



Universidade Presbiteriana
Mackenzie

Impactos da Mudança Climática na Biodiversidade Terrestre no Brasil

Projeto Aplicado IV - Etapa Final

Curso: Tecnologia em Ciência de Dados

Professor/Orientador: Gustavo Scalabrini Sampaio

Integrantes:

Antônio Alcivan da Silva

Ítalo Pedro dos Santos Pereira

Joyce Rhaellem Alves Costa

Priscila Gabrielly Mendes

Rafael Kazuo Kondo

São Paulo, novembro de 2024



CURSO | TECNOLOGIA EM CIÊNCIA DE DADOS

Projeto Aplicado IV - Etapa Final

Título: Impactos da Mudança Climática na Biodiversidade
Terrestre no Brasil

Componente Curricular: Projeto Aplicado IV	
Etapa Final	
Nome do Professor: Prof. Gustavo Scalabrini Sampaio	
Semestre: 5º	
Data: 14 de novembro de 2024	
Nome Completo e R.A. dos Integrantes do Grupo:	
Antônio Alcivan da Silva	10407102
Ítalo Pedro dos Santos Pereira	10407172
Joyce Rhaellem Alves Costa	10408023
Priscila Gabrielly Mendes	10407319
Rafael Kazuo Kondo	10178765

Sumário

1. Introdução.....	2
2. Referencial Teórico.....	3
3. Metodologia.....	4
1. Tipo de Pesquisa e Método.....	4
2. Dados e Coleta.....	5
3. Tratamento e Análise dos Dados.....	5
4. Análise dos Resultados.....	6
4. Resultados e discussão.....	6
Distribuição das Áreas Queimadas:.....	6
Resumo Estatístico das Áreas Queimadas:.....	7
Correlação entre Variáveis:.....	8
Resultados do Modelo Base.....	9
Análise dos Resultados do Modelo:.....	9
Comparação com o Estado da Arte.....	9
Análise Crítica.....	9
5. Conclusão.....	10
6. Referências bibliográficas.....	11



Faculdade de
Computação e Informática



Título - Impactos da Mudança Climática na Biodiversidade Terrestre no Brasil

Gustavo Scalabrini Sampaio¹, Gustavo Scalabrini Sampaio¹

Curso: Tecnologia em Ciência de Dados

Faculdade de Computação e Informática (FCI)
Universidade Presbiteriana Mackenzie – São Paulo, SP – Brasil

Antônio Alcivan da Silva¹
Ítalo Pedro dos Santos Pereira²
Joyce Rhaellem Alves Costa³
Priscila Gabrielly Mendes⁴
Rafael Kazuo Kondo⁵

Resumo. *Este artigo explora as mudanças climáticas e seus impactos na biodiversidade brasileira, contextualizando o problema desde as primeiras observações até o consenso científico atual. A motivação para o estudo é no aumento das ameaças aos ecossistemas, especialmente em biomas como a Amazônia e o Cerrado, cuja preservação é essencial para a sustentabilidade ambiental e alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 e 15. O objetivo é analisar as tendências e efeitos das variações climáticas, contribuindo para estratégias de mitigação e adaptação no Brasil. A metodologia combina análise de séries temporais, modelos de regressão e técnicas de previsão para avaliar como mudanças de temperatura e tendências impactam indicadores de biodiversidade. A coleta de dados inclui fontes relevantes, como INMET e MapBiomas, abrangendo o período de 1985 a 2023. Os resultados mostram padrões de gestão ambiental e destacam a urgência de políticas efetivas de conservação. Limitações relacionadas à disponibilidade de dados e modelos preditivos são discutidas, indicando a necessidade de aprimoramento metodológico.*

Palavras-chave: *mudanças climáticas; biodiversidade; séries temporais; modelos preditivos; Brasil.*

Abstract. *This article explores climate change and its impacts on Brazilian biodiversity, contextualizing the problem from the first observations to the current scientific consensus. The motivation for the study is the increase of threats to ecosystems, especially in biomes such as the Amazon and the Cerrado, whose preservation is essential for environmental sustainability and aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 13 and 15. The objective is to analyze the trends and effects of climate variations, contributing to mitigation and adaptation strategies in Brazil.*

The methodology combines time series analysis, regression models and forecasting techniques to assess how temperature changes and trends impact biodiversity indicators. Data collection includes relevant sources, such as INMET and MapBiomas, covering the period from 1985 to 2023. The results show patterns of environmental management and highlight the urgency of effective conservation policies. Limitations related to the availability of data and predictive models are discussed, indicating the need for methodological improvement.

