2026 contecc
CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA

GEOTECNOLOGIAS NO MONITORAMENTO DE FOCOS DE CALOR E DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO AMAPÁ

RONALDO BENEDITO DE SOUZA[1], PEDROR VICTTOR COELHO DE SOUZA[2]

[1] Doutorando em Estudos de Fronteira PPGEF pela UNIFAP; Me. Desenvolvimento Regional; Esp. Georreferenciamento e Geoprocessamento; Eng. Florestal, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Rod. Josmar Chaves Pinto, km 02, Jardim Marco Zero, Macapá-AP, CEP 68903-419, ronaldoibama@gmail.com;
[2] Acadêmico em Eng. da Informática pela Universidade Lusófona, Campo Grande, 376, 1749-024 Lisboa, Portugal, pedrorsouza2006@gmail.com;

RESUMO: As Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS) são fundamentais para conciliar conservação ambiental e utilização sustentável dos recursos naturais. Entretanto, focos de calor e desmatamento evidenciam pressões antrópicas que podem comprometer a integridade dessas áreas. O estudo analisou a dinâmica espaço-temporal desses fenômenos em seis UCUS estaduais e federais do Amapá, entre 2020 e 2024, utilizando dados do BDQueimadas/INPE, PRODES, SEMA/AP e MapBiomas, integrados por técnicas de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica e densidade Kernel. Foram identificados 1.131 focos de calor, dos quais 804 (71,1%) ocorreram na Reserva Extrativista do Rio Cajari e 277 na Floresta Estadual do Amapá. O desmatamento acumulado atingiu aproximadamente 99 km² segundo o PRODES e 131,14 km² conforme a SEMA/AP. Os resultados evidenciaram distribuição espacial heterogênea e maior concentração dos eventos em áreas submetidas a pressões antrópicas. Conclui-se que a integração de geotecnologias e bases oficiais constitui ferramenta estratégica para identificar áreas prioritárias e subsidiar o monitoramento e a gestão ambiental das UCUS do Amapá.
PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto; Análise espacial; Densidade Kernel; Gestão ambiental; Pressões antrópicas.

GEOTECHNOLOGIES FOR MONITORING HEAT SPOTS AND DEFORESTATION IN CONSERVATION UNITS OF AMAPÁ

ABSTRACT: Sustainable Use Conservation Units (SUCUs) play an important role in reconciling environmental conservation with the sustainable use of natural resources. However, heat spots and deforestation indicate anthropogenic pressures that may compromise these protected areas. This study analyzed the spatio-temporal dynamics of these phenomena in six State and Federal SUCUs in Amapá, Brazil, from 2020 to 2024, using data from BDQueimadas/INPE, PRODES, SEMA/AP, and MapBiomas integrated through Remote Sensing, Geographic Information Systems, and Kernel Density Estimation. A total of 1,131 heat spots were identified, of which 804 (71.1%) occurred in the Rio Cajari Extractive Reserve and 277 in the Amapá State Forest. Cumulative deforestation reached approximately 99 km² according to PRODES and 131.14 km² according to SEMA/AP. Spatial analysis revealed a heterogeneous distribution and greater concentration of events in areas subjected to anthropogenic pressures. The integration of geotechnologies and official databases proved to be a strategic tool for identifying priority areas and supporting environmental monitoring and management of protected areas in Amapá.
KEYWORDS: Remote sensing; Spatial analysis; Kernel density; Environmental management; Anthropogenic pressures.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, o avanço do desmatamento, das queimadas e de outras mudanças na cobertura vegetal compromete a biodiversidade, a regulação climática e o armazenamento de carbono (Gatti et al., 2021; Flores et al., 2024). No Amapá, apesar da elevada proporção de áreas protegidas e cobertura florestal preservada, esses eventos apresentam distribuição heterogênea e refletem diferenças de ocupação, acessibilidade e uso da terra. As Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS), integrantes do SNUC, instituído pela Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000), também estão sujeitas a essas pressões.

