

IDEAU

IDENTIFICAÇÃO DE ERVAS DANINHAS EM CULTURAS DE MILHO USANDO OPENCV E SVM: REDUZINDO HERBICIDAS E AUMENTANDO A PRODUTIVIDADE

WEED IDENTIFICATION IN CORN CROPS USING OPENCV AND SVM: REDUCING HERBICIDES AND INCREASING PRODUCTIVITY

IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS EN CULTIVOS DE MAÍZ USANDO OPENCV Y SVM: REDUCCIÓN DE HERBICIDAS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Aloísio Alkmim de Oliveira Filho

Bacharel em Zootecnia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, Brasil. E-mail: aloisioalkmim@outlook.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1794-3833>

Sánara Adrielle França Melo

Mestre em Ciência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Garanhuns, Pernambuco, Brasil. E-mail: adrielle_fm@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3337-3597>

Maria das Graças de Farias Pinto

Doutora em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: pintogra@ufba.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-3437-1597>

Ingrid Menezes Santos Camera

Bacharel em Zootecnia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, Brasil. E-mail: ingridcamera@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-4336-7994>

RESUMO

Usando OpenCV e um algoritmo de Máquina de Vetores de Suporte (SVM), desenvolvemos um sistema para identificar ervas daninhas em culturas de milho. O modelo, treinado com 1.200 imagens, atingiu uma precisão de 90%. Para coletar os dados, capturamos 1.500 imagens com smartphones, anotando manualmente 1.000 imagens contendo ervas daninhas e 500 sem. Essas imagens foram organizadas em uma base de dados, categorizadas por tipo de planta e divididas em 80% para treinamento e 20% para teste. Desenvolvemos uma interface web intuitiva onde os agricultores podem enviar imagens de suas

Submitted on: 10.14.2024 | Accepted on: 10.16.2024 | Published on: 10.28.2024

colheitas, que são analisadas para detectar a presença e o tipo de ervas daninhas. Em testes de campo realizados em uma área piloto de 10 hectares, o sistema identificou corretamente 85% das ervas daninhas, permitindo um controle mais preciso dos herbicidas e uma redução de 20% no uso de herbicidas. Essa redução resultou em um aumento de 10% na produtividade das culturas e uma diminuição de 15% nos custos de gestão. Além disso, a redução no uso de herbicidas contribuiu significativamente para a sustentabilidade ambiental. Em conclusão, o projeto demonstrou que um simples sistema de identificação de ervas daninhas, usando câmeras comuns e algoritmos de visão computacional, pode ser eficaz e economicamente viável. Os resultados indicam que essa tecnologia tem grande potencial para melhorar a sustentabilidade e a produtividade das culturas de milho, ao mesmo tempo que reduz os impactos ambientais. Pesquisas futuras poderiam expandir essa tecnologia para outras culturas e áreas maiores, ampliando ainda mais os benefícios econômicos e ambientais para os agricultores.

Palavras-chave: Pastagens. Plantas Daninhas. Produtividade. Manejo Sustentável.

ABSTRACT

Using OpenCV and a Support Vector Machine (SVM) algorithm, we developed a system to identify weeds in corn crops. The model, trained with 1,200 images, achieved an accuracy of 90%. To collect the data, we captured 1,500 images with smartphones, manually annotating 1,000 images containing weeds and 500 without. These images were organized into a database, categorized by plant type, and split into 80% for training and 20% for testing. We developed an intuitive web interface where farmers can upload images of their crops, which are then analyzed to detect the presence and type of weeds. In field tests conducted over a 10-hectare pilot area, the system correctly identified 85% of the weeds, allowing for more precise herbicide control and a 20% reduction in herbicide use. This reduction resulted in a 10% increase in crop productivity and a 15% decrease in management costs. Additionally, the reduction in herbicide use significantly contributed to environmental sustainability. In conclusion, the project demonstrated that a simple weed identification system, using common cameras and computer vision algorithms, can be effective and economically viable. The results indicate that this technology holds great potential to improve the sustainability and productivity of corn crops while reducing environmental impacts. Future research could expand this technology to other crops and larger areas, further enhancing the economic and environmental benefits for farmers.

Keywords: Pastures. Weeds. Productivity. Sustainable Management.

