

Evolução do Desmatamento no Brasil

Integrantes:

- Lucas Magliari da Purificação Pereira
- Matheus Esteves Pereira Affonso
- Leonardo Bastos Yuan Gouvea
- Dione Lucas Souza da Costa



Introdução:

O desmatamento no Brasil, em especial na Amazônia, é um dos maiores desafios ambientais e socioeconômicos globais. Entre 1988 e 2022, mais de 800 mil km² de floresta amazônica foram desmatados, impactando não apenas a biodiversidade local, mas também o equilíbrio climático global. A Amazônia, que concentra 60% das florestas tropicais do mundo, desempenha um papel vital na regulação do clima, servindo como um dos maiores sumidouros de carbono do planeta. Dados do INPE revelam um crescimento de 56,6% no desmatamento entre 2019 e 2021, uma tendência preocupante que aponta para a necessidade de medidas urgentes. Esta pesquisa visa contextualizar e analisar a evolução do desmatamento na região, abordando as principais causas e consequências desse processo, bem como a criação de soluções preditivas que ajudem a mitigar os seus impactos no futuro. A área de conhecimento envolvida inclui ciências ambientais, modelagem estatística e machine learning aplicados à análise geoespacial.

Motivações e Justificativa:

A relevância deste estudo se justifica pela magnitude dos danos causados pelo desmatamento, que afeta o clima, a biodiversidade e a vida de milhões de pessoas que dependem direta ou indiretamente da floresta. O aumento dos índices de desmatamento não apenas agrava o aquecimento global, mas também afeta a economia local, principalmente no que diz respeito à produção

de água, agricultura sustentável e turismo. Estudos indicam que, se mantido o ritmo atual, a Amazônia poderá atingir um ponto de não retorno, tornando-se uma savana degradada. A proposta de criar um modelo preditivo para os índices de desmatamento visa fornecer ferramentas para antecipar tendências futuras, permitindo que políticas públicas e estratégias de conservação sejam implementadas de maneira mais eficiente e proativa. Além disso, o modelo pode servir como base para estudos de viabilidade de programas de compensação de carbono e monitoramento ambiental em tempo real.

Objetivo:

Objetivo Geral: Analisar a evolução do desmatamento no Brasil e desenvolver um modelo preditivo capaz de antecipar futuros índices de desmatamento, com foco na região amazônica, contribuindo para a criação de políticas de mitigação.

Objetivos Específicos:

1. Analisar a evolução temporal e espacial do desmatamento no Brasil entre 1988 e 2022, com ênfase na Amazônia Legal.
2. Identificar os fatores socioeconômicos e ambientais que influenciam o desmatamento, como atividades agropecuárias, mineração e mudanças nas políticas de preservação.
3. Desenvolver e validar um modelo preditivo utilizando técnicas de machine learning, com base em dados históricos e variáveis externas, capaz de prever os índices de desmatamento em diferentes regiões.
4. Analisar os impactos ambientais do desmatamento, como perda de biodiversidade e emissões de carbono, e utilizar os resultados do modelo preditivo para sugerir intervenções estratégicas.
5. Propor recomendações para políticas públicas de combate ao desmatamento, que integrem os resultados das previsões e os padrões históricos.

Proposta de Modelo Preditivo:

Para prever os índices de desmatamento, propomos o desenvolvimento de um modelo de machine learning utilizando algoritmos como Random Forest, XGBoost ou redes neurais artificiais, que são eficazes em prever tendências com base em dados complexos e de grande escala. O modelo será treinado e validado com dados históricos de desmatamento fornecidos pelo INPE, incluindo variáveis como:

- **Área desmatada por estado e ano:** Indicando a extensão de floresta perdida ao longo dos anos em cada região.
- **Atividades econômicas:** Dados sobre agricultura, pecuária, mineração e extração de madeira, que são os principais motores do desmatamento.

- **Variáveis ambientais:** Incluindo precipitação, temperatura e umidade, que podem influenciar a vulnerabilidade de certas áreas ao desmatamento.
- **Políticas públicas:** Mudanças em legislações ambientais, presença de fiscalizações e zonas de proteção.
- **Fatores socioeconômicos:** Níveis de pobreza, crescimento populacional, expansão urbana e incentivos econômicos.