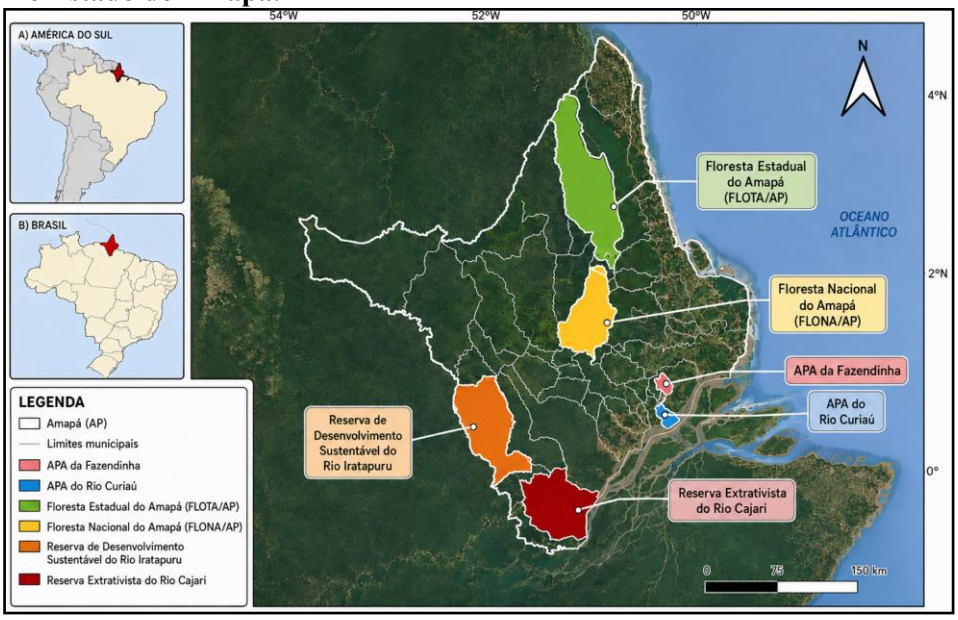
O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem integrar bases ambientais e analisar a distribuição espaço-temporal de eventos em extensas áreas amazônicas (Câmara et al., 2001). A estimativa de densidade Kernel representa ocorrências pontuais em superfícies contínuas, facilitando a identificação de concentrações e áreas críticas (Câmara & Carvalho, 2004). Assim, a integração de BDQueimadas/INPE, PRODES, SEMA/AP e MapBiomas oferece subsídios ao monitoramento, à fiscalização e ao planejamento territorial.

Diante desse contexto, o estudo objetivou analisar a dinâmica espaço-temporal dos focos de calor e do desmatamento nas UCUS estaduais e federais do Amapá, entre 2020 e 2024, utilizando geotecnologias para identificar padrões e subsidiar estratégias de gestão ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas Unidades de Conservação Estaduais e Federais de Uso Sustentável do Estado do Amapá, compreendendo a **Floresta Estadual do Amapá, Área de Proteção Ambiental da Fazendinha, Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú, Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Iratapuru, Floresta Nacional do Amapá e Reserva Extrativista do Rio Cajari**, considerando o período de 2020 a 2024 (Figura 1).

Figura 1 – Localização das Unidades de Conservação Estaduais e Federais de Uso Sustentável analisadas no Estado do Amapá.



Fonte: IBGE; ICMBio; SEMA/AP. Elaborado pelo autor.

Os limites territoriais e as bases cartográficas foram obtidos junto à SEMA/AP, ao ICMBIO (2024) e ao IBGE (2021). Os focos de calor registrados entre janeiro de 2020 e dezembro de 2024 foram extraídos do BDQueimadas/INPE; para o desmatamento, utilizaram-se o PRODES/INPE (INPE, 2025b) e a SEMA/AP (AMAPÁ, 2025), complementados pela Coleção 10 do MapBiomas (MAPBIOMAS, 2025). Todas as bases foram padronizadas no sistema SIRGAS 2000.

