



Processamento Digital de Imagens Combinado com Aprendizado de Máquina: Uma Nova Abordagem para Classificação de Pólen de Abelhas

Caroline Simão¹ (PG)*, Vanderlei Aparecido Lima² (PQ), Maria Lurdes Felsner¹ (PQ)

*112305@unicentro.edu.br

1. Departamento de Química, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 85015-430 Guarapuava, PR, Brasil. 2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 85503-390 Pato Branco, PR, Brasil.

Palavras Chave: Pólen de abelha, Espécie de abelha, Classificação, Processamento digital de imagens, Aprendizado de máquina.

Introdução

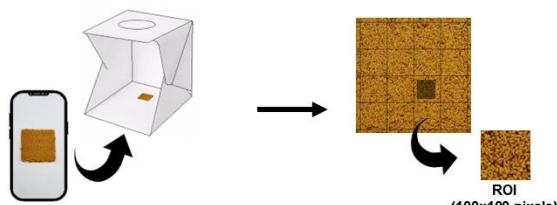
O pólen de abelhas, fundamental para o desenvolvimento das colmeias, é uma fonte rica em proteínas e nutrientes, com composição variável influenciada pela origem vegetal e pela espécie de abelha. Em vista disso, é considerado um promissor suplemento alimentar e ingrediente de formulações biomédicas.^{1,2}

Pólenes de abelhas sem ferrão tem ganhado destaque por sua composição química e fitoquímica diferenciada. A classificação do pólen, quanto a espécie de abelha pela combinação do processamento digital de imagens e aprendizado de máquina tem potencial para desvendar sua variabilidade e potencializar suas aplicações.^{2,3}

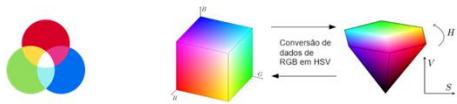
Resultados e discussão

O fluxograma experimental seguido para classificação do pólen é descrito na figura 1.

1. Aquisição e processamento digital de imagens



2. Canais RGB e Histogramas de índice de cor



3. VIF

<10

4. Conjunto de dados

Calibração 70% Validação 30%

5. Algoritmo

CatBoost
Python 3.12.0

6. Índices de Avaliação dos Modelos

Acurácia	Sensibilidade
Precisão	F1 - Score

Inserido o programa utilizado na modelagem

Figura 1. Pipeline de Aprendizado de Máquina para Imagens

A Análise Discriminante Linear (LDA) revelou que a tonalidade (parâmetro H) e a luminosidade (parâmetro V) do pólen foram os fatores mais importantes para discriminar as espécies de abelhas. A LDA conseguiu classificar as amostras de pólen em cinco grupos distintos, correspondentes a cada espécie de abelha, utilizando duas funções discriminantes (LD1 e LD2), que explicavam 100% da variância: LD1 = 61,02% e LD2 = 39,58%.

O algoritmo CatBoost demonstrou um alto desempenho para classificação de amostras de pólen quanto a espécie de abelha, alcançando uma acurácia de 98,9% na etapa de validação externa. O modelo foi capaz de classificar corretamente a espécie de abelha em mais de 97% dos casos, com uma precisão média de 98,8%, sensibilidade média de 98,4%, F1-score médio de 98,7% e uma acurácia média de 98,9%. As espécies de abelhas analisadas foram: *Apis mellifera*, *Melipona marginata*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragona claviger*.

Conclusões

O estudo demonstrou a eficácia de técnicas de visão computacional para classificar pólen de diferentes espécies de abelhas, garantindo a autenticidade do produto e abrindo caminho para pesquisas envolvendo a inteligência artificial na sua caracterização.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes, à Unicentro e ao PPGQAA.

Referências e notas

- (1) Laaroussi, H. et al. Food Chemistry, v. 405, p. 134958, mar. 2023.
- (2) Breda, S. L. et al. Food Research Int., p.113958, jan. 2024.
- (3) Salazar-González, C. Y. et al. Computers and Electronics in Agriculture, v. 175, p. 105601, ago. 2020.