USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA O COMBATE AO DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ

Jeremias Vitório Pinto Feitosa [1], Nelton Cavalcante da Luz [1], Nicole Rodrigues de Magalhães [1], Daniele Alencar Gonçalves[1], Ronise Rafaelle Mendonça Arraes [1], Alcione Ferreira Pinheiro [1], Rita de Cássia de Morais Franco [1], Lucas Silva Rocha [1], Angelo Bruno Batalha Silva [1], Walber Roberto Guimarães Torres [1], Luis Waldyr Rodrigues Sadeck [1]

[1] INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Coordenação Espacial da Amazônia – Av. Perimetral, 2651 – Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá – Belém/PA – 66077-830, Brasil.

[1]jeremiasvitorio@gmail.com; [1]neltonluz@gmail.com; [1]nicole.magalhaes@inpe.br; [1]danielealencarap@gmail.com; [1]ronisearraes@hotmail.com; ; [1]alcione.pinheiro01@gmail.com; [1]ritafrancodende@gmail.com; [1]lucasrocha.ufpa@gmail.com; [1]angelosilvageo@gmail.com; [1]torres_walber@hotmail.com; [1]sadeckgeo@gmail.com;

RESUMO

Este trabalho identifica as áreas do estado do Pará, com os maiores índices de concentração e intensidade de degradação e desmatamento florestal, utilizando a técnica de geração e análise de mapas de estimativa de densidade kernel. Para tanto, foram utilizados os dados do projeto DETER Amazônia que consiste no monitoramento do desmatamento via satélite, referente a agosto de 2023 a julho de 2024. Disponibilizados pela plataforma TerraBrasilis, ambos desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os resultados apontam que os padrões de desmatamento apresentam uma dinâmica que se intensifica em áreas protegidas e territórios indígenas, além da concentração do desmatamento corte raso ao longo das rodovias federais. Destaca-se que o presente estudo pode contribuir na formação de subsídios e no suporte para definição de áreas prioritárias no combate ao desmatamento.

Palavras-chave *— bioma Amazônia, Estado do Pará, desmatamento, estimativa de densidade.*

ABSTRACT

This work identifies the areas in the state of Pará, with the highest rates of concentration and intensity of forest degradation and deforestation, using the technique of generating and analyzing kernel density estimation maps. To this end, data from the DETER Amazônia project was used, which consists of monitoring deforestation via satellite, covering August 2023 to July 2024. Made available by the TerraBrasilis platform, both developed by the National Institute for Space Research (INPE). The results indicate that deforestation patterns present a dynamic that intensifies in protected areas and indigenous territories, in addition to the concentration of clear-cut deforestation along federal highways. It is noteworthy that the present study can contribute to the formation of subsidies and support for defining priority areas in the fight against deforestation.

Key words — *Amazon biome, Pará state, deforestation, density estimate.*

1. INTRODUÇÃO

O estado do Pará, inserido no Bioma Amazônia (BA), possui indicadores alarmantes no que concerne as práticas de desmatamento, queimadas e atividades de mineração, contribuindo para que o estado ocupe posição de destaque entre os que mais sofrem com a perda de cobertura florestal primária, a partir de ações antrópicas, como aponta o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [2].

Analisando os dados fornecidos pelo sistema de monitoramento do desmatamento em tempo quase real via satélite (DETER AMAZÔNIA), tendo como recorte temporal agosto de 2023 a julho de 2024, identificou-se que as intervenções na floresta obedecem a dinâmicas que sinalizam padrões de comportamento espacial que evidenciam danos de forma mais concentrada [2].

Dentre as inúmeras técnicas de representação espacial de estimativa de densidade, [3] dos tipos de danos identificados que ocorrem na região [2], adotou-se a caracterização separando-os em categoria ou classe, de modo a evidenciar a concentração e a direção do decréscimo gradual dos pontos mais afastados dos impactos.