No QGIS 3.28, realizaram-se recorte, interseção, sobreposição e cálculo de áreas. Os registros foram organizados por ano e por UCUS e sistematizados em tabelas para análise estatística descritiva. A densidade Kernel, aplicada aos registros do satélite Aqua, permitiu identificar agrupamentos e áreas críticas (Câmara & Carvalho, 2004). Os produtos foram analisados em conjunto com o desmatamento e a cobertura e o uso da terra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2020 a 2024 foram registrados 6.982 focos de calor no Estado do Amapá, com maior ocorrência em 2023 e 2024. No interior das seis Unidades de Conservação de Uso Sustentável

analisadas foram identificados **1.131 focos**, cuja distribuição apresentou forte heterogeneidade espacial e temporal (Tabela 1). A RESEX Rio Cajari concentrou 804 registros (71,1% do total), seguida pela FLOTA/AP, com 277 (24,5%). Juntas, essas duas unidades responderam por aproximadamente **95,6% dos focos registrados nas UCUS estudadas**, evidenciando concentração das ocorrências em áreas específicas do território.

Tabela 1 – Focos de calor nas Unidades de Conservação de Uso Sustentável do Amapá, 2020–2024.

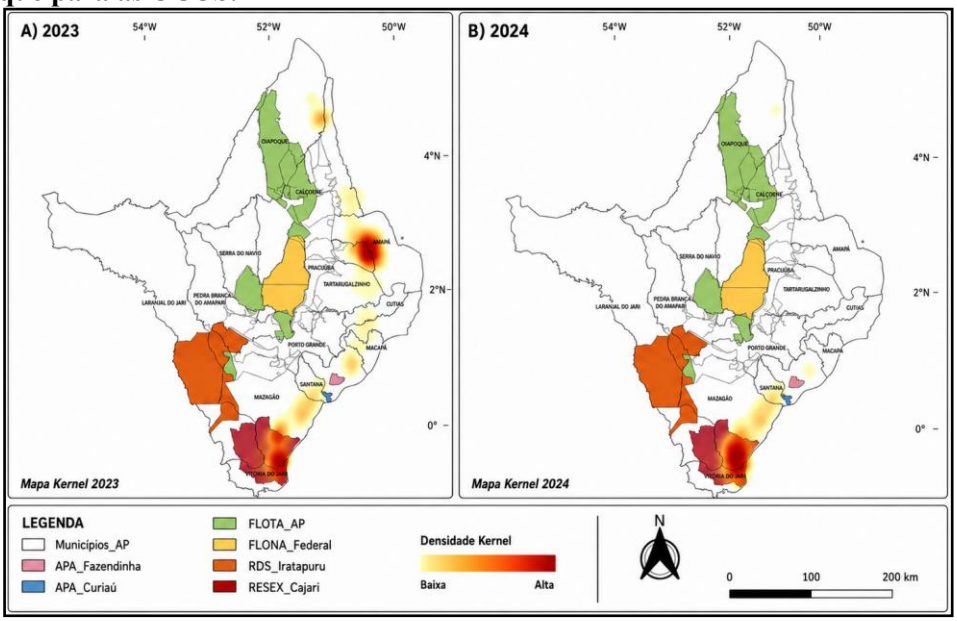
UCUS	2020	2021	2022	2023	2024	Total
APA Fazendinha	0	0	0	0	0	0
APA Rio Curiaú	6	2	10	16	14	48
FLOTA do Amapá	46	34	53	90	54	277
RDS Rio Iratapuru	0	0	0	0	1	1
FLONA do Amapá	0	0	0	1	0	1
RESEX Rio Cajari	58	43	100	246	357	804
Total	**110**	**79**	**163**	**353**	**426**	**1.131**

Fonte: INPE – BDQueimadas (2025a). Elaborada pelo autor.