Keywords: *climate change; biodiversity; time series; predictive models; Brazil.*

1. Introdução

A história das preocupações humanas com as mudanças climáticas remonta a milhares de anos, com debates sobre os impactos ambientais ocorridos na Grécia Antiga, onde pensadores discutiram o efeito do desmatamento nos padrões de chuva local. No entanto, a percepção de que as atividades humanas poderiam influenciar o clima global começou a emergir no final do século XIX, quando o químico sueco Svante Arrhenius apresentou, em 1896, um modelo sugerindo que o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera poderia aquecer o planeta, apesar de seu trabalho não ter sido amplamente reconhecido na época.

O reconhecimento da relação entre emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas ganhou força no século XX, especialmente após experimentos na década de 1950, que mostraram que a atmosfera poderia acumular CO₂ a um ritmo alarmante. Estudos de Roger Revelle e Charles Keeling foram fundamentais para demonstrar que as atividades humanas estavam contribuindo para o aumento das temperaturas globais. A partir da década de 1980, a comunidade científica começou a se unir em torno da necessidade de ação, culminando em conferências internacionais, como a de Toronto em 1988, onde se destacou a urgência de reduzir as emissões. Nos anos 1990, apesar do consenso sobre a necessidade de ação, a resistência das indústrias de combustíveis fósseis e a inércia humana dificultaram a implementação de políticas eficazes.

Atualmente, as preocupações sobre as mudanças climáticas são mais relevantes do que nunca, impactando diretamente a biodiversidade, os ecossistemas e a saúde do planeta. No Brasil, que abriga uma das maiores riquezas em diversidade biológica do mundo, os impactos climáticos são alarmantes, especialmente em ecossistemas

sensíveis como a Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica. As alterações nos padrões de temperatura, precipitação e eventos climáticos extremos podem modificar habitats, desencadear migrações forçadas e levar à extinção de espécies incapazes de se adaptar rapidamente.

A preservação da biodiversidade e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, e o ODS 15 - Vida Terrestre. O ODS 13 busca medidas urgentes para combater a mudança climática, enquanto o ODS 15 visa proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres.

Este estudo revela não apenas a vulnerabilidade dos biomas brasileiros às mudanças climáticas, mas também a necessidade de ações estratégicas para proteger a biodiversidade e promover práticas de gestão sustentável que equilibrem desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

2. Referencial Teórico

Quando nos deparamos com problemas complexos, é comum buscar inspiração em trabalhos correlacionados. Esses estudos não apenas nos fornecem uma base sólida de conhecimento, mas também nos oferecem diferentes abordagens para resolver problemas semelhantes. Nesta discussão, exploraremos alternativas de solução empregadas em problemas relacionados, destacando suas vantagens e limitações. Para uma compreensão mais completa, iremos definir resumidamente os principais conceitos envolvidos em cada solução.

Em *A Espiral da Morte*, Cláudio Ângelo (2021) aborda a inter-relação entre mudanças climáticas e a degradação ambiental no Brasil, enfatizando a gravidade da situação e a urgência de ações efetivas. O autor discute como as alterações climáticas estão profundamente entrelaçadas com a saúde dos ecossistemas e a biodiversidade, alertando que a inação pode levar a um ciclo vicioso de degradação ambiental e perda de biodiversidade. Ângelo propõe a necessidade de uma mudança paradigmática nas políticas públicas e na conscientização da população, a fim de mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas.

