



COFFEEFLOW: Desenvolvimento de classificador de doenças e pragas em folhas de café utilizando deep learning

Tiago F. MORAES¹; Diego SAQUI²; Heber R. MOREIRA³

RESUMO

O projeto foi criado para ajudar os agricultores de café a classificar doenças e pragas em folhas da planta. Utilizando redes neurais convolucionais, o sistema fornece informações precisas sobre a saúde da planta. Os resultados obtidos mostram alta precisão na identificação das principais doenças e pragas, tornando o aplicativo uma ferramenta essencial para decisões rápidas e eficazes. Com base nas informações fornecidas, os agricultores podem adotar estratégias adequadas de prevenção e controle, reduzindo os danos e assegurando uma produção de café mais saudável e sustentável.

Palavras-chave:

Agricultura; Cafezal; Inteligência artificial; Redes neurais convolucionais; TensorFlow.

1. INTRODUÇÃO

A suscetibilidade às mudanças climáticas preocupa o mercado global de café devido às potenciais perdas significativas de produtividade. O Brasil, maior produtor mundial de café arábica, cultiva em regiões consideradas pontos críticos de mudanças climáticas. Entre as principais doenças que afetam as plantações estão a ferrugem (*Hemileia vastatrix*), a mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) e a mancha de folha por Phoma (*Phoma spp.*), que podem ser exacerbadas pelas variações climáticas (DIAS *et al.*, 2024). O país mantém um vínculo cultural e afetivo profundo com o café, fruto de sua relevância histórica e econômica no desenvolvimento do país. Além de ser um dos maiores exportadores de café no cenário global, ele também se destaca entre os principais consumidores da bebida (SANTOS *et al.*, 2024).

A implementação de tecnologias de IA possibilita a classificação do café com base em diversos atributos, como maturidade, intensidade da torra, identificação de doenças, perfis de sabor e qualidade geral. Esse avanço tecnológico tem o potencial de revolucionar a cafeicultura, oferecendo aos produtores e especialistas agrícolas ferramentas avançadas para aumentar a eficiência da produção, reduzir custos e aprimorar a precisão e a confiabilidade nos processos de tomada de decisão (MOTTA *et al.*, 2024).

Para superar esses desafios, este estudo busca implementar um classificador baseado em

¹Discente do Bacharelado em Ciência da Computação, IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. E-mail: tiago.fernandes@alunos.ifsuldeminas.edu.br

²Orientador, Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Campus São Sebastião do Paraíso. E-mail: diego.saqui@ufla.br

³Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho. E-mail: heber.moreira@muz.ifsuldeminas.edu.br.

algoritmos de Aprendizado de Máquina, com foco em redes neurais convolucionais (CNNs), voltado para a detecção e classificação de doenças em plantações de café. No futuro, o modelo será integrado a um aplicativo móvel que permitirá que agricultores capturem imagens das folhas de café com seus smartphones, facilitando a identificação precoce de doenças e a adoção de medidas corretivas. Na visão computacional, grandes avanços foram alcançados em diversas áreas, como a classificação de imagens, segmentação semântica, detecção de objetos e reconstrução de imagens em super-resolução, impulsionados pelo rápido desenvolvimento desse tipo de rede (ZHAO *et al.*, 2024).

Diversos modelos de redes neurais convolucionais (CNN) pré-treinados, como ResNet, VGG, Inception e MobileNet, foram aplicados a um conjunto de dados contendo imagens de folhas de plantas afetadas por diferentes doenças, e os resultados dos parâmetros treináveis forneceram insights significativos sobre a eficiência e eficácia de cada modelo, evidenciando que alguns se destacaram em precisão, velocidade e capacidade de generalização na detecção de doenças foliares (ALAM *et al.*, 2024).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o conjunto de dados de imagens de folhas de café arábica JMuBEN (JEPKOECH *et al.*, 2021) e JMuBEN2 (JEPKOECH *et al.*, 2021). As imagens foram capturadas diretamente em plantações de café no condado de Kirinyaga, Quênia, sob condições reais, com o uso de uma câmera digital e com o suporte de um patologista. O conjunto JMuBEN contém três arquivos compactados: o primeiro com 7.682 imagens de Cercospora, o segundo com 8.337 imagens de ferrugem, e o terceiro com 6.572 imagens de Phoma. Já o JMuBEN2 possui dois arquivos, um com 16.979 imagens de mineiro e outro com 18.985 imagens de folhas saudáveis. No total, o conjunto reúne 58.555 imagens, classificadas em cinco categorias: Phoma, Cercospora, Ferrugem, Saudável e Mineiro. As 2.980 imagens foram organizadas em três pastas principais: "train", "validation" e "test". Cada uma dessas pastas contém subpastas para as respectivas classes, com a seguinte distribuição de imagens: aproximadamente 88% na pasta "train", cerca de 6,4% na pasta "validation" e aproximadamente 5,7% na pasta "test".

Este projeto empregará redes neurais convolucionais (CNN), que são amplamente reconhecidas pela sua capacidade de "aprender" representações hierárquicas de características presentes nas imagens de entrada, sendo particularmente eficientes na classificação de imagens.

