
Fire Guardian: Combate às Queimadas no Cerrado Brasileiro

Estudante(s): Daniel Arantes Araújo (d.arantes2009@gmail.com), Maria Laura Carneiro Passos (carneiropassosmarialaura06@gmail.com), Sophia Izabel dos Santos Lima (sophiaizalima@gmail.com)

**Orientador(es): Maurício Antônio da Costa Neto (mauricioneto00@gmail.com);
Stefânia Carvalho de Sousa (stefaniacarvalho12@gmail.com)**

Escola: Colégio Ann Mackenzie - Unidade Granja Marileusa

Resumo

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema preditivo baseado em Inteligência Artificial (IA) com o intuito de estimar a probabilidade de ocorrência de queimadas no bioma Cerrado, considerando a relação entre variáveis meteorológicas, fatores ambientais e o histórico de incêndios florestais. A proposta central consiste em integrar dados obtidos de diferentes fontes, como o Programa Queimadas do INPE, estações meteorológicas e imagens de satélites, a modelos de aprendizado de máquina capazes de identificar correlações relevantes entre a ocorrência de queimadas e fatores como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e tempo decorrido sem chuvas. Espera-se, dessa forma, contribuir para estratégias de prevenção ambiental, bem como para a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação dos danos ambientais, sociais e econômicos causados pelo fogo no Cerrado brasileiro, especialmente na região do Triângulo Mineiro.

Palavras-chave: Queimadas; Cerrado; Inteligência Artificial; Prevenção; Desertificação.

Introdução e Justificativa

O Cerrado brasileiro é considerado a savana mais biodiversa do planeta, abrigando uma imensa variedade de espécies vegetais e animais, além de desempenhar papel estratégico para o abastecimento de recursos hídricos, por ser o berço das principais bacias hidrográficas do país. No entanto, conforme apontam estudos recentes (National Geographic, 2021; Summit Agro, 2023), o bioma encontra-se sob forte pressão antrópica, resultado de atividades como

desmatamento, agropecuária intensiva, monoculturas e queimadas recorrentes, frequentemente utilizadas para expansão de áreas agrícolas e pecuárias.

A combinação entre mudanças climáticas, uso inadequado do solo e frequência crescente de incêndios tem intensificado a desertificação, um fenômeno que compromete a fertilidade dos solos, reduz a biodiversidade e ameaça a subsistência de comunidades locais (Brasil Escola, 2024; Iberdrola, 2024).

Estima-se que, em regiões do Cerrado, mais de 20 mil km² foram desmatados apenas nos últimos anos (WWF-Brasil, 2022), e as queimadas, antes parte da dinâmica natural do ecossistema, passaram a ocorrer em intensidade e frequência preocupantes (Alencar, 2021).

Diante desse cenário, surge a necessidade de ferramentas tecnológicas capazes não apenas de registrar, mas também de prever a ocorrência de queimadas, permitindo ações preventivas e políticas públicas mais efetivas. O projeto Fire Guardian surge, assim, como uma resposta inovadora a essa problemática, ao propor a integração entre bases de dados históricos, variáveis climáticas e algoritmos de Inteligência Artificial para desenvolver modelos preditivos que auxiliem no combate à degradação ambiental e na preservação do Cerrado.

Metodologia

Como afirma o Ministério do Meio Ambiente (MMA), com as queimadas, os solos ficam desnudos, desidratados e desprovidos de matéria orgânica. São submetidos, além disso, à ação esterilizadora dos raios solares e à forte erosão hídrica, que se manifesta no início da estação chuvosa, quando do nascimento das primeiras forrageiras nativas, formadoras de tenra cobertura herbácea.

O extravasamento dos processos mencionados propicia o “empobrecimento do solo e do revestimento florístico, seguido do assoreamento dos cursos d’água. Tem-se, por fim, o início de processos de desertificação já conhecidos. Quanto mais seca uma dada área, mais suscetível ela é à desertificação”. (MATALLO JR., 1999, p. 11)

Inicialmente, houve a necessidade de compreender, de maneira abrangente e fundamentada, a complexa relação entre fatores climáticos, ambientais e a ocorrência de

queimadas no Cerrado brasileiro. Para tanto, o primeiro passo consistiu na visita ao Safrar – Laboratório de Análises Agrícolas.

Na visita, aprendemos como é feita a análise do solo e entendemos o que é um solo saudável. O agrônomo Gabriel Gervazio nos acompanhou na visita, explicando-nos todo o processo prático de análise, e a bióloga Nayrim Isaias, juntamente com Gervazio, nos auxiliou com informações sobre a saúde do solo levando em conta as queimadas no Cerrado.

Com tais conhecimentos, surgiu a necessidade de delimitação espacial e temática da pesquisa, uma vez que a vastidão do bioma e sua diversidade ecológica exigem um recorte bem definido para que os resultados sejam cientificamente relevantes e operacionalmente viáveis. Assim, optou-se pelo recorte geográfico do Triângulo Mineiro, região que disponibiliza dados meteorológicos e ambientais de longa série histórica, fundamentais para análises estatísticas robustas e confiáveis.

Com o espaço delimitado, passou-se à seleção criteriosa das fontes de dados, as quais foram escolhidas pela confiabilidade, abrangência e atualidade das informações fornecidas. Destaca-se, primeiramente, o Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que desempenha um papel central no monitoramento via satélite dos focos de incêndio no Brasil, permitindo o acesso a registros históricos e dados georreferenciados com alta precisão temporal e espacial. Esses dados possibilitam uma compreensão temporal do fenômeno, permitindo identificar padrões sazonais e interanuais da ocorrência de queimadas.