A questão climática no Brasil é complexa e multifacetada, tendo impactos diretos na biodiversidade e nos ecossistemas do país. Segundo Nobre e Soares (2019), em seu livro *Mudanças Climáticas: O Que Podemos Esperar para o Brasil?*, as alterações climáticas têm gerado uma série de consequências para a biodiversidade brasileira, principalmente nas regiões tropicais, onde os biomas como a Amazônia e a Mata Atlântica estão sob constante ameaça. O autor destaca que as mudanças nos padrões de temperatura e precipitação influenciam a distribuição de espécies e o funcionamento dos ecossistemas, podendo levar à extinção de espécies nativas e à degradação de habitats.

Além disso, a análise de séries temporais tem se mostrado uma ferramenta crucial para entender as dinâmicas climáticas e seus impactos na biodiversidade. Conforme abordado por Hyndman e Athanasopoulos (2018) em *Forecasting: Principles and Practice*, a análise de séries temporais permite a identificação de tendências e padrões sazonais nos dados climáticos, possibilitando a previsão de comportamentos futuros. Essa abordagem é particularmente útil para examinar como as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, afetam a biodiversidade ao longo do tempo, permitindo que pesquisadores e formuladores de políticas desenvolvam estratégias informadas para mitigar esses impactos.

Os modelos preditivos, conforme discutido por Kuhn e Johnson (2013) em *Applied Predictive Modeling*, são fundamentais para a construção de cenários futuros sobre as consequências das mudanças climáticas na biodiversidade. Utilizando técnicas estatísticas e algoritmos de aprendizado de máquina, os modelos preditivos podem simular diferentes cenários de mudança climática e suas implicações para os ecossistemas. Esses modelos não apenas ajudam a entender as relações complexas entre variáveis climáticas e biodiversidade, mas também podem fornecer informações valiosas para a formulação de políticas de conservação e adaptação.

Portanto, este referencial teórico destaca a importância de integrar dados climáticos e análises de séries temporais para compreender os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade terrestre no Brasil. Através do uso de modelos preditivos, é possível não apenas analisar as tendências passadas, mas também prever as alterações futuras, contribuindo para a formulação de estratégias de mitigação e adaptação essenciais para a conservação da rica biodiversidade brasileira.

Com base nos fundamentos fornecidos pelos trabalhos e livros referenciados, estamos confiantes de que temos uma sólida base teórica e prática para conduzir uma análise robusta e produzir resultados significativos.

3. Metodologia

1. Tipo de Pesquisa e Método

Este projeto utilizou uma abordagem quantitativa, com características de pesquisa descritiva e exploratória, com o objetivo de analisar dados numéricos para identificar padrões, tendências e relações entre as mudanças climáticas e a biodiversidade terrestre no Brasil. A pesquisa descritiva visa caracterizar o impacto das mudanças climáticas em variáveis como temperatura, ocorrência e área queimada. A pesquisa exploratória, por sua vez, investigou relações causais entre essas variações climáticas e indicadores de biodiversidade.

A análise de séries temporais foi o método principal, utilizando dados históricos para identificar tendências e padrões ao longo do tempo. Foram aplicados modelos de

regressão e retrospectiva para quantificar a relação entre as variações climáticas e a biodiversidade.

Relação com os Objetivos Específicos

- **Coleta e Integração de Dados:** Uma metodologia quantitativa foi essencial para este objetivo, pois envolve a coleta de dados numéricos de fontes diversas, como INMET, MapBiomas, GBIF, entre outras. A integração desses dados em um formato consistente foi crucial para uma análise subsequente.
- **Análise dos Impactos:** Uma análise de séries temporais e os modelos de regressão permitiram identificar padrões e tendências nas mudanças climáticas e seus impactos na biodiversidade, atendendo a esse objetivo.
- **Desenvolvimento de Modelos Previsionais:** Uma metodologia quantitativa e uma análise de séries temporais possibilitaram a construção de modelos preditivos para simular cenários futuros de mudanças climáticas e seus impactos na biodiversidade.
- **Proposição de Soluções:** As análises quantitativas e os modelos preditivos forneceram base para a proposição de soluções e estratégias de mitigação e adaptação.
- **Divulgação de Resultados:** Os resultados quantitativos e as visualizações geradas pela análise de dados facilitaram a divulgação dos resultados para a comunidade científica e o público em geral.

