



Automatização de detecção de esporos do fungo *Phakopsora Pachyrhizi* em lâminas de microscópio

Automation of spore detection of the fungus *Phakopsora Pachyrhizi* on microscope slides

Messias Xavier Magalhães¹, Prof. Dr. Fabricio Martins Lopes²

RESUMO

Este estudo aborda a ameaça à cultura da soja no Brasil representada pela ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi*. Medidas tradicionais de manejo incluem cultivares resistentes, vazio sanitário e fungicidas, mas o controle eficaz é desafiador. O estudo introduziu uma abordagem inovadora com coletores de esporos e automação. Eles permitem detecção precoce e uso eficiente de fungicidas. O sistema de automação, com microscópio digital e software personalizado, identifica e conta esporos em lâminas coletadas, reduzindo significativamente o tempo de análise. Além disso, o software organiza dados e auxilia a inteligência artificial na marcação precisa de esporos nas imagens. Os resultados demonstram uma melhoria notável no manejo da ferrugem-asiática, com potencial para reduzir perdas de produtividade e otimizar o uso de fungicidas na agricultura brasileira. Essas inovações têm a promessa de revolucionar a abordagem tradicional dessa ameaça à cultura da soja, proporcionando uma solução mais eficaz e eficiente para os agricultores.

PALAVRAS-CHAVE: Automatização; Microscópio digital; *Phakopsora Pachyrhizi*.

ABSTRACT

This study addresses the threat to soybean cultivation in Brazil posed by Asian rust, caused by the fungus *Phakopsora Pachyrhizi*. Traditional management measures include resistant cultivars, crop rotation, and fungicides, but effective control is challenging. The study introduced an innovative approach involving spore collectors and automation. They enable early detection and efficient fungicide use. The automation system, equipped with a digital microscope and custom software, identifies and counts spores on collected slides, significantly reducing analysis time. Additionally, the software organizes data and assists artificial intelligence in precise spore marking within images. The results demonstrate a notable improvement in Asian rust management, with the potential to reduce productivity losses and optimize fungicide use in Brazilian agriculture. These innovations hold the promise of revolutionizing the traditional approach to this soybean cultivation threat, providing a more effective and efficient solution for farmers.

KEYWORDS: Automation; Digital microcospe; *Phakopsora Pachyrhizi*.

INTRODUÇÃO

O fungo *Phakopsora Pachyrhizi* é o agente causador da ferrugem-asiática da soja, um patógeno altamente prejudicial para a cultura de soja no Brasil. Essa doença está amplamente disseminada nas regiões produtoras de soja e pode causar perdas substanciais de produtividade quando não é adequadamente controlada. A disseminação dos esporos desse fungo ocorre principalmente pelo vento, sendo que as condições

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: messiasmagalhaes@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 7351942777222332.

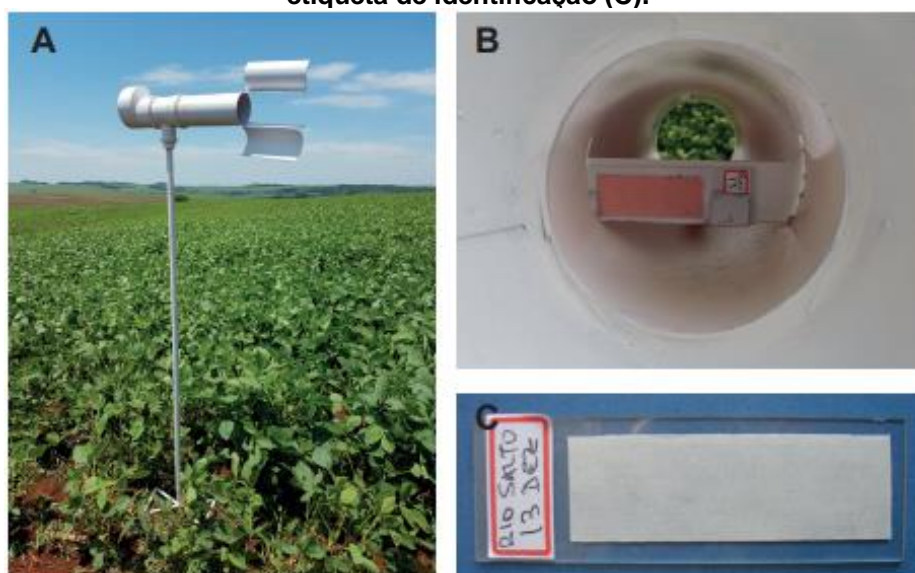
² Docente no DACOM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: fabricio@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1660070580824436.

