



CATEGORIZAÇÃO DE VARIEDADES HÍBRIDAS EM MILHO COM ALGORITMO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA E DADOS ESPECTRAIS DE UAV

Gabriel A. J. FERRAZ¹; José L. de A. R. PEREIRA²; Wender H. B. da SIVA³; Marcelo A. J. FERRAZ⁴; Fernando da S. BARBOSA⁵.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo investigar o uso de imagens obtidas por veículo aérea não tripulado (UAV) e o algoritmo de Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) para classificar quatro híbridos de milho. O estudo foi realizado na Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS, em Inconfidentes-MG, onde foram coletados dados espectrais das bandas RGB de 20 parcelas experimentais. Utilizando o kernel RBF, o SVM foi treinado para maximizar a discriminação entre as classes. As métricas de acurácia (0,90), índice Kappa (0,87), precisão (0,90), recall (0,92), especificidade (0,97) e F1-score (0,89), indicam o potencial do algoritmo SVM na categorização das variedades híbridas de milho. Os resultados destacaram a eficácia do uso de aprendizado de máquina e sensoriamento remoto para distinguir os híbridos de milho, com exceção do B2688 PWU, que apresentou 10% de erros de predição. O estudo reforça o potencial de métodos não destrutivos na agricultura para melhorar a seleção de variedades híbridas e otimizar a produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays*; Fenotipagem; Espectral; Classificação; Análise descritiva.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do milho é crucial para a economia e a segurança alimentar, devido aos seus múltiplos usos no qual é empregado, assim a caracterização agrônômica é essencial para que os produtores escolham materiais adequados às condições locais, maximizando a produtividade e reduzindo o uso de insumos, conseqüentemente, o país é o terceiro maior produtor mundial de milho (CONTINI et al., 2019). Da mesma forma, dados da CONAB (2023) mostram que a safra 22/23 foi positiva, com uma produção de 131,865 milhões de toneladas em 22,267 milhões de hectares, resultando em uma produtividade média de 5.922 kg por hectare.

Portanto, a fenotipagem de alto rendimento é uma alternativa viável para maximizar ainda mais o monitoramento do desenvolvimento da cultura e a caracterização das plantas de milho, utilizando uma ampla gama de sensores fixados em plataformas terrestres, veículos aéreos não tripulados (UAV) ou via satélite. A utilização de imagens de UAV permite explorar recursos que antes não eram viáveis, como por exemplo, estimar o volume de biomassa verde nas plantas de milho (DANILEVICZ et al., 2021). O que incentiva o desenvolvimento de métodos alternativos, mais eficientes e precisos para melhor representar as condições de campo.

¹Bolsista PIBIC/CNPq, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: ferrazgf18@gmail.com.

²Coorientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³Discente do mestrado, UFLA – *Campus* Lavras. E-mail: wender17henrique@gmail.com.

⁴Discente do doutorado, UFLA – *Campus* Lavras. E-mail: harasmjf@gmail.com.

⁵Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br.

Recentemente, trabalhos tem feito a integração entre o aprendizado de máquinas e dados espectrais obtidos pela UAV. Os avanços em algoritmos de aprendizado de máquina têm impulsionado ainda mais o uso de imagens RGB na classificação de características fenotípicas na cultura do milho. Algoritmo como Máquina de Vetores de Suporte (SVM) é amplamente utilizado para essa finalidade, demonstrando alto desempenho de classificação para imagens digitais no campo da visão computacional (Onishi; Ise, 2021). O SVM é reconhecido por seu desempenho em tarefas de classificação onde as classes são não linearmente separáveis (Ferraz et al., 2024). Neste contexto, este estudo teve como objetivo categorizar e identificar quatro híbridos de milho usando o algoritmo SVM a partir de imagem obtida por UAV.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada em Inconfidentes-MG, na Fazenda-Escola do IFUSLDEMINAS *Campus* Inconfidentes, situada a 914 m de altitude (22°18'37" S, 46°19'55" W). A área foi dividida em 20 parcelas, sob sistema de plantio convencional, espaçamento de 0,8 m entre linhas, população final de 75.000 plantas ha⁻¹, semeadura realizada no dia 01 de novembro de 2023 e utilizado os híbridos de milho B2612 PWU, B2620 PWU e B2782 PWU, ambos adaptados as condições edafoclimáticas da região. Os tratos culturais foram realizados igualmente para todas as parcelas.

O algoritmo SVM foi utilizado para a classificação de quatro híbridos a partir de dados espectrais obtidos por um UAV. Os hiperparâmetros definidos foram: uma margem controlada pela regularização C=1, kernel linear, gamma=1, tolerância de 0.001 e epsilon=0,1. E uma validação cruzada foi aplicada para evitar overfitting.

Foram gerados 10 pontos amostrais aleatoriamente em cada parcela, no estágio fenológico V8 e extraídos os valores espectrais das bandas individualizadas no espectro do visível (RGB) (Figura 1). Em seguida, foram calculadas as estatísticas média, mediana, variância e coeficiente de variação de cada banda. A partir desses valores, foi gerado um banco de dados multidimensional, cujas bandas e estatísticas foram utilizadas como variáveis preditoras. Os híbridos de milho foram considerados como variável resposta para o algoritmo de classificação. O desempenho do algoritmo SVM foi avaliado através das métricas estatísticas: acurácia, índice Kappa, precisão, *recall*, especificidade e F1-score.