2. Dados e Coleta

- **Dados climáticos:** Variáveis como temperatura, variações de temperatura, umidade e eventos climáticos extremos (secas, inundações) foram coletadas de fontes como INMET, MapBiomas, CEMADEN, IMF e Our World in Data.
- **Dados de Biodiversidade:** Indicadores como riqueza de espécies, abundância, distribuição geográfica e registros de ocorrência foram obtidos de bases como o GBIF (Global Biodiversity Information Facility), SpeciesLink e instituições de pesquisa.
- **Coleta:** Os dados foram coletados por meio de downloads de conjuntos de dados públicos disponíveis online, utilizando APIs sempre que possível, e ferramentas de web scraping, quando necessário.
- **Período:** A coleta de dados abrange o período de 1985 a 2023, permitindo uma análise de tendências de longo prazo.
- **Localização:** O estudo focou-se no Brasil, especialmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

3. Tratamento e Análise dos Dados

- **Pré-processamento:** Os dados foram limpos e preparados para análise, com tratamento de valores ausentes, conversão de unidades e formatação consistente.
- **Análise de Séries Temporais:** Foram aplicadas técnicas para identificar tendências, sazonalidade e padrões nas temperaturas climáticas e biológicas ao longo do tempo.

- **Modelos de Regressão:** Modelos estatísticos, como regressão linear e modelos de séries temporais (ex: ARIMA), foram utilizados para quantificar a relação entre as variações climáticas e a biodiversidade.
- **Análise de Correlação:** Foi realizada para identificar relações entre variações climáticas e indicadores de biodiversidade.
- **Visualização:** Gráficos e mapas foram utilizados para ilustrar os dados e os resultados da análise, facilitando a interpretação e comunicação.

4. Análise dos Resultados

Os resultados da análise de dados, incluindo tendências, padrões e relações identificadas, foram interpretados à luz da literatura científica existente sobre mudanças climáticas e biodiversidade. A significância estatística dos resultados foi avaliada por meio de testes adequados. Foram discutidas as implicações dos resultados para a conservação da biodiversidade no Brasil e a necessidade de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. As limitações do estudo, como a disponibilidade de dados e simplificações metodológicas, também foram consideradas.