climáticas ideais para a sua proliferação incluem uma faixa de temperatura entre 15°C e 25°C, com um mínimo de seis horas de umidade (SEIXAS et al., 2020).

As estratégias de manejo tradicionais incluem a adoção de cultivares de soja resistentes, a prática de vazio sanitário (um período sem plantas vivas de soja no campo por pelo menos 60 dias), a escolha de épocas de semeadura mais adequadas e a aplicação de fungicidas. No entanto, o uso indiscriminado de fungicidas pode levar à resistência do fungo a esses produtos químicos (SEIXAS et al., 2020).

Para lidar com esse desafio, a pesquisa introduziu uma abordagem inovadora baseada no uso de coletores de esporos. Esses dispositivos, semelhantes a birutas, são equipados com placas solares, termo-higrômetro digital para medir as condições ambientais e espaço para lâminas de microscopia, como podemos observar na Figura 1. Eles são posicionados nas áreas de cultivo e ajudam a monitorar a presença do fungo de maneira precisa e precoce (OLIVEIRA et al., 2020).

Figura 1 – Visão geral do coletor de esporos (A); Tubo visto de frente mostrando o suporte com a lâmina de vidro acoplada (B); lâmina de vidro com a fita dupla face (ainda com a proteção superior) e etiqueta de identificação (C).



Fonte: Seixas (2018)

Essa abordagem se mostrou crucial, uma vez que a detecção visual dos sintomas ocorre quando os danos na cultura já estão em andamento, comprometendo a eficácia dos tratamentos. Além disso, estudos recentes confirmaram a eficácia desses coletores, indicando que sua utilização pode evitar a aplicação desnecessária de fungicidas, em vez de depender de calendários fixos de tratamento (OLIVEIRA et al., 2020).

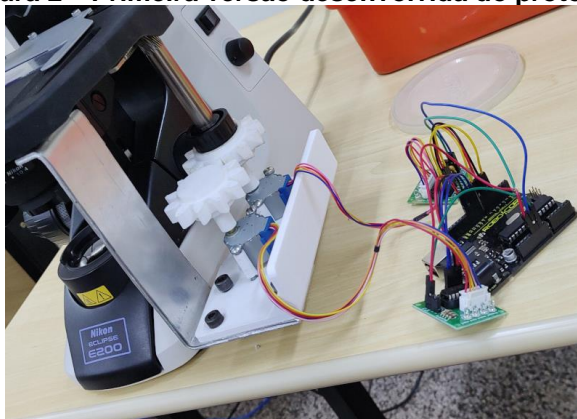
Com o aumento do uso desses coletores nas plantações de soja, surgiu a necessidade de enfrentar desafios relacionados ao transporte das lâminas de microscopia coletadas e a leitura e análise das mesmas, que costumava levar em média 30 minutos por lâmina quando realizada manualmente. Isso se tornou um gargalo, especialmente em regiões com alta demanda. Portanto, essa situação gerou a oportunidade de desenvolver novas tecnologias para aprimorar todo o processo de coleta e análise de esporos, tornando-o mais eficiente e preciso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um microscópio digital Nikon Eclipse E200 foi utilizado para a captura de imagens e vídeos de alta resolução. Um protótipo de automação para movimentar as lâminas no microscópio foi desenvolvido, envolvendo as seguintes etapas:

- Desenhos técnicos das peças necessárias para a automação foram criados.
- A impressão 3D foi utilizada para produzir as peças.
- O protótipo foi montado e um sistema controlado por automação com um microcontrolador Arduino Uno e motores de passo foi desenvolvido.
- A programação do Arduino foi realizada, usando o software da empresa e a biblioteca *AccelStepper* para controlar os motores.