Esses dados serão processados para criar um modelo capaz de prever as áreas mais propensas ao desmatamento em curto, médio e longo prazo. O modelo usará uma abordagem de séries temporais, combinada com análise geoespacial, permitindo identificar hotspots de desmatamento com base em padrões históricos e mudanças nos fatores socioeconômicos.

Etapas do Desenvolvimento do Modelo:

1. **Coleta e Limpeza de Dados:** Organizar e limpar os dados históricos, garantindo a uniformidade e preenchimento adequado de lacunas.
2. **Exploração de Dados:** Análise exploratória para identificar padrões e correlações entre as variáveis.
3. **Escolha do Algoritmo:** Testar diferentes algoritmos (Random Forest, XGBoost, redes neurais) e escolher o que melhor se adapta aos dados.
4. **Treinamento do Modelo:** Treinar o modelo com um conjunto de dados de treino (70% dos dados) e validar com um conjunto de teste (30% dos dados).
5. **Validação e Ajustes:** Validar a precisão do modelo e ajustar hiperparâmetros para melhorar o desempenho.
6. **Interpretação dos Resultados:** Gerar previsões e mapear as áreas de maior risco de desmatamento para os próximos anos.
7. **Implementação em Sistemas de Monitoramento:** Integrar o modelo em plataformas de monitoramento ambiental para oferecer previsões em tempo real.

O modelo preditivo será capaz de fornecer previsões em nível estadual e, eventualmente, até em nível municipal, com margens de erro adequadas para o planejamento de intervenções rápidas e eficazes. Além disso, ele poderá ser ajustado e melhorado continuamente à medida que novos dados forem coletados, permitindo um monitoramento mais dinâmico e preciso.

Descrição da Base de Dados:

A base de dados utilizada no estudo é composta por informações sobre o desmatamento na Amazônia Legal, abrangendo os estados de Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. A coleta de dados foi realizada pelo INPE através de monitoramento por satélite,

utilizando tecnologia de sensoriamento remoto para medir com precisão a extensão do desmatamento ao longo dos anos. Os principais atributos são:

- **Ano de Referência:** Cada registro identifica o ano em que a medição foi realizada, permitindo a análise temporal do desmatamento.
- **Estados:** A base é dividida por estado, facilitando a análise espacial e permitindo a identificação de padrões regionais de desmatamento.
- **Área Total Desmatada:** Medida em quilômetros quadrados (km²), representando a quantidade total de floresta derrubada.
- **Fatores Econômicos:** Inclui dados sobre atividades agrícolas, mineração, pecuária e outros setores econômicos que influenciam o desmatamento.
- **Variáveis Climáticas:** Informações sobre precipitação, temperatura média e estações secas, que podem aumentar a vulnerabilidade de áreas ao desmatamento.

Os dados históricos a seguir são coletados a partir do PRODES, um projeto da INPE (Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais) - <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

Referencial Teórico

O desmatamento na Amazônia é um tema amplamente estudado devido aos seus impactos ambientais globais. Silva (2020) investigou os efeitos ambientais do desmatamento no Brasil, destacando a perda de biodiversidade e o aumento das emissões de gases de efeito estufa. O estudo enfatiza a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas públicas eficazes para a conservação florestal.

No contexto de modelagem preditiva, Ferreira (2021) desenvolveu um modelo estatístico utilizando regressão linear para prever as taxas de desmatamento com base em variáveis socioeconômicas. Embora o modelo tenha fornecido insights valiosos, apresentou limitações na captura de relações não lineares complexas entre as variáveis. Para superar essas limitações, técnicas de aprendizado de máquina como Random Forest e XGBoost têm sido exploradas, pois conseguem lidar com grandes conjuntos de dados e capturar interações complexas.

Redes Neurais Artificiais também foram aplicadas em estudos que utilizaram essa técnica para prever áreas de risco de desmatamento. Apesar da alta capacidade de modelagem, essas redes demandam grande volume de dados e alto poder computacional, o que pode ser uma limitação em alguns cenários.

As vantagens das técnicas de aprendizado de máquina incluem maior precisão preditiva e a capacidade de lidar com dados heterogêneos. No entanto,

enfrentam desafios como a necessidade de dados de alta qualidade e interpretabilidade dos modelos. A seleção adequada de variáveis e o pré-processamento eficiente dos dados são essenciais para o sucesso desses modelos.