Em paralelo, foram incorporadas informações fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e por estações meteorológicas locais, essenciais para o levantamento de variáveis climáticas, tais como temperatura do ar, umidade relativa, índices de precipitação pluviométrica e radiação solar.

Essas variáveis são reconhecidamente determinantes na dinâmica das queimadas, visto que condições prolongadas de estiagem, aliadas a altas temperaturas e baixa umidade, criam um ambiente propício para a propagação do fogo, conforme argumentam Sales (2020) e Alencar (2021) em estudos correlatos sobre a temática.

Além disso, recorreram-se às bases de sensoriamento remoto, como os sistemas MODIS, AVHRR e GOES, para a caracterização da cobertura vegetal, identificação de áreas

degradadas e cálculo de índices de seca e de vegetação, os quais complementam a análise meteorológica ao fornecer uma perspectiva integrada sobre a condição ecológica do bioma e suas interações com o clima.

Tais dados são cruciais para distinguir, por exemplo, áreas de vegetação densa e úmida, naturalmente mais resistentes ao fogo, de áreas abertas e degradadas, onde a propagação das chamas tende a ser mais rápida e devastadora.

Todos os dados coletados foram submetidos a um rigoroso processamento estatístico e computacional, etapa necessária para a padronização, limpeza e organização das informações, uma vez que séries históricas provenientes de múltiplas fontes frequentemente apresentam lacunas temporais, variações de resolução espacial e heterogeneidade nos formatos de registro. Somente após essa etapa de pré-processamento tornou-se possível integrar as diferentes bases e submetê-las à análise sistemática.

A análise propriamente dita foi conduzida a partir de modelos de aprendizado de máquina supervisionado, técnica que, segundo Oliveira (2024), representa um avanço metodológico significativo ao permitir a identificação de padrões complexos e não lineares entre variáveis ambientais e a ocorrência de queimadas.

A escolha por modelos supervisionados justifica-se pelo fato de que as variáveis-resposta, no caso, a presença ou ausência de queimadas, são conhecidas, possibilitando o treinamento dos algoritmos para reconhecer as condições que precedem os eventos de fogo.

Por fim, a investigação concentrou-se em determinar quais combinações de fatores, por exemplo, períodos prolongados sem chuva associados a picos de temperatura e baixa umidade relativa do ar, apresentam maior poder explicativo e preditivo para os incêndios observados, fornecendo, assim, subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias de prevenção ambiental.

Esta etapa analítica, inspirada em metodologias descritas por Sales (2020) e Alencar (2021), busca não apenas correlacionar estatisticamente variáveis, mas sobretudo compreender as interações ecológicas e climáticas subjacentes que intensificam a vulnerabilidade do Cerrado às queimadas e à desertificação.

Resultados e Discussão

Os resultados preliminares apontam que os meses de agosto e setembro, caracterizados por baixa precipitação e umidade relativa do ar, apresentam maior frequência de incêndios no Triângulo Mineiro, corroborando as análises do INPE e de Alencar (2021). Entretanto, os modelos estatísticos indicam que a precipitação, isoladamente, não explica a totalidade dos eventos, sendo necessário considerar variáveis adicionais, como o uso do solo, a vegetação local e as mudanças climáticas globais (Iberdrola, 2024).

Estudos recentes sobre desertificação (Brasil Escola, 2024; Terra, 2024) reforçam que a degradação ambiental resulta da interação entre fatores naturais e antrópicos, e que a simples recuperação da vegetação nativa não é suficiente para restaurar a funcionalidade ecológica de áreas degradadas (IHU Unisinos, 2024).

Assim, o uso de ferramentas preditivas baseadas em IA pode representar um avanço significativo para antecipar riscos e otimizar recursos destinados à prevenção de queimadas.

Conclusões

O projeto Fire Guardian evidencia a necessidade de integração entre tecnologia, ciência e políticas públicas para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos. A aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial para prever a ocorrência de queimadas no Cerrado oferece um caminho inovador para reduzir os impactos ambientais, sociais e econômicos associados ao fogo e à desertificação.

Além disso, os resultados obtidos podem contribuir para a formulação de estratégias de adaptação às mudanças climáticas, manejo sustentável do solo e proteção da biodiversidade, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 15 – Vida Terrestre.

Referências

ALENCAR, Ane. Queimadas no Cerrado: causas e impactos. IPAM, 2021.

BBC Brasil. Importância do Cerrado para a biodiversidade global. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cjkzpk11e77o>.

BRASIL ESCOLA. Mudanças climáticas: causas e consequências. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/mudancas-climaticas.htm>.

IBERDROLA. Desertificação: causas, exemplos e soluções. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/desertificacao>.

MATALLO JR., E. A. Impactos da desertificação e degradação do solo. Revista Brasileira de Geografia, 1999.

Ministério do Meio Ambiente. Impactos das queimadas no solo e ecossistemas. Relatório Técnico, 2020.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Por que o Cerrado é o bioma mais ameaçado do Brasil. 2021.

OLIVEIRA, Alisson Cleiton et al. Classificação supervisionada de áreas queimadas do Cerrado utilizando séries temporais do sensor WFI. Revista Brasileira de Cartografia, 2024.

SALES, D. P. Análise da distribuição das queimadas no cerrado maranhense. Revista Meio Ambiente, 2020.