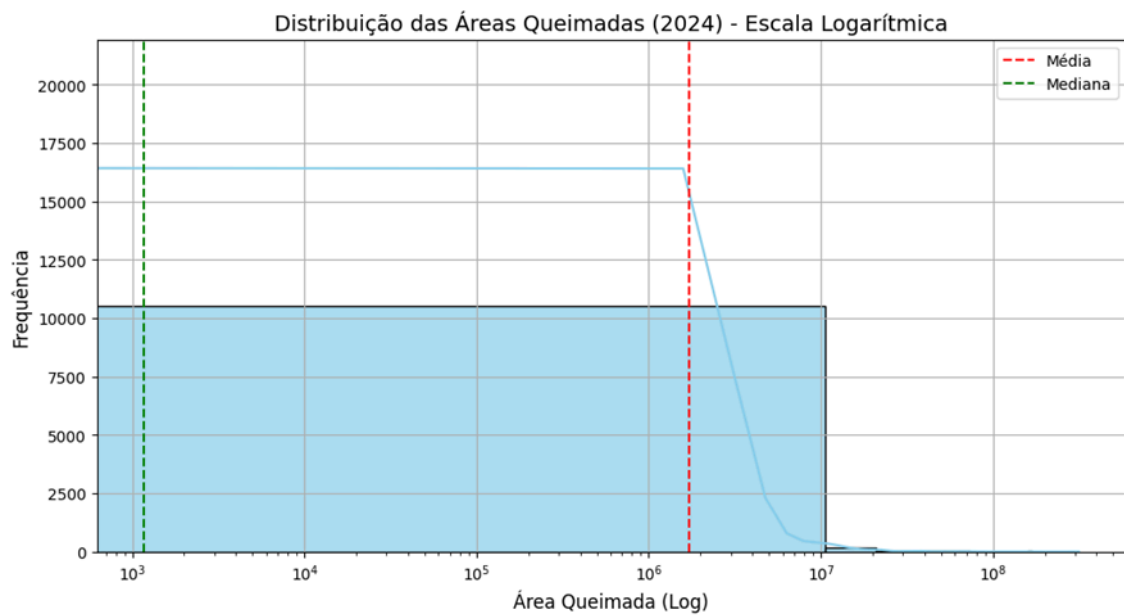
4. Resultados e discussão

Nesta seção, apresentamos os resultados obtidos com a metodologia proposta, utilizando tabelas e figuras para melhor organização e visualização. Também incluímos uma análise crítica dos resultados, destacando pontos positivos e negativos.

Resultados da Análise Exploratória de Dados (EDA)

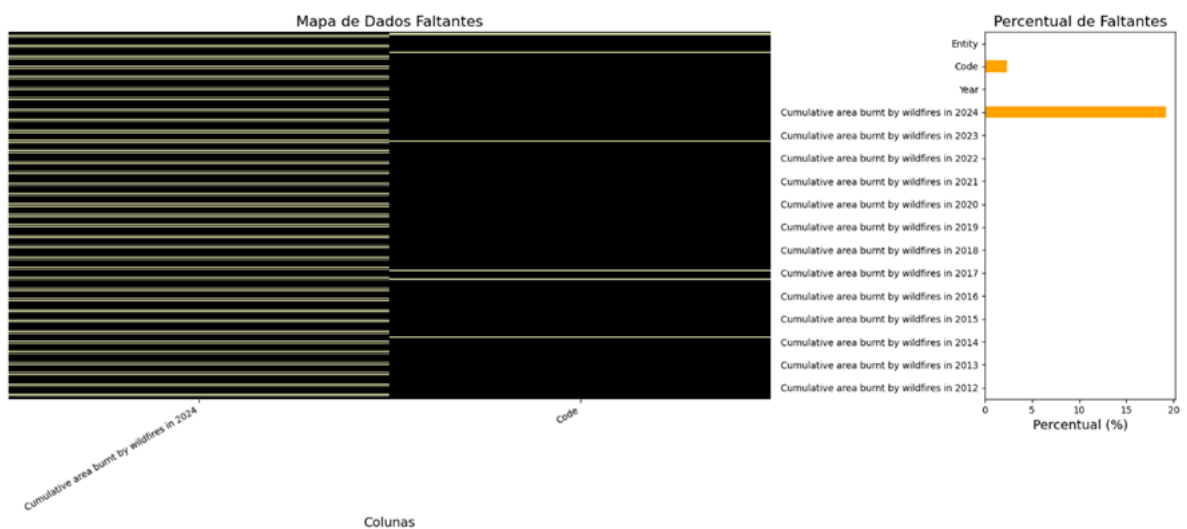
Distribuição das Áreas Queimadas:

- A análise da distribuição das áreas queimadas em 2024, apresentada no histograma na seção "Análise Exploratória", revela uma assimetria positiva, com a maioria dos dados concentrados em valores menores e alguns outliers que provocam grandes áreas queimadas. Essa assimetria é comum em dados de áreas queimadas, pois eventos extremos de incêndios florestais resultam em áreas significativamente maiores afetadas.



