorreu entre julho a dezembro, resultado semelhante foi obtido no Pará, no ano de 2015, por Santos et al. [11].

Esse comportamento ambiental está relacionado segundo Trollope et al. [12] com a influência da precipitação no teor de umidade da vegetação e consequentemente a diminuição de incêndios. Porém, o risco de incêndios aumenta com a falta de chuva aliada a queda de folhas pelo estresse hídrico [13].

## 5. CONCLUSÕES

As análises dos focos de queimada nos municípios do Pará, identificaram que no período menos chuvoso há um forte aumento dos focos de queimadas e polígonos de desmatamento em relação ao período mais chuvoso. Isso demonstra que com a diminuição das precipitações os municípios do Pará se tornam mais vulneráveis às queimadas.

Estima-se que os focos de queimadas ocasionaram grande parte do desmatamento nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste Paraense, uma vez que os polígonos de desmatamento em grande maioria apresentavam pequenas e grandes quantidades de focos de queimadas.

Diante o exposto, verifica-se a importância e eficácia do uso das geotecnologias para analisar os problemas ambientais, observa-se ainda que o estudo foi de grande relevância para o estado, levando em consideração os problemas causados à saúde e ao meio ambiente que as queimadas geram, demonstrando a necessidade de atitudes que minimizem as queimadas no Pará.

## AGRADECIMENTOS

Ao INPE pela disponibilização dos dados e ao programa de bolsa de PIBIC do IEC/CNPq (Cleyci N Fernandes - processo nº 146608/2020-8).

## 6. REFERÊNCIAS

[1] IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia). *Castilha: A importância das florestas em pé na Amazônia*, 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/a-importancia-das-florestas-em-pe/>. Acesso em: 06 de maio de 2020.

[2] P. M. Brando, L. Paolucci, C. C. Ummenhofer, E. M. Ordway, H. Hartmann, M. E. Cattau, L. Rattis, V. Medjibe, M. C. Coe, and J. Balch. Droughts, Wildfires, and Forest Carbon Cycling: A Pan-

tropical Synthesis, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 47:555-581, 2019.

- [3] L. M. Coutinho. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal*, 44:7-23, 1980.
- [4] D. C. Nepstad, A. Moreira, and A. A. Alencar. *A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia*. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil. 1999.
- [5] L. Martini, F. Deppe, and M. Lohmann. Avaliação temporal de focos de calor no estado do Paraná (1999 a 2006). In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, *Anais...* Florianópolis-SC, INPE, 4477-4484, 2007. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.33/doc/4477-4484.pdf>. Acesso em: 05 de outubro de 2020.
- [6] T. Zumbunnen, G. B. Pezzatti, P. Menéndez, H. Bugmann, M. Bürgi, and M. Conedera. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland, *Forest Ecology and Management*, 261:210-219, 2011.
- [7] A. A. Pereira, D. A. Barros, F. W. A. Junior, J. A. A. Pereira, and A. A. Reis. Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da função K de Ripley, *Scientia Forestalis*, 41:445-455, 2013.
- [8] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades@*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/>. Acesso em: 05 de junho de 2022.
- [9] INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios*, 2019. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 05 de outubro de 2020.
- [10] K. S. Santos, D. D. Silva, and R. J. P. S. Guimarães. Análise multitemporal de focos de queimadas e variáveis climáticas, no estado do Pará, *Rev. Geogr. Acadêmica*, 14:118-133, 2020.
- [11] K. S. Santos, D. D. Silva, T. F. P. L. Guimarães, C. P. Catete, A. R. Gomes, and R. J. P. S. Guimarães. Análise espacial dos focos de queimadas no estado do Pará, no período de 2015. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, *Anais...* Santos-SP, INPE, 3431-3438, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/papers/analise-espacial-dos-focos-de-queimadas-no-estado-do-para-no-periodo-de-2015>. Acesso em: 05 de outubro de 2020.
- [12] W. S. W. Trollope, C. De Ronde, and C. J. Geldenhuys. Fire Behaviour. In: J. G. Goldammer; C. Ronde (Eds). *Wildland fire management handbook for Sub-Saharan Africa*. Alemanha: Frieberg University, 2004.
- [13] D. Nepstad, P. Lefebvre, U. L. Silva, J. Tomasella, Schlesinger, L. Solórzano, P. Moutinho, R. Ray, and J. G. Benito. Amazon drought and its 781 implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis, *Global Change Biology*, 10:704-717, 2004.