Figura 2 – Primeira versão desenvolvida do protótipo

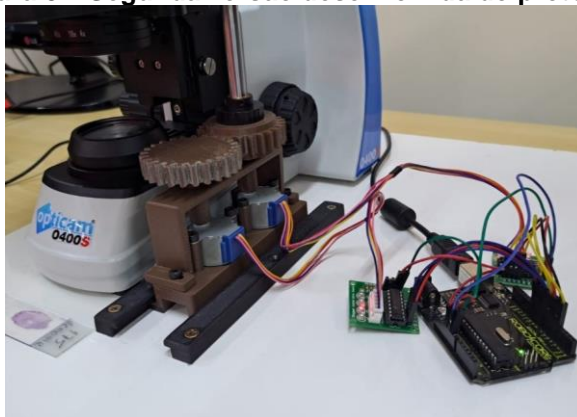


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Para aprimorar o protótipo, três microscópios do modelo O400S com câmeras integradas de alta qualidade e interface USB foram adquiridos. Melhorias nas engrenagens, na fixação da base e uma trava foram implementadas.

Essas melhorias resultaram em um protótipo avançado de automação de movimentação de lâminas, proporcionando análises mais precisas e eficientes.

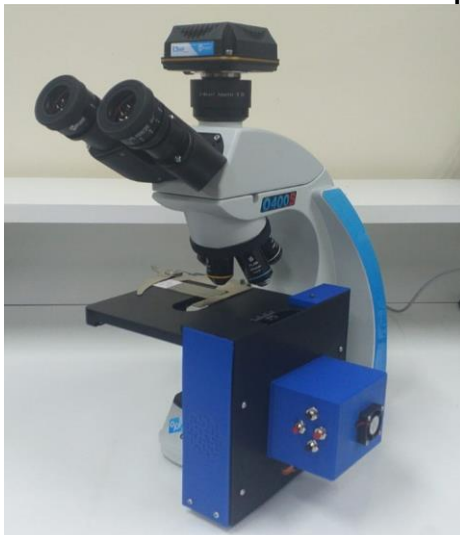
Figura 3 – Segunda versão desenvolvida do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após novos testes realizados, foi encontrado a necessidade de adicionar novas melhorias ao protótipo. Essas melhorias visaram aprimorar a funcionalidade, a segurança e a estética do equipamento, mantendo o uso do mesmo microscópio.

Figura 4 – Terceira versão desenvolvida do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Assim, um software personalizado em Python com um banco de dados para o cadastro de lâminas, propriedades e técnicos foi desenvolvido. Um marcador foi implementado para selecionar esporos em imagens, gerando um arquivo de coordenadas para treinar a inteligência artificial.

Essas etapas contribuíram para o aprimoramento da funcionalidade e confiabilidade do protótipo de automação do movimento do microscópio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram fornecidas 51 lâminas para microscopia da safra de soja 2021/2022 pelo IDR³, das quais 14 continham esporos de *Phakopsora Pachyrhizi*, confirmados por especialistas. Usando a primeira versão do protótipo e seu dispositivo de gravação, foram obtidas 158 imagens de supostos esporos e 14 vídeos das lâminas com esporos. Esses vídeos, com duração de 20 a 30 minutos, demonstraram ser mais eficientes do que a leitura manual, que levava em média 30 minutos.