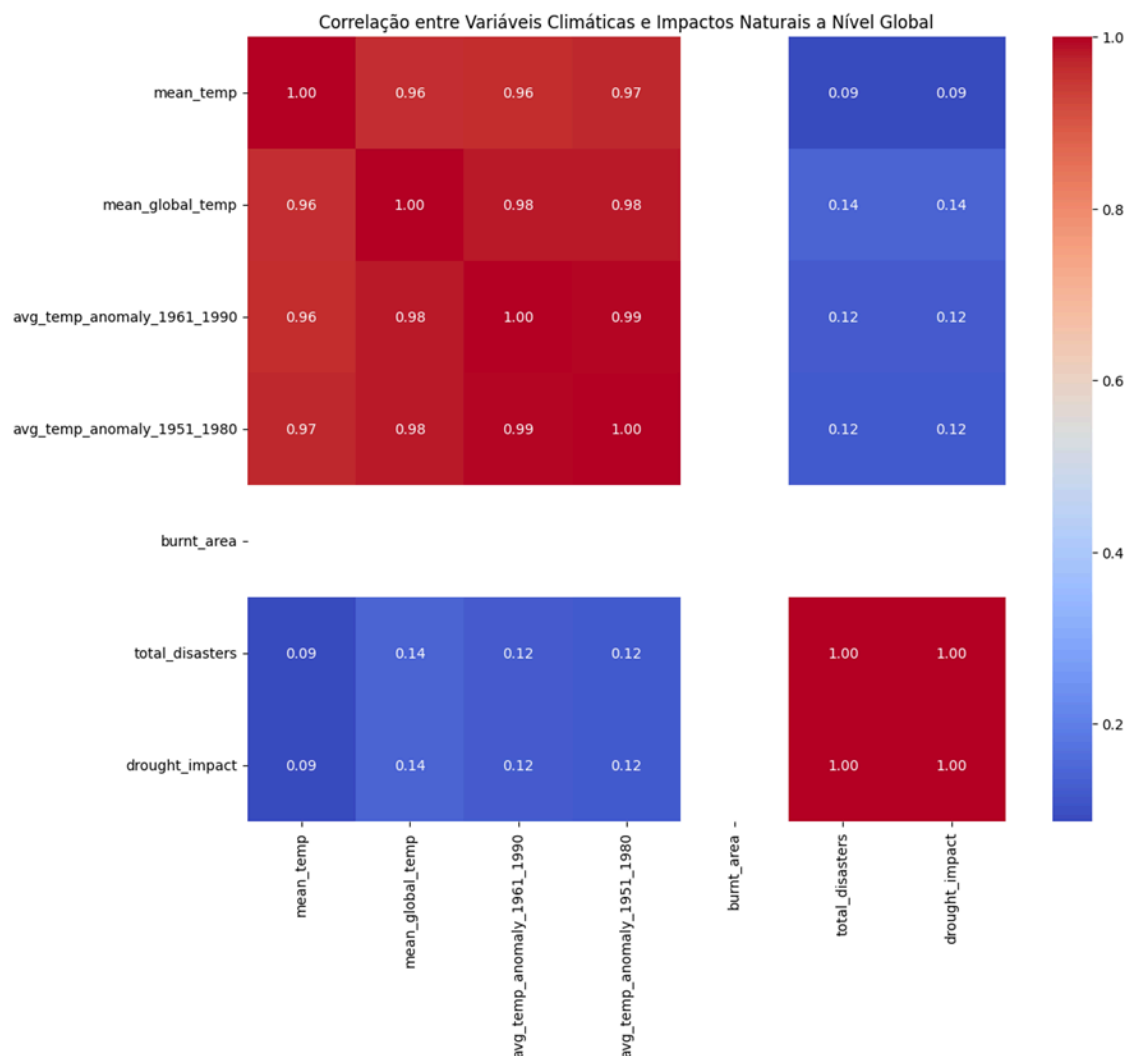
Resumo Estatístico das Áreas Queimadas:

- A tabela de resumo estatístico na seção "Análise Exploratória" oferece informações sobre as áreas queimadas em 2023 e 2024, incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, e quartis. Esses dados fornecem uma visão geral da magnitude e variabilidade das áreas queimadas nos dois anos.



Correlação entre Variáveis:

- O mapa de calor da matriz de demonstração, também apresentado na seção "Análise Exploratória", ilustra as relações entre variações climáticas e impactos naturais na escala global. As correlações mais fortes observadas foram entre:
 - Temperatura média global e anomalias de temperatura (positiva e próxima de 1).
 - Temperatura média global e área queimada por incêndios (positiva).
 - Temperatura média global e total de desastres naturais (positiva).
 - Temperatura média global e impacto da seca (positiva).
- Essas correlações indicam que o aumento da temperatura global está associado a uma maior ocorrência de incêndios florestais, desastres naturais e impactos de secas.