Desta forma, objetiva-se identificar os padrões de desmatamentos predominantes, a partir disso, obtendo uma análise refinada para a identificação de áreas que podem ser classificadas como prioritárias nas ações de combate e controle do desmatamento. Isto, através da geração e análise dos mapas de estimativa de densidade Kernel, sendo estes produtos indispensáveis para conservação ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O bioma Amazônia, enquanto bioma mais extenso do Brasil (Figura 1), com cerca de 4,2 milhões de km², cobrindo aproximadamente 49,5% do território brasileiro. Compondo quase toda a região Norte do país (93,2%), se distribui inteiramente nos estados do Amazonas, Roraima, Acre e Amapá, quase todo o Pará e Rondônia e parte dos estados de Mato Grosso, Maranhão e Tocantins [4]. Reconhecido por sua rica biodiversidade, o Pará destaca-se tanto por sua vasta extensão territorial quanto pelo papel estratégico na conservação ambiental, sendo um dos principais focos nas iniciativas de combate ao desmatamento na região amazônica.

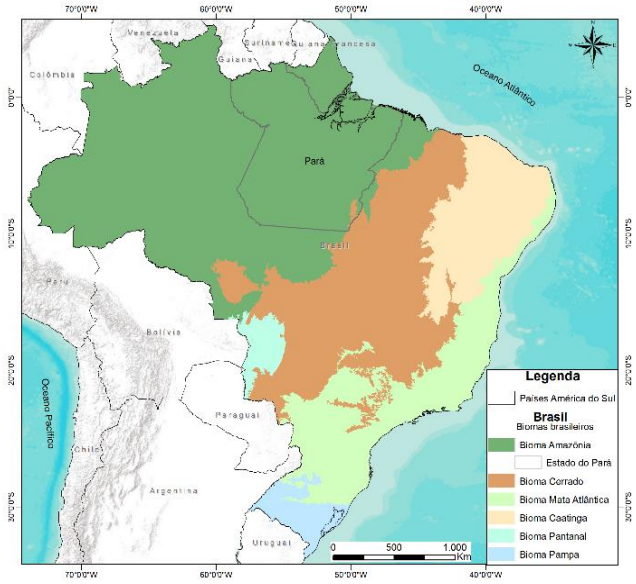


Figura 1. Mapa de localização do Brasil e seus biomas, com ênfase no estado do Pará, área de estudo neste artigo.

O estado do Pará, reconhecido por sua rica biodiversidade e vasta extensão territorial, possui um papel estratégico tanto na conservação ambiental quanto nas iniciativas de combate ao desmatamento na Amazônia. Em 2024, o Pará permaneceu como um dos estados com maior índice de desmatamento na região, mesmo registrando uma redução de 42% nos alertas em relação ao ano anterior, segundo dados do DETER-AMZ.

2.2 Processamento dos dados

Para a realização da presente pesquisa, foram seguidas as seguintes etapas:

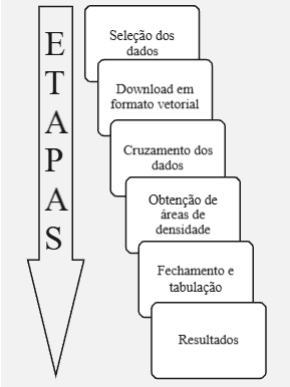


Figura 02. Etapas metodológicas

i. Seleção de dados do Projeto DETER-AMZ para o recorte temporal [2];

ii. Geração de tabelas, cálculos sobre os dados coletados e analisados espacialmente ao longo do ano.

Para o tratamento dos dados e cruzamentos das informações, foi utilizado o aplicativo TerraAmazon [5], enquanto que as análises de áreas e demais cálculos e percentuais foram gerados em aplicativo de edição de planilhas.

Em seguida os dados vetoriais poligonais foram filtrados e individualizados conforme cada classe de alerta de desmatamento identificada pelo DETER-AMZ e convertidos para pontos, para assim gerar as estimativas de densidade kernel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o presente estudo (ago/2023 a jul/2024) foram observados um total de 22.141 polígonos de alertas de desmatamento e degradação pelo projeto DETER-AMZ, distribuídos dentre as sete classes, conforme a Tabela 1. Estas classes representaram 11074,36 km² de área que podem ser associadas aos processos iniciais de desmatamento.