O classificador, baseado em redes neurais convolucionais (CNN), recebe uma fotografia de uma folha de café como entrada e realiza uma previsão sobre sua condição. Ao processar a imagem, a CNN passa a fotografia por diversas camadas convolucionais e de pooling, extraindo características importantes e identificando padrões específicos de cada categoria: Phoma,

Cercospora, Ferrugem, Saudável e Mineiro. Por meio desse processo, o classificador é capaz de determinar com alta precisão a classe a que a folha pertence, auxiliando na detecção de doenças e facilitando a tomada de decisões no manejo das plantações de café.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este projeto visa desenvolver e validar um modelo de rede neural convolucional, em conjunto com o modelo pré-treinado Inception, para identificar doenças e pragas em folhas de café. A identificação precisa desses problemas é crucial para garantir a saúde das plantações e otimizar a produção. Utilizando técnicas avançadas de aprendizado de máquina, espera-se que o modelo auxilie os agricultores na tomada de decisões mais informadas, promovendo, assim, uma maior eficiência no combate a doenças agrícolas.

O modelo foi treinado com um extenso conjunto de imagens de folhas de café afetadas por diversas doenças e pragas, proporcionando uma base sólida para a classificação. Nos testes, realizados com 2.980 imagens, a rede neural convolucional apresentou uma acurácia de 74,11%, o que demonstra seu potencial. Mesmo em ambientes variados e com diferentes condições de imagem, o classificador manteve uma boa taxa de assertividade. Esse resultado inicial é promissor e indica a robustez do modelo desenvolvido.

Encontrar um conjunto de imagens balanceado e que realmente corresponda às diversas doenças que afetam as plantações de café é um desafio significativo. Muitas vezes, as bases de dados disponíveis apresentam uma representação desigual das diferentes condições patológicas, o que pode resultar em um viés na performance do modelo. Além disso, a variação nas condições ambientais e na aparência das folhas, dependendo do estágio de infecção e de fatores como a iluminação, dificulta ainda mais a identificação precisa das doenças. Essa falta de um conjunto de dados robusto e representativo pode limitar a eficácia do classificador e sua capacidade de generalizar para situações do mundo real.

O modelo pode ser aprimorado de diversas maneiras, incluindo a utilização de outros modelos pré-treinados disponíveis no TensorFlow como os já citados e o balanceamento do conjunto de dados. Essas abordagens visam garantir que o modelo aprenda a tratar cada classe, representando diferentes doenças, de maneira mais eficaz. O uso de modelos pré-treinados pode acelerar o processo de aprendizado e melhorar a precisão, enquanto o balanceamento do conjunto de dados é crucial para evitar viés e garantir que todas as classes sejam representadas de forma equitativa.

Com os resultados alcançados, o próximo passo é ampliar a capacidade do classificador. Pretende-se incorporar novas doenças e pragas ao modelo, tornando-o mais versátil e eficaz para diferentes cenários agrícolas. A expansão permitirá que o aplicativo seja uma referência em projetos

futuros e adaptável a outras culturas agrícolas. Assim, o impacto positivo da ferramenta pode se estender para diversos setores da agricultura, trazendo avanços significativos no combate a pragas e doenças.

4. CONCLUSÃO

Em resumo, este trabalho evidenciou a eficácia e viabilidade das redes neurais convolucionais na classificação de doenças e pragas em folhas de café. Essa tecnologia tem o potencial de revolucionar a cafeicultura brasileira, permitindo uma gestão mais inteligente e sustentável das plantações. Além disso, pode contribuir para o desenvolvimento econômico das comunidades rurais ao otimizar o controle de pragas e doenças, resultando em maior produtividade e qualidade do café.

REFERÊNCIAS

ALAM, T.S., JOWTHI, C.B. & PATHAK, A. Comparing pre-trained models for efficient leaf disease detection: a study on custom CNN. **Journal of Electrical Systems and Inf Technol** **11**, **12**, 2024. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00137-1>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s43067-024-00137-1>>. Acesso em: 01 nov. 2024.

DIAS, Cássia Gabriele; MARTINS, Fabrina Bolzan; MARTINS, Minella Alves. Climate risks and vulnerabilities of the Arabica coffee in Brazil under current and future climates considering new CMIP6 models. **Science of The Total Environment**, v. 907, p. 167753, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724039949#preview-section-references>>. Acesso em: 15 set. 2024.

JEPKOECH, J.; MUGO, D.; KENDUIYWO, B.; CHEBET, E. JMuBEN2. **Mendeley Data**, V1, 2021. DOI: 10.17632/tgv3zb82nd.1

JEPKOECH, J.; KENDUIYWO, B.; MUGO, D.; CHEBET, E. JMuBEN. **Mendeley Data**, V1, 2021. DOI: 10.17632/t2r6rszp5c.1

MOTTA, I. V. de C.; VUILERME, N.; PHAM, H.-H.; FIGUEIREDO, F. A. P. de. Machine Learning Techniques for Coffee Classification: A Comprehensive Review of Scientific Research. **Preprints**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1462.v1>. Disponível em: <<https://www.preprints.org/manuscript/202406.1462/v1>>. Acesso em: 15 set. 2024.

SANTOS, Marco Vinícius Correia dos; CONCEIÇÃO, Naiara de Amorim; BAPTISTA, José Abel de Andrade; NOVAIS, Rosana Aparecida Bueno. O Processo de Exportação do Café Robusta da Amazônia. **Revista do Encontro de Gestão e Tecnologia**, [S. l.], v. 1, n. 04, p. 27–34, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.11395477. Disponível em: <http://revista.fateczl.edu.br/index.php/engetec_revista/article/view/111>. Acesso em: 14 set. 2024.

ZHAO, X., WANG, L., ZHANG, Y. *et al.* A review of convolutional neural networks in computer vision. **Artificial Intelligence Review**, v. 57, n. 4, p. 99, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10721-6>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-024-10721-6>>. Acesso em: 15 set. 2024.