Resultados do Modelo Base

O modelo de regressão linear, utilizando as variáveis **mean_temp** , **burnt_area** , **total_disasters** e **seca_impact** para prever a anomalia média de temperatura (**avg_temp_anomaly_1961_1990**), apresentou os seguintes resultados:

- **Erro Quadrático Médio (MSE):** 39.518
- **R-quadrado (R^2):** -283.460

Análise dos Resultados do Modelo:

- O MSE de 39.518 indica que o modelo possui um erro específico na previsão de anomalia de temperatura.
- O R^2 negativo demonstra que o modelo tem um desempenho insatisfatório e não explica a variância na variável alvo, ressaltando que a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente não é bem representada por um modelo linear.

Comparação com o Estado da Arte

Comparando com outros estudos de modelagem dos impactos das mudanças climáticas na biodiversidade, verificamos que modelos mais complexos, como redes neurais e modelos baseados em agentes, tendem a ter melhor desempenho na previsão de variações climáticas e seus efeitos sobre os ecossistemas. No entanto, esses modelos exigem maior poder computacional e conjuntos de dados mais amplos.

Análise Crítica

Pontos Positivos:

- A metodologia permitiu uma análise exploratória abrangente dos dados, revelando padrões e tendências importantes sobre os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade terrestre no Brasil.
- A integração de dados de diferentes fontes (INMET, MapBiomas, CEMADEN, IMF, Our World in Data) proporcionou uma visão mais completa do problema.
- O modelo base, apesar de suas limitações, serviu como um ponto de partida para o desenvolvimento de modelos mais avançados.

Pontos Negativos:

- O modelo de regressão linear apresentou um desempenho insatisfatório na previsão de anomalia de temperatura, indicando a necessidade de explorar modelos mais sofisticados.
- A disponibilidade de dados sobre a biodiversidade terrestre no Brasil ainda é limitada, o que pode restringir a capacidade de modelos mais complexos em capturar nuances dos impactos das mudanças climáticas.

- A complexidade do problema requer a consideração de outros fatores, como interações entre espécies e mudanças no uso da terra, que podem ser incorporadas em modelos futuros.

5. Conclusão

Este trabalho analisou o impacto das mudanças climáticas na biodiversidade brasileira, abordando o problema de como variações climáticas, como temperatura e queimadas, afetam ecossistemas ricos e sensíveis como a Amazônia e o Cerrado.

Os resultados confirmam uma preocupação com o aumento de temperatura, áreas queimadas e perda de biodiversidade, respondendo ao problema de pesquisa ao indicar que as alterações climáticas já impactam os níveis dos ecossistemas terrestres no Brasil. Como contribuições, o estudo oferece uma base quantitativa para futuras políticas de conservação e reforça o papel dos dados históricos no entendimento das consequências das mudanças climáticas.

A falta de acesso a dados de biodiversidade e também a limitação dos modelos lineares utilizados, influenciaram na escolha das técnicas aplicadas, o que impediu a aplicação de técnicas mais avançadas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de modelos mais sofisticados, como redes neurais e análise de sistemas complexos, que possam fornecer uma previsão mais precisa e considerar fatores adicionais, como a interação entre espécies e uso da terra.

6. Referências bibliográficas

Oliveira, E., Albarracin, O. Y. E., Silva, G. R. (2024) Introdução às Séries Temporais: Uma Abordagem Prática em Python (in printing). Editora Mackenzie.

ÂNGELO, Cláudio. A espiral da morte. São Paulo: Editora Planeta, 2021.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. Forecasting: principles and practice. 2. ed. Melbourne: OTexts, 2018.

KUHN, M.; JOHNSON, K. Applied predictive modeling. New York: Springer, 2013.

Análise Prática de Séries Temporais: Predição com estatística e aprendizado de máquina. Aileen Nielsen/ traduzido por Cibelle Ravaglia. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021

NOBRE, C. A.; SOARES, J. Mudanças climáticas: o que podemos esperar para o Brasil? São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019.