A partir de 2022 ocorreu aumento expressivo dos focos. Na RESEX Rio Cajari, os registros passaram de 58, em 2020, para 357, em 2024 (aumento de 515,5%). Na FLOTA/AP, atingiram 90 em 2023 e recuaram para 54 em 2024. A APA Fazendinha não apresentou ocorrências, enquanto a RDS Rio Iratapuru e a FLONA do Amapá registraram um foco cada, evidenciando vulnerabilidade desigual e a necessidade de priorização territorial das ações de prevenção e fiscalização.

A densidade Kernel revelou concentrações nas regiões leste e norte entre 2020 e 2022, com influência sobre áreas próximas à FLOTA/AP. Em 2023 ocorreu a maior intensidade espacial da série, com núcleos junto à FLOTA/AP e à RESEX Rio Cajari. Em 2024, a principal concentração deslocou-se para o sul do estado, entre Mazagão e Vitória do Jari, nas proximidades da RESEX Rio Cajari e da RDS Rio Iratapuru (Figura 2).

Figura 2 – Síntese da densidade Kernel dos focos de calor no Estado do Amapá em 2023 e 2024, com destaque para as UCUS.



Fonte: INPE – BDQueimadas (2025a); IBGE; ICMBio; SEMA/AP. Elaborada pelo autor.

A concentração de eventos nos limites e no entorno das UCUS demonstra que a proteção jurídica, isoladamente, não elimina pressões territoriais adjacentes e reforça a importância de considerar acessibilidade, ocupação e uso da terra na gestão. Koproski et al. (2011) também associam o fogo e as pressões de ocupação a ameaças aos processos ecológicos de unidades de conservação e seus entornos.

Entre 2020 e 2024, o PRODES registrou 99 km² de desmatamento, enquanto a SEMA/AP identificou 131,14 km², diferença relacionada aos critérios e às escalas de detecção. Na FLOTA/AP foram mapeados 15,67 km² pelo PRODES e 15,72 km² pela SEMA/AP; na RESEX Rio Cajari, respectivamente, 13,31 km² e 16,88 km², confirmando essas unidades entre as mais pressionadas.

A coincidência espacial entre focos de calor e desmatamento na FLOTA/AP e na RESEX Rio Cajari sugere associação entre os processos, sem que focos de calor sejam interpretados automaticamente como incêndios ou áreas desmatadas. A análise conjunta permite definir áreas prioritárias para investigação. Em contraste, a FLONA do Amapá não apresentou desmatamento no PRODES, registrou apenas 0,1 km² na SEMA/AP e um foco de calor no quinquênio.

O MapBiomas registrou, no Amapá, redução de 6.533 ha de Formação Florestal e aumentos de 26.328 ha de Pastagem, 2.289 ha de Mineração e 5.414 ha de Soja. Na FLOTA/AP, a Formação Florestal diminuiu cerca de 1.297 ha, enquanto a Pastagem cresceu 2.165 ha e a Mineração, 446 ha, indicando transformação progressiva da paisagem e diversificação das pressões de uso da terra.

A integração das bases confirmou RESEX Rio Cajari e FLOTA/AP como áreas prioritárias, embora com dinâmicas distintas. O emprego combinado de BDQueimadas, PRODES, SEMA/AP, MapBiomas e Kernel permitiu reconhecer padrões não evidentes na análise isolada e reforçou a utilidade dos SIG para subsidiar estratégias territorialmente direcionadas de prevenção e controle (Lopes & Reuss-Strenzel, 2015).

CONCLUSÃO

A análise espaço-temporal demonstrou que os focos de calor e o desmatamento apresentam distribuição heterogênea nas Unidades de Conservação de Uso Sustentável do Estado do Amapá. A **RESEX Rio Cajari e a FLOTA/AP concentraram os maiores níveis de pressão ambiental**, destacando-se como áreas prioritárias para ações de monitoramento, prevenção e fiscalização.

