

ALERTAS DE DESMATAMENTO NO ESTADO DO PARÁ: MODELOS E PREVISÕES

DEFORESTATION ALERTS IN THE STATE OF PARÁ: MODELS AND FORECASTS

Grupo de Trabalho (GT): GT02 - Agricultura Familiar, Segurança Alimentar e Extrativismo na Amazônia

Iago Gomes Gonçalves – Universidade Federal de Viçosa
e-mail: iago.g.goncalves@ufv.br

Resumo

Este estudo examina os alertas desmatamento na região amazônica do Brasil, especificamente no estado do Pará, no período de 2015 a 2023. O estudo ressalta a relevância do monitoramento remoto, destacando o papel do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) e o uso desses dados para a aplicação de modelos SARIMA para analisar e prever os alertas de desmatamento. Os resultados revelam uma mudança estrutural em 2019 e destacam desafios na precisão das previsões para 2023, sugerindo a possibilidade de novas mudanças estruturais não capturadas pelo modelo. Este estudo contribui para a compreensão do desmatamento na Amazônia, salientando a importância do monitoramento e da modelagem de séries temporais para uso preventivo em políticas de proteção das áreas florestais.

Palavras-chave: Desmatamento. Monitoramento Remoto. Quebras estruturais. SARIMA.

Abstract

This study examines deforestation alerts in the Amazon region of Brazil, specifically in the state of Pará, from 2015 to 2023. The study highlights the relevance of remote monitoring, highlighting the role of the Real-Time Deforestation Detection System (DETER) and the use of these data to apply SARIMA models to analyze and predict deforestation alerts. The results reveal a structural change in 2019 and highlight challenges in the accuracy of forecasts for 2023, suggesting the possibility of further structural changes not captured by the model. This study contributes to the understanding of deforestation in the Amazon, highlighting the importance of monitoring and modeling time series for preventive use in forest protection policies.

Key words: Deforestation. Remote Monitoring. Structural breaks. SARIMA.

1. Introdução

A partir da década de 1970, as políticas ambientais visando o reordenamento do território brasileiro e justificadas sob o argumento de integração nacional, promoveram o avanço da fronteira agrícola para as regiões centro oeste e norte do Brasil (Vanessa Cristina *et al.*, 2020). Conforme Araújo *et al.*, (2019), uma fronteira agrícola corresponde a uma área composta por vegetação natural que passou a enfrentar ocupações intensas de terras relacionadas à agricultura, incluindo a implementação de tecnologias adaptadas às condições locais.

Reydon, Fernandes e Telles (2020) argumentam que o desmatamento é resultado da continuação dos padrões de expansão da fronteira agrícola no Brasil, incluindo ocupações de terras sem direitos de propriedade estabelecidos, extração de madeira, atividades pecuárias e desenvolvimento de formas modernas de agricultura. Ademais, Gandour (2021) denota que a fragilidade dos direitos de propriedade na região contribui para conflitos territoriais e estabelece um cenário favorável à prática de grilagem de terras.

Tyukavina *et al.*, (2017) afirmam que o desmatamento agroindustrial para pastagens, seguido pelo desmatamento florestal em pequena escala e o desmatamento agroindustrial para terras agrícolas detêm as maiores parcelas do tipo de perda florestal na região da Amazônia Legal. Nesse sentido, nota-se que o crescimento e a ampliação do agronegócio no Brasil resultaram em uma transformação significativa no uso e ocupação do solo na região da fronteira agrícola amazônica a partir dos anos 1980 (Preto *et al.*, (2022).

Atualmente, o desmatamento é um dos principais desafios ambientais na Amazônia e a preservação da vegetação nativa na Floresta Amazônica é condição imperativa para conservação e manutenção do ecossistema florestal. Segundo Gandour (2021), o combate a perda florestal na Amazônia contribui para o enfrentamento a ilegalidade na região, tendo em vista que grande parte do desmatamento é ilegal, resultando em elevados custos produtivos e perda de bem-estar social. Ainda, entre 2004 e 2012, as ações das políticas públicas para combater o desmatamento tiveram um impacto significativo na redução da taxa de desmatamento na Amazônia brasileira, resultando em uma redução de mais de 80% na taxa de desmatamento na região (Inpe, 2023).

Nas últimas duas décadas, o uso de monitoramento remoto para focalizar a aplicação da lei ambiental, foi uma das principais políticas públicas ambientais estabelecidas no Brasil. Com a criação do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) em 2004, o suporte à fiscalização e controle do desmatamento e da degradação ambiental na Amazônia foram aprimorados. Entretanto, em resposta às alterações dos padrões das áreas desmatadas, foi criado o DETER-B, com o intuito de identificar e mapear modificações na cobertura florestal e desmatamentos com área mínima próxima a 3 hectares (Diniz *et al.*, 2015; Inpe, 2023a).