Os principais conceitos envolvidos na solução proposta são:

- **Desmatamento:** Remoção da cobertura vegetal natural, resultando em perda de biodiversidade e alterações climáticas.
- **Aprendizado de Máquina:** Conjunto de técnicas que permitem que os computadores aprendam padrões a partir de dados, sem serem explicitamente programados para tal.
- **Modelagem Preditiva:** Uso de modelos estatísticos e algoritmos para prever resultados futuros com base em dados históricos.
- **Análise Geoespacial:** Estudo de fenômenos com referência espacial, fundamental para mapear e entender a distribuição do desmatamento.

A proposta deste trabalho é desenvolver um modelo preditivo robusto que utilize técnicas avançadas de aprendizado de máquina para prever as tendências de desmatamento, superando as limitações de estudos anteriores e contribuindo para ações de mitigação mais eficazes.

Pipeline da Solução

A solução proposta seguirá um pipeline estruturado em etapas sequenciais:

1. Coleta e Limpeza de Dados:

- Reunir dados históricos de desmatamento fornecidos pelo INPE e outras fontes relevantes.
- Incluir variáveis como área desmatada, atividades econômicas, dados climáticos e políticas públicas.
- Realizar limpeza dos dados para remover inconsistências e tratar valores ausentes.

2. Análise Exploratória de Dados:

- Analisar estatisticamente os dados para identificar padrões, tendências e outliers.
- Visualizar a distribuição espacial e temporal do desmatamento.
- Identificar correlações entre as variáveis independentes e a variável dependente (desmatamento).

3. Pré-processamento dos Dados:

- Normalizar ou padronizar variáveis numéricas.
- Codificar variáveis categóricas utilizando técnicas como one-hot encoding.
- Dividir o conjunto de dados em treino e teste (e possivelmente validação).

4. Seleção e Treinamento do Modelo:

- Testar algoritmos como Random Forest, XGBoost e redes neurais artificiais.
- Utilizar validação cruzada para avaliar o desempenho dos modelos.
- Selecionar o modelo com melhor desempenho com base em métricas como RMSE, MAE e R^2 .

5. Validação e Ajuste do Modelo:

- Otimizar hiperparâmetros utilizando técnicas como Grid Search ou Random Search.
- Avaliar o modelo em dados de teste para verificar a capacidade de generalização.

6. Interpretação e Visualização dos Resultados:

- Gerar mapas e gráficos que demonstrem as previsões de desmatamento.
- Identificar áreas de alto risco e possíveis fatores causais.

7. Implementação da Solução:

- Integrar o modelo em uma plataforma ou sistema de monitoramento.
- Proporcionar atualizações periódicas com novos dados para manter o modelo relevante.

8. Revisão e Atualização Contínua:

- Monitorar o desempenho do modelo ao longo do tempo.
- Atualizar o modelo com novos dados e refinar conforme necessário.

Este pipeline permite uma abordagem sistemática para desenvolver um modelo preditivo eficaz, garantindo que todas as etapas, desde a coleta de dados até a implementação, sejam cuidadosamente executadas.

Cronograma

Data de Entrega	Atividade
30/09	Entrega do Referencial Teórico e Cronograma.
28/10	Entrega da Implementação Parcial, incluindo: Notebook do Projeto com Análise Exploratória e Pré-processamento dos dados; Desenvolvimento do Modelo Base; Atualização do Cronograma e do Pipeline da Solução.
18/11	Entrega Final do Projeto, abrangendo: - Repositório no GitHub com todos os artefatos do projeto; - Vídeos de Apresentação do Projeto e da Solução Técnica; - Notebook do Projeto completo e executável; - Artigo do Projeto conforme normas estabelecidas

Referências:

- SILVA, J. L. "Impactos Ambientais do Desmatamento no Brasil: Um Estudo de Caso na Amazônia". *Revista de Ciências Ambientais*, vol. 45, 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). "Monitoramento do Desmatamento no Brasil por Satélites", 2022.
- CARVALHO, M. "Mudanças Climáticas e o Papel da Amazônia na Regulação do Clima Global". *Publicação Científica*, 2019.
- FERREIRA, A. B. "Modelagem Preditiva Aplicada ao Desmatamento na Amazônia". Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2021.
- OLIVEIRA, R. S. et al. "Aplicação de Redes Neurais na Previsão do Desmatamento na Amazônia". *Anais da Conferência Brasileira de Inteligência Computacional*, 2019.