A aplicação da densidade Kernel evidenciou alterações importantes na distribuição espacial dos focos de calor entre 2020 e 2024, com intensificação das ocorrências em diferentes porções do território e deslocamento das principais concentrações para o sul do estado em 2024. A análise integrada também revelou coincidência espacial entre áreas com maiores registros de focos de calor e desmatamento, indicando a necessidade de acompanhamento conjunto desses fenômenos.

Os dados do PRODES, SEMA/AP e MapBiomas confirmaram a continuidade das transformações na cobertura e uso da terra, especialmente nas unidades mais pressionadas. Nesse contexto, a integração de diferentes bases geoespaciais permitiu identificar padrões ambientais que não seriam plenamente reconhecidos por análises isoladas.

Conclui-se que o uso combinado de **Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, BDQueimadas, PRODES, SEMA/AP, MapBiomas e análise Kernel** constitui ferramenta estratégica para o monitoramento das UCUS do Amapá, fornecendo subsídios técnicos para a gestão territorial, prevenção de queimadas, controle do desmatamento e definição de áreas prioritárias para políticas públicas ambientais.

REFERÊNCIAS

AMAPÁ. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA**. Boletim do Desmatamento no Estado do Amapá: 2024. Macapá: SEMA, 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 19 jul. 2000.

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (org.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

Câmara, G.; Carvalho, M. S. **Análise espacial de eventos.** In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A. M. V. (org.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. cap. 2.

Flores, B. M.; Montoya, E.; Sakschewski, B.; Nascimento, N.; Staal, A.; Betts, R. A.; Levis, C.; Lapola, D. M.; Esquível-Muelbert, A.; Jakovac, C.; Nobre, C. A.; Oliveira, R. S.; Borma, L. S.; Nian, D.; Boers, N.; Hecht, S. B.; ter Steege, H.; Arieira, J.; Lucas, I. L.; Berenguer, E.; Marengo, J. A.; Gatti, L. V.; Mattos, C. R. C.; Hirota, M. **Critical transitions in the Amazon forest system.** Nature, v. 626, n. 7999, p. 555-564, 2024. DOI: 10.1038/s41586-023-06970-0.

Gatti, L. V.; Basso, L. S.; Miller, J. B.; Gloor, M.; Domingues, L. G.; Cassol, H. L. G.; Tejada, G.; Aragão, L. E. O. C.; Nobre, C.; Peters, W.; Marani, L.; Arai, E.; Sanches, A. H.; Corrêa, S. M.; Anderson, L.; Von Randow, C.; Correia, C. S. C.; Crispim, S. P.; Neves, R. A. L. **Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change.** Nature, v. 595, p. 388-393, 2021. DOI: 10.1038/s41586-021-03629-6.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base Cartográfica, escala 1:250.000, versão 2021.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/basescartograficas/#/home. Acesso em: 17 jul. 2026.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Mapa temático e dados geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais.** Brasília, DF: ICMBio, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/dados-icmbio/dados_geoespaciais. Acesso em: 20 jun. 2026.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas: Banco de Dados de Queimadas – BDQueimadas.** São José dos Campos: INPE, 2025a. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/. Acesso em: 20 jun. 2026.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES: Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** São José dos Campos: INPE, 2025b. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/. Acesso em: 20 jun. 2026.

Koproski, L.; Ferreira, M. P.; Goldammer, J. G.; Batista, A. C. **Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR).** Floresta, v. 41, n. 3, p. 551-562, 2011. DOI: 10.5380/rf.v41i3.24049.

Lopes, E. R. N.; Reuss-Strenzel, G. M. **Geoprocessamento aplicado à caracterização da ocupação de unidades de conservação: um olhar sobre a Área de Proteção Ambiental de Guaibim, Bahia, Brasil.** Revista de Geografia - UFPE, v. 32, n. 3, p. 46-59, 2015.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. Coleção 10.** 2025. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/produtos/?category=maps. Acesso em: 16 jun. 2026.