Devido à sua economia historicamente voltada para o extrativismo mineral e vegetal, o estado do Pará se destaca como líder no ranking dos estados da Amazônia Legal com o maior número de avisos de desmatamento emitidos desde 2015, atingindo uma área de aproximadamente 20.676 km^2 (Terra Brasilis, 2023). Em um cenário no qual predominava o desmatamento ilegal em larga escala, o uso de tecnologias de monitoramento remoto oferece um levantamento em tempo quase real de evidências de alterações na cobertura florestal. Dessa forma, tais ferramentas junto a fiscalização são capazes de inibir e conter o avanço do desmatamento em maiores proporções (Tyukavina *et al.*, (2017); Gandour, 2021).

No contexto de combate ao desmatamento se valendo das ferramentas de monitoramento remoto, a aplicação de modelos preditivos com base nos alertas de desmatamento emitidos assume uma importância estratégica, especialmente no curto prazo.

Isso é particularmente relevante à luz dos objetivos originais do DETER, concebido como uma ferramenta de apoio aos órgãos de fiscalização ambiental.

Nesse sentido, a utilização de modelos de séries temporais desempenha um papel fundamental na contenção do avanço do desmatamento, pois esses modelos permitem a identificação de padrões históricos nos dados e aprimoram a precisão das previsões. Além disso, possibilitam uma resposta mais ágil por parte das agências de fiscalização, contribuindo significativamente para a proteção das áreas florestais e a preservação do meio ambiente.

2. Objetivos

O objetivo principal deste estudo consiste em avaliar os alertas de desmatamento no estado do Pará entre 2015 e 2023. Especificamente, esta pesquisa buscou: i) Avaliar o comportamento da série de tempo ao longo dos anos; ii) Selecionar um modelo preditivo da classe ARIMA que melhor se ajusta aos dados dos alertas de desmatamento no estado do Pará e iii) Realizar previsões seis períodos à frente do último valor da amostra, de março a agosto de 2023.

3. Metodologia

Os dados utilizados compreendem a área total (em km^2) do estado do Pará sob alerta de desmatamento. A composição dos dados amostrais é mensal, iniciando em agosto de 2015 até fevereiro de 2023, totalizando 91 observações. A fim de avaliar a qualidade de ajuste do modelo e das previsões, seis observações foram deixadas de fora da amostra, de modo que fosse possível comparar as estimações com os verdadeiros valores correspondentes a cada mês.

Neste estudo, nota-se a presença de padrões sazonais, de modo que o modelo SARIMA se torna o mais adequado, pois permite capturar as variações sazonais ao longo da série. Um dos objetivos da modelagem de séries de tempo diz respeito a previsão de valores futuros, nesse sentido, os modelos da classe ARIMA são especialmente úteis, sobretudo no curto prazo, pois permitem a obtenção de estimativas robustas e facilmente interpretáveis.

Quatro etapas se sucederam a fim de analisar a série de tempo referente aos alertas de desmatamento no estado do Pará: identificação e escolha do modelo, estimação dos parâmetros do modelo, avaliação da qualidade do modelo e realização da previsão.

4. Resultados

A Função de Autocorrelação (FAC) apresenta formato senoide, indicando que há um padrão de autocorrelação periódica na série, isto é, a série possui algum tipo de sazonalidade ou ciclo que se repete em intervalos regulares. Já a Função de Autocorrelação Parcial (FACP) mostra um truncamento na primeira defasagem, indicando a possível ordem do modelo AR.

Como nota-se a presença de sazonalidade, foram especificados modelos do tipo SARIMA, levando em conta o componente sazonal da série.

Os resultados dos testes ADF e PP indicam que é possível rejeitar a hipótese nula de presença de raiz unitária a um nível de 1% de significância, portanto, a série é estacionária em nível. Em seguida, à medida que se observou uma mudança no padrão sazonal dos dados, foi realizado o teste de Chow, o qual verifica se há uma quebra estrutural na série. O teste calcula estatísticas F para a série, de modo que os resultados são utilizados para testar a hipótese nula de ausência de quebra estrutural. Os resultados apontam para a rejeição da hipótese nula a 1% de significância, de modo que a série possui, portanto, uma quebra estrutural.

Uma limitação do teste de Chow diz respeito ao pressuposto de que o ponto de quebra estrutural é conhecido. Entretanto, como não é possível determinar o momento em que ocorreu a quebra estrutural, foi utilizado o teste Zivot-Andrews, o qual identifica o ponto de mudança estrutural na série. Os resultados apontam que a quebra estrutural ocorreu em abril de 2019. Em seguida, foram ajustados modelos de ordem baixa utilizando os critérios de informação de Akaike e Schwarz, selecionando o modelo SARIMA (1,0,0) x (0,1,1)₁₂.