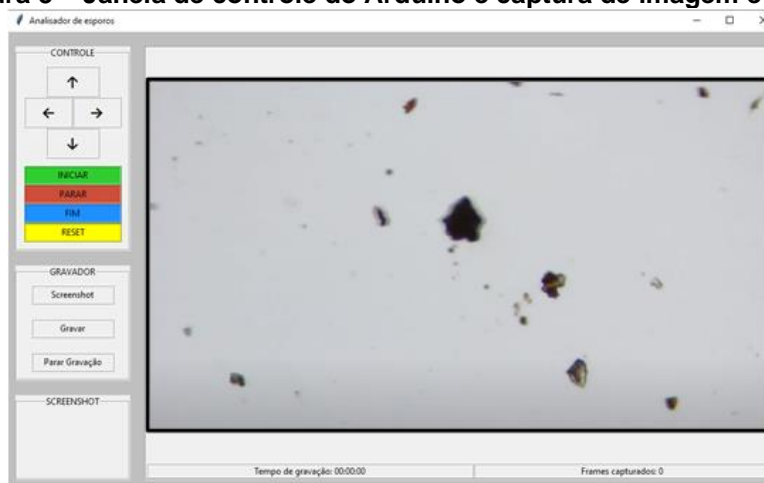
No segundo ano do projeto, foram fornecidas 64 lâminas da safra 2022/2023. Utilizou-se a segunda versão do protótipo e o software OPTHD⁴, resultando em 784 imagens de supostos esporos e 43 vídeos de lâminas com esporos. Cinco das 48 lâminas não puderam ser lidas devido a problemas nas próprias lâminas. Os vídeos obtidos tiveram uma duração entre 12 e 20 minutos, indicando uma melhoria no tempo de leitura em comparação com as primeiras lâminas gravadas.

³ IDR – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - Iapar-Emater

⁴ Software de Captura – Opticam Microscopy Technology

Os testes realizados mostraram avanços significativos na redução do trabalho manual e no tempo necessário para a tarefa. Além disso, um software personalizado foi desenvolvido para a gravação e captura de lâminas, podemos observá-lo na Figura 5, incluindo um banco de dados para organizar eficientemente os dados coletados. Uma funcionalidade adicional em teste é a capacidade de marcar a posição precisa dos esporos nas imagens para auxiliar a inteligência artificial, demonstrando eficácia em sua proposta, como mostrado na Figura 6.

Figura 5 – Janela de controle do Arduino e captura de imagem e vídeo



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 6 – Imagem com identificação e marcação do esporo *Phakopsora Pachyrhizi*



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

CONCLUSÃO

Este estudo representa um avanço significativo no manejo da ferrugem-asiática da soja, uma ameaça grave à produção de soja no Brasil. A introdução de coletores de esporos e a automação da identificação e contagem de esporos com um microscópio digital e software personalizado mostraram-se promissoras. Isso resultou na redução do tempo de análise de lâminas, tornando a detecção do fungo *Phakopsora Pachyrhizi* mais



eficiente. Além disso, o desenvolvimento do software para gravação e organização de dados oferece uma solução completa para o gerenciamento das informações, incluindo a colaboração com a inteligência artificial.

Essas tecnologias têm o potencial de revolucionar o manejo da ferrugem-asiática, tornando-o mais preciso, rápido e acessível. Com a continuação desse trabalho, a implementação prática dessas inovações pode reduzir significativamente as perdas de produtividade da soja e otimizar o uso de fungicidas, contribuindo para a sustentabilidade e competitividade da agricultura brasileira. Esse projeto exemplifica como a pesquisa científica pode resolver problemas práticos e melhorar a produção agrícola e a vida dos agricultores no país.

Agradecimentos

Gostaria de expressar sincera gratidão ao Prof. Fabricio Martins Lopes, à Fundação Araucária e à UTFPR Campus Cornélio Procópio pelo apoio e recursos essenciais para esta pesquisa.

Disponibilidade de código

O código desenvolvido não está disponível para terceiros. Isso por ser um software de uso específico e por ainda estar em fase de desenvolvimento.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, G. M. de; HELING, A. L.; POSSAMAI, E. J.; SEIXAS, C. D. S.; CONTE, O.; IGARASHI, W. T.; IGARASHI, S. **Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 17 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 167).

SEIXAS, C. D. S.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; SERATTO, C. D.; GHELLER, J. A.; OLIVEIRA, A. B. **Monitoramento de Phakopsora pachyrhizi na safra 2017/2018 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 19 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 141).

SEIXAS, C. D. S.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; OLIVEIRA, M. G.; HELING, A. L.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; SILVA, G. C. **Monitoramento de Phakopsora pachyrhizi na safra 2019/2020 para tomada de decisão do controle químico da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 28 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 164).