RESUMEN

Usando OpenCV y un algoritmo de Máquina de Vectores de Soporte (SVM), desarrollamos un sistema para identificar malezas en cultivos de maíz. El modelo, entrenado con 1.200 imágenes, alcanzó una precisión del 90%. Para recopilar los datos, capturamos 1.500 imágenes con teléfonos inteligentes, anotando manualmente 1.000 imágenes que contenían malezas y 500 sin ellas. Estas imágenes se organizaron en una base de datos, categorizadas por tipo de planta y divididas en un 80% para el entrenamiento y un 20% para las pruebas. Desarrollamos una interfaz web intuitiva donde los agricultores pueden subir imágenes de sus cultivos, que luego son analizadas para detectar la presencia y el tipo de malezas. En pruebas de campo realizadas en una área piloto de 10 hectáreas, el sistema identificó correctamente el 85% de las malezas, lo que permitió un control más preciso de los herbicidas y una reducción del 20% en su uso. Esta reducción resultó en un aumento del 10% en la productividad de los cultivos y una disminución del 15% en los costos de gestión. Además, la reducción en el uso de herbicidas contribuyó significativamente a la sostenibilidad ambiental. En conclusión, el proyecto demostró que un sistema simple de identificación de malezas, utilizando cámaras comunes y algoritmos de visión por computadora, puede ser eficaz y económicamente viable. Los resultados indican que esta tecnología tiene un gran potencial para mejorar la sostenibilidad y la productividad de los cultivos de maíz, al tiempo que reduce los impactos ambientales. La investigación futura podría ampliar esta tecnología a otros cultivos y áreas más grandes, aumentando aún más los beneficios económicos y ambientales para los agricultores.

Palabras clave: Pastos. Malas hierbas. Productividad. Gestión Sostenible.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental na economia global, servindo como base para a produção de alimentos (como milho, soja, arroz, entre outros), matérias-primas (por exemplo, látex extraído de seringueiras para a produção de borracha) e combustíveis renováveis (como o etanol, que pode ser produzido a partir de fontes como milho, cana-de-açúcar, entre outras). A agricultura também tem um grande papel social ao fornecer emprego e renda para muitas famílias no Brasil. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2024), o setor do agronegócio empregou aproximadamente 28,3 milhões de pessoas em 2023, representando 26,8% do total de empregos no país.

A produção de milho é de extrema importância globalmente, pois é um

cereal utilizado tanto para o consumo humano quanto animal, além de ser matéria-prima para a produção de outros produtos. O milho é um alimento de baixo custo que é básico para uma grande parte da população mundial (Veja, 2024). Economicamente, o milho impulsiona uma extensa cadeia de abastecimento, que inclui agroindústrias, transporte e comércio internacional. Países como o Brasil, Argentina e Estados Unidos dominam as exportações de milho, abastecendo não apenas mercados alimentares, mas também setores como a produção pecuária e a energia renovável. A alta demanda global por milho faz dele um pilar de estabilidade econômica e crescimento para essas nações (Dalzotto Artuzo *et al.*, 2019).

Como mostra Oliveira Filho *et al.*, (2024) as plantas daninhas representam um dos maiores desafios no manejo de pastagens, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde sua diversidade e agressividade competem diretamente com as gramíneas forrageiras por luz, água e nutrientes. O Brasil tornou-se o maior exportador de milho do mundo durante a safra 2022/2023, um sucesso atribuído às condições favoráveis de solo e clima para a produção e à adoção de novas tecnologias voltadas para o aumento da produtividade do milho. Essas tecnologias incluem o uso de defensivos agrícolas, manejo adequado do solo, novas cultivares e controle eficiente de plantas daninhas, que competem com as culturas por nutrientes do solo (SNA, 2024).

As plantas daninhas impactam negativamente as lavouras de milho, competindo por água, nutrientes e luz solar, o que pode reduzir drasticamente a produtividade. Muitas vezes, as plantas daninhas crescem mais rápido e possuem sistemas radiculares mais agressivos, absorvendo água e nutrientes antes que as plantas de milho consigam. Além disso, algumas plantas daninhas podem bloquear a luz solar necessária para a fotossíntese, prejudicando o desenvolvimento das culturas. Sem um controle adequado, as perdas de produtividade podem chegar a até 80%. O manejo eficaz, incluindo o uso de herbicidas e práticas culturais, é essencial para mitigar esses efeitos (Costa *et al.*, 2019).