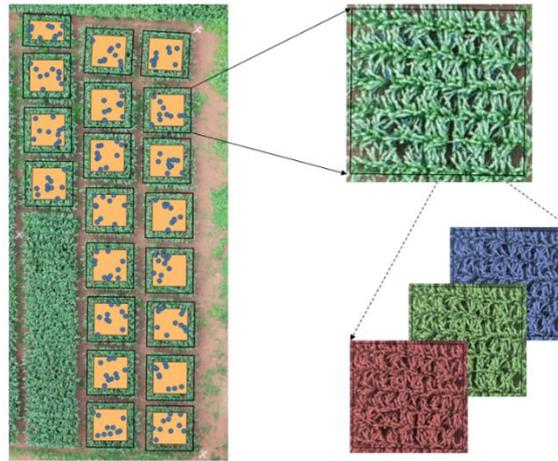


Figura 1 – Pontos amostrais no espectro visível em cada parcela.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo SVM demonstrado no estudo classificou os híbridos de milho a partir de dados espectrais extraídos de bandas individualizadas. As métricas estatísticas de acurácia (0,90), índice Kappa (0,87), precisão (0,90), *recall* (0,92), especificidade (0,97) e F1-score (0,89), permitiram inferir o algoritmo realizou a discriminação das classes de estudo (Figura 2). Os valores de acurácia e precisão indicam a frequência com que o classificador estima corretamente as classes propostas, com valores mais próximos de 1,0 indicando o excelente ajuste do modelo às classes propostas (Fao, 2016). Considerando os níveis de avaliação do índice Kappa, valores acima de 0,81 indicam excelente desempenho (Landis; Koch, 1977).

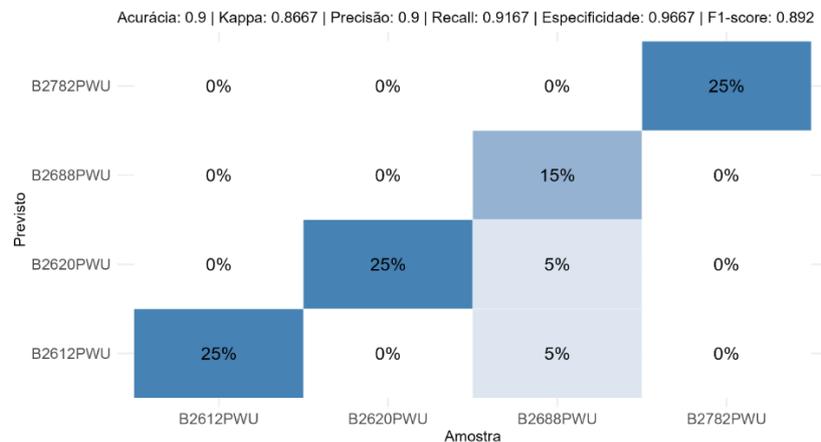


Figura 2 – Matriz de confusão para o algoritmo Máquinas de Vetores de Suporte.

Os resultados demonstram que foram realizadas as classificações de forma correta, destacando o potencial da análise de imagens e aprendizado de máquina para distinguir os híbridos de milho B2612 PWU, B2620 PWU e B2782 PWU. Com exceção para o híbrido de milho B2688 PWU que 10% das predições foram errôneas.

5. CONCLUSÃO

A integração de algoritmo de aprendizado de máquina e imagens aéreas obtidas por UAV, é

uma ferramenta para a categorização de variedades híbridas de milho. A aplicação do algoritmo SVM na tarefa de classificação e identificação de variedades híbridas de milho, apresentou resultados promissores e possibilitou a discriminação entre os híbridos, exceto para o híbrido B2688 PWU, que apresentou um erro de 10%. Esses achados ressaltam o potencial do uso de sensoriamento remoto semi-orbital e algoritmo de aprendizado de máquina como ferramentas valiosas na agricultura de precisão, proporcionando um método não destrutivo e mais preciso para a seleção e identificação de variedades em campos de melhoramento genético e ensaios de competição na cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, aos professores, ao grupo GEAGRO e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 8 oitavo levantamento, maio 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 ago. 2024.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Milho: Caracterização e desafios tecnológicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 45 p. (Série Desafios do Agronegócio Brasileiro). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

DANILEVICZ, M. F.; BAYER, P. E.; BOUSSAID, F.; BENNAMOUN, M.; EDWARDS, D. Maize yield prediction at an early developmental stage using multispectral images and genotype data for preliminary hybrid selection. *Remote Sensing*, v.13, n.19, p.3976, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs13193976>. Acesso em: 06 set. 2024.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide**; FAO: Rome, Italy, 2016; Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5601e.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024

FERRAZ, M. A. J.; BARBOZA, T. O. C.; ARANTES, P. de S.; VON PINHO, R. G.; SANTOS, A. F. dos. Integrating Satellite and UAV Technologies for Maize Plant Height Estimation Using Advanced Machine Learning. *Agriengineering*, v. 6, n. 1, p. 20-33, 5 jan. 2024. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/agriengineering6010002>. Acesso em: 01 set. 2024

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. A One-Way Components of Variance Model for Categorical Data. *Biometrics*, v. 33, n. 4, p. 671, dez. 1977. JSTOR. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2529465>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ONISHI, M.; ISE, T. Explainable identification and mapping of trees using UAV RGB image and deep learning. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 99-99, 13 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-79653-9>. Acesso em: 23 ago. 2024.