Classe	N° de detecções	Área (km²)
Cicatriz de queimada (CQ)	8509	6227,55
Corte seletivo desordenado	408	874,07
Corte seletivo geométrico	229	580,87
Degradação	2475	1664,58
Desmatamento com vegetação	311	69,03
Desmatamento corte raso (DCR)	9690	1564,72
Mineração (MN)	507	43,52

Tabela 1. Dados registrados pelo projeto DETER-AMZ durante a pesquisa para a região de estudo.

Ressalta-se que os mapas de densidade foram gerados para as classes individualizadas de CQ, DCR e MN, pois levou-se em consideração a representação e a intensidade dos impactos destas classes, e ao mesmo tempo a importante representação espacial dessas no Estado do Pará.

Os resultados apontam que as áreas onde ocorreu o desmatamento são mais comumente encontradas ao longo das rodovias federais como demonstrado na figura 3. E também um pico de ocorrências no centro do estado.

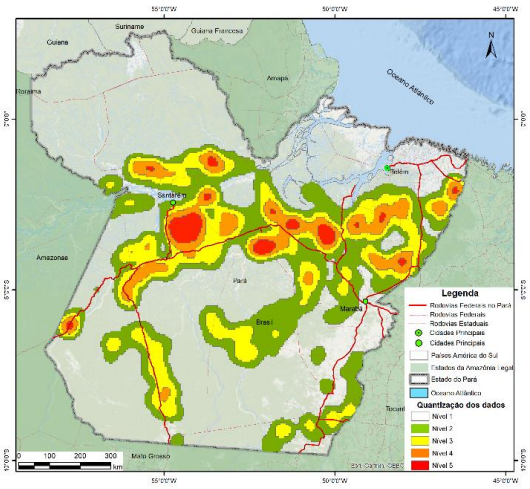


Figura 3. Mapa de estimativa de densidade da classe Desmatamento.

Na figura 4 estão demonstrados os dados de densidade da classe queimada, mostrando que as principais ocorrências na porção norte do estado, com um pico entre a rodovia transamazônica e o município de Santarém, evidenciando que essa região tem passado por episódios de queima recorrentes.

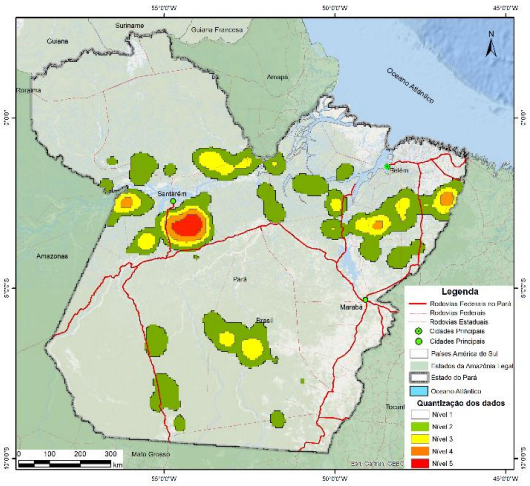


Figura 4. Mapa de estimativa de densidade da classe Queimada.

O mapa de densidade da classe de degradação tem um pico maior ao norte da rodovia transamazônica, com significativa observação entre Belém é Marabá, mas ainda assim segue um padrão bem parecido ao encontrado no mapa de densidade de desmatamento, provando que os processos de degradação e extração seletiva da floresta, são os processos iniciais que culminam com o desmatamento corte raso, como é observado na figura 5.