O controle de plantas daninhas na agricultura é amplamente realizado por meio do uso de herbicidas, devido à sua eficácia e rapidez no manejo de grandes

áreas. No entanto, essa prática apresenta desafios significativos, como os altos custos, especialmente para pequenos agricultores com restrições financeiras, e o impacto ambiental, incluindo a contaminação do solo e da água, além dos efeitos adversos sobre organismos não-alvo e a saúde humana. Um problema crescente é a resistência das plantas daninhas aos herbicidas, causada pelo uso repetitivo de produtos com o mesmo modo de ação, tornando o controle químico menos eficaz e aumentando a necessidade de doses mais altas ou novos produtos, resultando em maiores custos e impactos ambientais. Além disso, regulamentações mais rigorosas e a pressão social por práticas agrícolas sustentáveis têm limitado o uso de certos herbicidas, impulsionando a adoção de práticas de manejo integrado de plantas daninhas, que combinam métodos químicos, mecânicos, culturais e biológicos para promover a sustentabilidade econômica e ambiental (Heap; Duke, 2017; Erivelto Tadeu, 2023).

O uso de tecnologias modernas, como visão computacional e aprendizado de máquina, apresenta uma alternativa promissora para resolver problemas agrícolas complexos, como o manejo de plantas daninhas. Essas tecnologias permitem a análise precisa e automatizada de grandes quantidades de dados, como imagens capturadas por drones ou smartphones, para identificar e classificar plantas daninhas nas lavouras. Isso possibilita a aplicação mais eficiente de insumos agrícolas, como herbicidas, reduzindo custos, minimizando o impacto ambiental e aumentando a produtividade e a sustentabilidade das práticas agrícolas (Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018; Liakos *et al.*, 2018).

O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento e a avaliação de um sistema baseado em visão computacional e algoritmos de Máquina de Vetores de Suporte (SVM) para a identificação de plantas daninhas em lavouras de milho. Este trabalho busca enfrentar a ineficiência dos métodos tradicionais de controle de plantas daninhas e o impacto negativo do uso excessivo de herbicidas. Tradicionalmente, o controle de plantas daninhas é realizado por meio da aplicação generalizada de herbicidas, o que pode ser caro, ineficaz e prejudicial ao meio ambiente. O sistema proposto utiliza visão computacional e algoritmos SVM para identificar automaticamente plantas daninhas nas lavouras, permitindo uma aplicação mais precisa de herbicidas, reduzindo o uso

excessivo, diminuindo os custos e aumentando a produtividade, ao mesmo tempo que contribui para a sustentabilidade ambiental.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do sistema de identificação de plantas daninhas em lavouras de milho, um total de 1.500 imagens foi capturado utilizando smartphones convencionais equipados com câmeras de alta resolução. As imagens foram tiradas diretamente das áreas de plantio de milho, garantindo uma amostra representativa das condições reais encontradas nos campos. Durante a fase de coleta, foi realizada a anotação manual das imagens, categorizando 1.000 como contendo plantas daninhas e 500 como não contendo. As imagens foram capturadas em diversas condições de iluminação e ângulos para maximizar a variabilidade dos dados.

As imagens coletadas passaram por uma fase de pré-processamento utilizando a biblioteca OpenCV, com o objetivo de otimizar a entrada de dados para o treinamento do modelo SVM. As etapas de pré-processamento incluíram o redimensionamento das imagens para 256x256 pixels, a conversão para escala de cinza e a redução de ruído aplicando filtros de suavização (blur). Além disso, a equalização de histograma foi utilizada para melhorar o contraste das imagens. Essas etapas foram essenciais para garantir que o algoritmo pudesse extrair de forma eficaz as características relevantes das imagens.

O algoritmo SVM foi empregado para classificar as imagens em duas categorias: com plantas daninhas e sem plantas daninhas. O conjunto de dados foi dividido em 80% para treinamento (960 imagens) e 20% para teste (240 imagens). A implementação do SVM foi realizada utilizando a biblioteca Scikit-learn. O modelo foi configurado com o kernel de função de base radial (RBF) devido à sua capacidade de lidar com conjuntos de dados não linearmente separáveis. Durante o treinamento, as características das imagens foram extraídas utilizando técnicas de detecção de bordas (Canny) e transformadas em vetores de características para entrada no modelo SVM. A validação cruzada (cinco vezes) foi realizada para minimizar o sobreajuste.

Desenvolvemos uma interface web intuitiva para facilitar o uso da tecnologia pelos agricultores. A interface foi construída usando HTML, CSS e JavaScript no front-end, enquanto o back-end foi implementado usando Flask, integrando o modelo SVM. Por meio dessa interface, os agricultores podem fazer upload de imagens de seus campos, que são processadas em tempo real pelo sistema para identificar a presença de plantas daninhas. Os resultados da análise são exibidos imediatamente, indicando o número de plantas daninhas detectadas e as espécies predominantes.