A partir dos valores previstos, observa-se que há uma diferença significativa entre os valores observados e os valores previstos, exceto para março de 2023. Graficamente, é possível visualizar o comportamento das séries observada e prevista completas e pressupor potenciais explicações para essa diferença de valores. A figura 1 mostra o gráfico das duas séries:

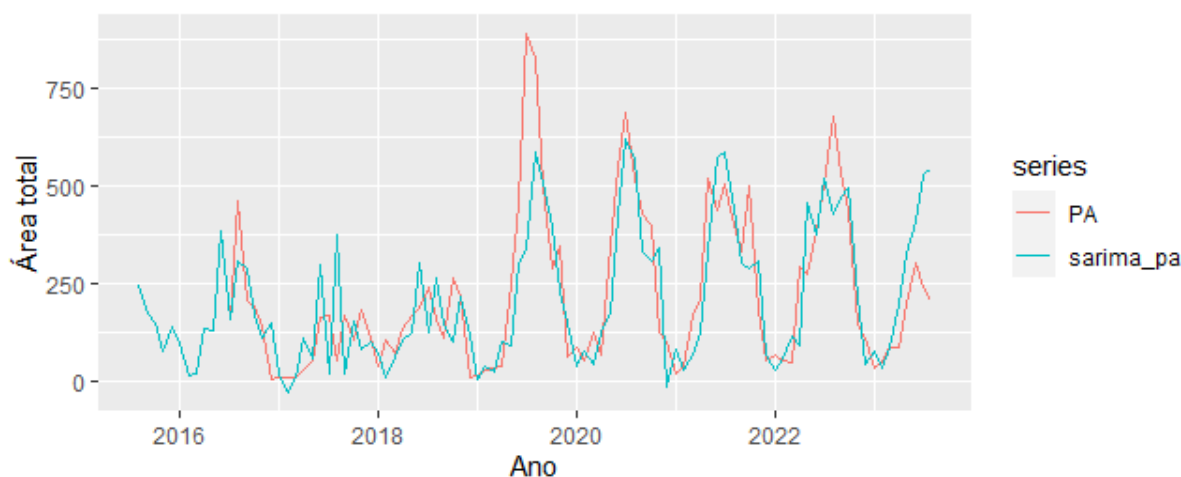


Figura 1: Área (em km^2) sob alerta de desmatamento observada e prevista no estado do Pará.
Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa.

Dois apontamentos são relevantes ao observar a figura 1. Nota-se que ocorreu uma mudança estrutural em 2019, e que o novo padrão sazonal persistiu nos períodos subsequentes, causada por algum fator exógeno que não está no arcabouço deste estudo. Ainda, em 2023,

percebe-se que o modelo superestimou os verdadeiros valores da série, à medida que se esperava que o padrão sazonal continuasse similar aos anos anteriores. Assim, é possível que haja uma nova quebra estrutural na série dos dados, mas que o modelo não captou, pois são necessários mais dados subsequentes para identificar se houve alguma mudança estrutural.

5. Conclusão

O objetivo deste estudo foi analisar os alertas de desmatamento para o estado do Pará entre 2015 e 2023. Para estimar e prever os valores da série de tempo foi utilizado um modelo SARIMA. Os resultados mostram que ocorreu uma mudança estrutural na série em abril de 2019 e que o modelo de previsão conseguiu se ajustar bem aos dados observados. No entanto, a previsão para os valores deixados fora da amostra foi superestimada. As razões para isso fogem do escopo deste trabalho, mas é possível imaginar choques exógenos que foram responsáveis pela provável mudança estrutural em 2023. Ademais, os resultados encontrados são importantes para políticas ambientais de cunho preventivo, sobretudo de curto prazo, bem como contribuir para a literatura de séries de tempo utilizando séries não econômicas.

REFERÊNCIAS

- DE ARAÚJO, Mayara Lucyanne Santos *et al.* Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015). *Land use policy*, v. 80, p. 57-67, 2019.
- DE FREITAS PRETO, Mayra *et al.* The role of environmental legislation and land use patterns on riparian deforestation dynamics in an Amazonian agricultural frontier (MT, Brazil). *Land Use Policy*, v. 118, p. 106132, 2022.
- Diniz, C. G., de Almeida Souza, A. A., Santos, D. C., Dias, M. C., Da Luz, N. C., De Moraes, D. R. V., ... & Adami, M. DETER-B: The new Amazon near real-time deforestation detection system. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 8(7), 3619-3628. 2015.
- GANDOUR, C. Políticas Públicas para Proteção da Floresta Amazônica: O que funciona e como melhorar. Amazônia 2030, **Climate Policy Initiative/PUC-Rio**. 2020.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. TerraBrasilis. (2023). PRODES (Desmatamento). Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. DETER. (2023a). Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/deter>.
- LOPES, Vanessa Cristina *et al.* Land-use dynamics in a Brazilian agricultural frontier region, 1985-2017. *Land Use Policy*, v. 97, p. 104740, 2020.
- Reydon, B. P., Fernandes, V. B., & Telles, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 94, p. 104313. 2020.
- TERRA BRASILIS. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PROGRAMA DE



■ TEMA DO EVENTO:

DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS
AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA



22 | 23 | 24
NOVEMBRO



MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS. Desmatamento – Amazônia Legal. (2023). Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>.

TYUKAVINA, Alexandra *et al.* Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. *Science advances*, v. 3, n. 4, p. 1601047, 2017.