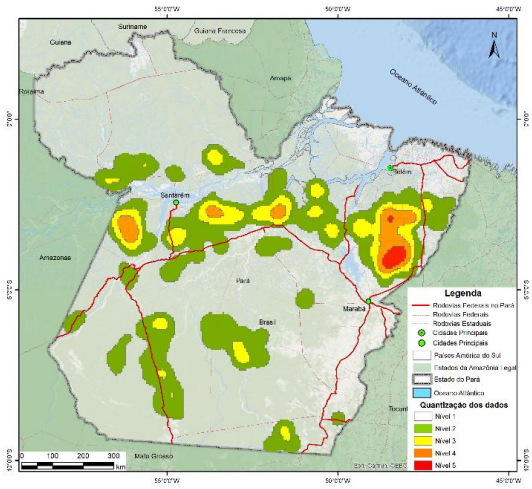


Figura 5. Mapa de estimativa de densidade das classes de degradação e cortes seletivos.

O mapa de densidade apresentado na figura 6, mostra os dados da classe mineração que concentra as ocorrências em três regiões bem distribuídas dentro dos limites do estado do Pará. Uma região no extremo oeste do estado, onde há um grande empreendimento mineral entre os municípios de Oriximiná e Terra Santa, mostrando que esse empreendimento tem crescido. Outra região que mostra ocorrências um pouco menores, é a região de Carajás, a oeste de Marabá, onde estão os projetos relacionados à empresa Vale e outras mineradoras. A região que mostra maior densidade de ocorrências da classe mineração está no extremo noroeste do estado na região dos municípios de Itaituba e Jacareacanga, onde está localizada a província mineral do tapajós com ocorrências de variados minerais de alto valor econômico na forma de aluviões, sendo o principal deles, a ocorrência de ouro, e por este motivo grande atividade mineral garimpeira na região.

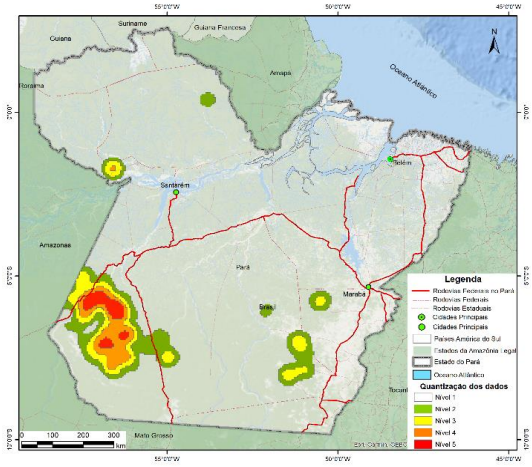


Figura 6. Mapa de estimativa de densidade da classe mineração.

O mapa de densidade compilado de todas as classes de desmatamento mostra um dano considerável em quase todas as porções do estado do Pará desde a região nordeste no limite com o estado do Maranhão seguindo uma direção quase leste – oeste ao longo da rodovia transamazônica até o município

de Itaituba, de onde a BR-163 segue para o sul, e também desviando a direção das ocorrências de desflorestamento. É necessário enfatizar que há uma área bem significativa entre Marabá e a BR-163 que mostra uma densidade de intervenções antrópicas, mesmo esta área sendo uma região de terras indígenas e áreas protegidas no centro do estado, o que sugere que a fiscalização nessa área, se ocorre, não tem diminuído as atividades de desflorestamento.

No extremo noroeste do estado onde o Pará faz fronteira com Roraima, Amapá e alguns países sul-americanos, não houve ocorrência significativa nos dados estudados.

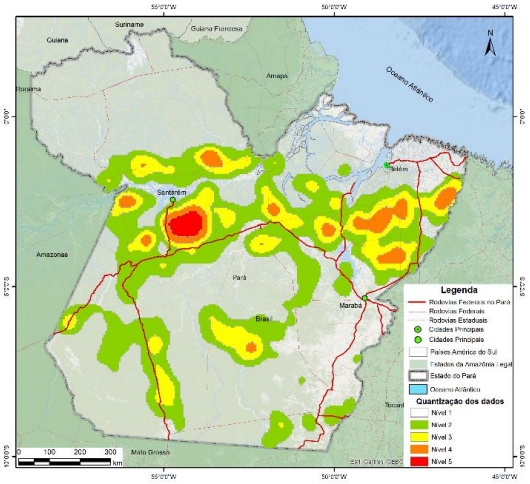


Figura 6. Mapa do estado do Pará com a junção de todas as classes mostrando que os desmatamentos ocorrem, em geral, ao longo das rodovias federais.