Testes de campo foram conduzidos em uma área piloto de 10 hectares, onde o sistema foi utilizado para identificar plantas daninhas em lavouras reais de milho. Durante os testes, 200 imagens adicionais foram capturadas e analisadas pelo sistema. O desempenho do modelo foi avaliado com base em métricas como precisão, recall e F1-score. O sistema atingiu 85% de acurácia na identificação de plantas daninhas, com uma redução de 20% no uso de herbicidas. Essa redução no uso de químicos resultou em um aumento de 10% na produtividade da lavoura e uma economia de 15% nos custos de manejo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo SVM treinado com 1.200 imagens alcançou uma taxa de acurácia de 90% durante os testes, superando as expectativas iniciais para a identificação de plantas daninhas em lavouras de milho. A aplicação desse modelo já se mostrou eficaz em outras áreas da agricultura (Alonso *et al.*, 2018). Os resultados demonstraram que técnicas de processamento de imagens, como detecção de bordas e equalização de histograma, contribuíram significativamente para a extração eficaz de características, permitindo que o modelo distinguisse com precisão plantas daninhas de outras vegetações. Durante a validação cruzada, o modelo manteve uma taxa de acurácia estável, com variações mínimas entre diferentes conjuntos de dados, indicando uma boa capacidade de generalização.

Os testes de campo realizados em uma área piloto de 10 hectares mostraram uma taxa de acurácia de 85% na identificação de plantas daninhas.

Embora esse desempenho seja ligeiramente inferior aos 90% alcançados em condições controladas, a diferença é esperada devido às variações nas condições de campo, como iluminação, presença de outros tipos de vegetação e diferenças nos ângulos de captura de imagens. Testes de campo geralmente apresentam desafios adicionais para a implementação de modelos treinados em ambientes controlados. Variáveis como iluminação, outras plantas e mudanças ambientais afetam diretamente o desempenho de algoritmos de visão computacional. Estudos que comparam a acurácia de modelos de aprendizado de máquina em condições controladas e reais de campo destacam essa diferença, sugerindo a necessidade de ajustes antes da aplicação em larga escala (Hong; Abd El-Hamid, 2020). No entanto, o desempenho foi considerado altamente satisfatório, demonstrando que o sistema é robusto o suficiente para cenários reais de plantio. A taxa de recall, que mede a capacidade do modelo de detectar corretamente as plantas daninhas, foi de 82%, indicando uma baixa taxa de falsos negativos.

Um dos resultados mais impactantes do estudo foi uma redução de 20% no uso de herbicidas sem comprometer o controle eficaz das plantas daninhas. Essa redução foi possibilitada pela capacidade do sistema de identificar com precisão as áreas infestadas, permitindo a aplicação localizada de herbicidas. O uso reduzido de herbicidas não apenas diminuiu os custos de manejo em 15%, mas também aumentou a produtividade da cultura em 10%, devido à menor competição entre as plantas daninhas e o milho. Esse aumento na produtividade sugere que o controle mais preciso de plantas daninhas, combinado com o uso otimizado de insumos, pode resultar em maiores rendimentos para os agricultores.

A redução significativa no uso de herbicidas também trouxe importantes benefícios ambientais. A menor aplicação de produtos químicos contribuiu para a preservação da biodiversidade local e reduziu a contaminação do solo e da água nas áreas de cultivo próximas. Além disso, o uso de tecnologias acessíveis, como câmeras de smartphones e algoritmos de visão computacional, facilita a adoção por pequenos e médios agricultores, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis. Esses resultados reforçam o potencial do sistema para

contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente nas áreas de agricultura sustentável e conservação ambiental. Ademais, a redução no uso de herbicidas confere ao produto um apelo de marketing positivo, promovendo-o como uma opção mais saudável e sustentável para os consumidores (Guilherme Nannini, 2023).

Apesar dos resultados promissores, algumas limitações foram observadas. A acurácia do modelo poderia ser ainda mais aprimorada com a expansão do conjunto de dados de treinamento para incluir imagens em diferentes condições sazonais e climáticas. Além disso, o modelo poderia ser aprimorado para identificar múltiplas espécies de plantas daninhas, não apenas categorizando-as como presentes ou ausentes, mas também classificando diferentes espécies, o que permitiria um controle ainda mais preciso. Pesquisas futuras também poderiam explorar o uso de técnicas de aprendizado profundo, como redes neurais convolucionais (CNNs), que têm demonstrado desempenho superior em tarefas de classificação de imagens, especialmente em cenários complexos. Expandir a aplicação do modelo para outras culturas além do milho também é uma perspectiva interessante, potencialmente aumentando o impacto econômico e ambiental da tecnologia.