O tipo de apresentação de mapas por densidade de ocorrências aqui apresentado facilita e muito a escolha de áreas a serem passíveis de campanhas de fiscalização, e o agrupamento de classes por tipo de dano a ser combatido em cada região do estado, ajuda a escolher áreas mais sensíveis e alvos mais relevantes, que precisam de maior atuação para a preservação, esse tipo de apresentação permite que se faça planejamento de atividades de desflorestamento para os próximos períodos, caso os autores dos danos ainda não tenham sido flagrados Porém, para o grande volume de dados gerados diariamente pelos projetos de monitoramento do bioma Amazônia, o grande entrave é a pequena quantidade de fiscais e materiais estruturais que permitiriam as autuações em tempo hábil.

Os resultados apresentados nos mapas indicam uma intensificação do desmatamento em áreas previamente mapeadas em anos anteriores pelos projetos do Inpe (Deter Amazônia e Prodes), como de alta vulnerabilidade, especialmente em territórios protegidos como no centro do estado. O desmatamento no estado do Pará está associado a uma combinação de fatores, como a expansão rápida da agropecuária, a especulação fundiária e a presença de atividades mineradoras. Embora o Projeto DETER e o portal TerraBrasilis forneçam dados quase em tempo real, a efetividade na atuação do governo para conter o avanço do desmatamento ainda se mostra limitada. Políticas públicas de fiscalização, combate a crimes ambientais e incentivos à preservação precisam ser reforçadas, considerando os riscos de perda irreversível de biodiversidade e impactos socioeconômicos. O sensoriamento remoto, aliado a ferramentas de inteligência geoespacial, se confirma como uma ferramenta vital na identificação e priorização de áreas que exigem intervenção imediata. Sendo a cooperação de órgãos governamentais como uma ferramenta eficaz no combate ao desmatamento.

5. CONCLUSÃO

A dinâmica do desmatamento na Amazônia, especialmente no estado do Pará, apresenta comportamentos específicos que demandam a utilização de técnicas mais refinadas para manipulação dos dados mapeados. Este estudo demonstra a importância da união entre o monitoramento via sensoriamento remoto, através dos dados obtidos pelo Projeto DETER, integrados ao Portal TerraBrasilis, onde permitiu a identificação de áreas críticas com as técnicas de mapeamento de densidade kernel. Desta forma, constituindo na geração de produtos eficazes que possam auxiliar no desenvolvimento de melhores estratégias para o combate e controle do desmatamento. É imperativo que o poder público, em conjunto com a sociedade civil, intensifique os esforços de preservação, principalmente em áreas indígenas e unidades de conservação, que estão sob constante ameaça. Portanto a união destes recursos técnicos consiste numa ferramenta de grande relevância para este tipo atuação.

8. REFERÊNCIAS

[1] Nobre, C. A., Sampaio, G., Borma, L. S., Castilla-Rubio, J. C., Silva, J. S., & Cardoso, M.. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(39), 10759–10768, 2016.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE.. **Sistema DETER: Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/. Acesso em: 10 out. 2024.

[3] Silverman, B. W. SILVERMAN, BERNARD. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. [s.l.] Routledge, 2018.

[4] **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. *Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

[5] **Downloads – TerraAmazon**. Disponível em: http://www.terraamazon.dpi.inpe.br/downloads. Acesso em: 10 out. 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico – CNPq processo 422354/2023-6 (MONITORAMENTO E AVISOS DE MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NOS BIOMAS BRASILEIROS – CAPACITAÇÃO E SEMIAUTOMATIZAÇÃO DO PROGRAMA BIOMASBR), sediado e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Processo de bolsa (302249/2024-9).