O uso de redes neurais convolucionais (CNNs) tem mostrado potencial em várias áreas agrícolas, frequentemente superando abordagens tradicionais como o SVM em tarefas complexas de reconhecimento de imagens. A capacidade das CNNs de aprender automaticamente características de imagens em larga escala sugere que avanços futuros no aprendizado profundo podem aprimorar a identificação de plantas daninhas, melhorando a acurácia e a escalabilidade das soluções atuais (Ferreira, 2017).

4 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a tecnologia tem grande potencial para melhorar a sustentabilidade e a produtividade das lavouras de milho, além de reduzir os impactos ambientais. Pesquisas futuras poderão expandir essa

tecnologia para outras culturas e áreas maiores, aumentando ainda mais os benefícios econômicos e ambientais para os agricultores.

AGRADECIMENTOS

A todos que participaram do Trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, J.; DÍEZ, J.; LUACES, O.; BAHAMONDE, A. A new method to learn growth curves of beef cattle using a factorization approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 151, p. 77–83, 1 ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.033>.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **População ocupada no agro atinge recorde em 2023. 2024**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/populacao-ocupada-no-agro-atinge-recorde-em-2023#:~:text=Setor%20teve%2028%2C3%20mil%C3%B5es>. Acesso em: 10 set. 2024.
- COSTA, T. P. D.; PARANATINGA, I. L. D.; PEREIRA, R. J. B.; SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, P. C. Evaluation of the growth of young corn plants grown in different types of soil. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 1, p. 10–14, 2019. DOI: 10.36560/1212019617. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/617>. Acesso em: 10 set. 2024.
- DALZOTTO ARTUZO, F.; FOGUESATTO, C. R.; DESSIMON MACHADO, J. A.; OLIVEIRA, L.; LEAL DE SOUZA, R. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515–540, 14 maio 2019. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5327>. Acesso em: 8 nov. 2022.
- FERREIRA, A. S. **Redes neurais convolucionais profundas na detecção de plantas daninhas em lavoura de soja** [dissertação]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017. 79 p. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/3101>. Acesso em: 10 set. 2024.
- HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1040–1049, 29 nov. 2017. DOI: 10.1002/ps.4760.
- HONG, G.; ABD EL-HAMID, H. T. Hyperspectral imaging using multivariate analysis for simulation and prediction of agricultural crops in Ningxia, China. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 172, p. 105355, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105355>.
- KAMILARIS, A.; PRENAFETA-BOLDÚ, F. X. Deep learning in agriculture: A survey. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 147, p. 70–90, abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>.
- LIAKOS, K. G.; BUSATO, P.; MOSHOU, D.; PEARSON, S.; BOCHTIS, D. Machine learning in agriculture: A review. **Sensors (Basel)**, v. 18, n. 8, p. 2674, 14 ago. 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30110960>. Acesso em: 10 set. 2024.

NANNINI, G. **Como o consumidor final pode ter um novo olhar para o agro?** *Planeta Campo*, 2023. Disponível em: <https://planetacampo.canalrural.com.br/agricultura/consumidor-um-novo-olhar-para-o-agro/>. Acesso em: 10 set. 2024.

OLIVEIRA FILHO, A. A. de; MELO, S. A. F.; PINTO, M. das G. de F. Impacto das plantas daninhas na produtividade das pastagens: estudo de caso no oeste da Bahia. **RAMVI- Revista De Agronomia E Medicina Veterinária IDEAU**, v. 11, n. 2, e213, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ideau.com.br/index.php/ramvi/article/view/213>. Acesso em: 10 set. 2024.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA (SNA). **O Brasil ultrapassou os Estados Unidos, tornando-se o maior exportador de milho do mundo na safra 2022/2023.** 2024. Disponível em: <https://sna.agr.br/o-brasil-ultrapassou-os-estados-unidos-tornando-se-o-maior-exportador-de-milho-do-mundo-na-safra-2022-2023/>. Acesso em: 10 set. 2024.

TADEU, E. Tendência é de queda de preços no mercado de defensivos agrícolas. **Valor Econômico**, 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/revista-agronegocio/noticia/2023/07/31/tendencia-e-de-queda-de-precos-no-mercado-de-defensivos-agricolas.ghtml>. Acesso em: 10 set. 2024.

VEJA. Milho: alimento e energia para o mundo. **VEJA**, 2024. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/mundo-agro/milho-alimento-e-energia-para-o-mundo>. Acesso em: 10 set. 2024.