

Desenvolvimento de metodologia de inteligência artificial para a identificação e contagem de esporos de *phakopsora pachyrhizi*

Development of an artificial intelligence methodology for the identification and counting of *phakopsora pachyrhizi* spores

Pedro Lemes Costa¹, Fabrício Martins Lopes²

RESUMO

A soja está entre as principais culturas agrícolas no mundo, e sua produção tem crescido significativamente nas últimas décadas devido a variedade de produtos derivados do grão, o que tornou sua produção um fator econômico relevante para aqueles países que o produzem. Todavia, a produção do grão da soja é afetada por diversas doenças, entre elas a ferrugem asiática, considerada uma das doenças mais graves que acometem essa cultura. O causador da ferrugem asiática é um fungo denominado *Phakopsora pachyrhizi* que se caracteriza principalmente por sua propagação através do ar por esporos, tornando o contágio da doença muito mais direto, além de causar danos graves nas folhas da planta da soja, reduzindo o desenvolvimento completo dos grãos. O processo para a detecção da ferrugem asiática é realizado através do reconhecimento da doença no momento em que ela já está apresentando sintomas no plantio da soja, como lesões nas folhas características da doença. Contudo, esse trabalho apresentará uma outra abordagem e mostrará uma forma de detectar a ferrugem asiática por outro aspecto, como a detecção do esporo *Phakopsora pachyrhizi* com o auxílio de coletores de esporos, permitindo ao agricultor uma detecção prematura da doença e uma aplicação de soluções como o controle químico mais eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Coletores de Esporos. Controle Químico. Ferrugem Asiática. Soja.

ABSTRACT

Soy is among the main agricultural crops in the world, and its production has grown significantly in recent decades due to the variety of products derived from the grain, which has made its production a relevant economic factor for those countries that produce it. However, soybean production is affected by several diseases, including Asian rust, considered one of the most serious diseases that affect this crop. The cause of Asian rust is a fungus called *Phakopsora pachyrhizi*, which is mainly characterized by its spread through the air by spores, making the disease contagion much more direct, in addition to causing serious damage to the leaves of the soybean plant, providing complete development of the grains. The process for detecting Asian rust is carried out by recognizing the disease at a time when it is already showing symptoms in soybean planting, such as lesions on the leaves characteristic of the disease. However, this work will present another approach and show a way to detect Asian rust from another aspect, such as detecting the *Phakopsora pachyrhizi* spore with the help of spore collectors, allowing the farmer to detect the disease early and apply solutions such as the most efficient chemical control.

KEYWORDS: Spore Collectors. Chemical Control. Asian Rust. Soy.

INTRODUÇÃO

O *Phakopsora pachyrhizi* é o fungo responsável pela ferrugem asiática, uma doença muito agressiva que causa danos principalmente nas folhas da planta da soja. Inicialmente, a planta afetada pela ferrugem asiática apresenta pequenas manchas que variam de verde-claro até amarelo-claro, e que evoluem de cor e tamanho, tornando-se marrom-claro e atingindo de 2 até 5 milímetros. Além disso, dependendo da severidade

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: costap@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0411594530750969.

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



das manchas que afetam a planta suas folhas podem cair, prejudicando ainda mais a soja e seu desenvolvimento. (SEIXAS, 2020)

Como solução à ferrugem asiática e suas consequências existe o controle químico através de fungicidas. Contudo, essa solução possui problemas, entre elas ser altamente custosa e o seu uso sem precedentes pode ocasionar o surgimento de populações do fungo mais resistentes. Dessa forma, o uso desse recurso precisa criterioso, e uma das formas para que isso ocorra é através do coletor de esporos. (OLIVEIRA, 2020)

O processo de detecção do esporo causador do fungo *Phakopsora pachyrhizi* é realizado através de um aparelho denominado coletor de esporos que está presente em campos de culturas de soja e realiza a coleta dos esporos que estão presentes no ar. O uso desse tipo de monitoramento é atualmente usado pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná através do projeto “Alerta Ferrugem”, e se tornou fundamental para a detecção da doença e o seu manejo no momento certo, isso pois quando ela é detectada visualmente no campo o dano já está acontecendo, comprometendo a produtividade do plantio. (OLIVEIRA, 2020)

O coletor de esporos é um equipamento simples que gira em torno do seu próprio eixo de acordo com a direção do vento, e possui em seu interior um suporte para uma lâmina para microscópio com uma fita adesiva dupla face. Esse equipamento então permite a coleta de tudo que passa por ele, inclusive os esporos causadores da doença da ferrugem, uma vez que ao estarem no ar e passarem pelo coletor se aderem a fita adesiva e a lâmina de microscopia. Dessa forma, com uma lâmina de um coletor de esporos é possível detectar em laboratório a presença ou não do esporo em determinada região de plantio de soja. Todavia, esse é um processo manual realizado em um microscópio que requer treinamento e tempo para uma análise adequada, sendo cansativo para aqueles que o fazem. (OLIVEIRA, 2020)

Assim, em suma, este trabalho apresenta uma pesquisa com o objetivo de desenvolver uma metodologia de Inteligência Artificial capaz de automatizar a detecção dos esporos causadores da ferrugem asiática capturados em coletores de esporos, auxiliando a identificação em culturas como a da soja a presença ou não desses esporos.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento de uma metodologia de Inteligência Artificial para a detecção dos esporos causadores da ferrugem asiática são necessárias algumas etapas.

Digitalização e aquisição dos esporos: A digitalização e aquisição das imagens das lâminas para microscópio que contêm os esporos causadores da ferrugem asiática foram os primeiros passos relevantes para o desenvolvimento de uma metodologia de Inteligência Artificial para a identificação dos esporos *Phakopsora pachyrhizi*, sendo o requisito inicial para sua realização. Esse processo de digitalização e a aquisição das imagens foram realizadas através da parceria com outro projeto, o qual foi atribuída a função de automatizar a leitura e digitalização das lâminas a partir de microscópio digital.

Conjunto de dados: A automatização da leitura que proporcionou a digitalização das lâminas em microscópio digital permitiu produzir e organizar um conjunto de dados. Esse conjunto de dados foi construído com base em 40 lâminas fornecidas pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, desse total de lâminas 36 foram encontrados esporos,

e que proporcionaram um total de 167 imagens com esporos em variadas quantidades. Além disso, foram inseridas 167 imagens sem esporos, igualmente a quantidade de imagens com esporos, totalizando assim 334 imagens que compõem o conjunto de dados.

Sistema preditivo Yolo: Existem diversos tipos de sistemas preditivos que são capazes de realizar a detecção e o reconhecimento de objetos. Dentre essa vastidão existem aqueles que realizam a detecção e reconhecimento de objetos em tempo real, como o Yolo (You only look once). O Yolo é um sistema preditivo de última geração, e se destaca pois oferece um equilíbrio entre velocidade e precisão, sendo esse o método escolhido para o desenvolvimento da metodologia de Inteligência Artificial para a identificação de esporos *Phakopsora pachyrhizi*. (GOMES, 2022)

Funcionamento do Yolo: O Yolo possui uma estrutura com base em uma única rede neural, no qual recebe uma imagem e a divide em diversas regiões com retângulos envolventes. Esses retângulos envolventes são utilizados para estipular a probabilidade de existir ou não determinado objeto nele, caso seja, essa região é utilizada como uma das candidatas para a localização do objeto. As regiões candidatas são avaliadas e aquelas com maiores pontuações suprimem aquelas com menores pontuações, esse processo acontece até que a detecção final do objeto na imagem ocorra. (GOMES, 2022)

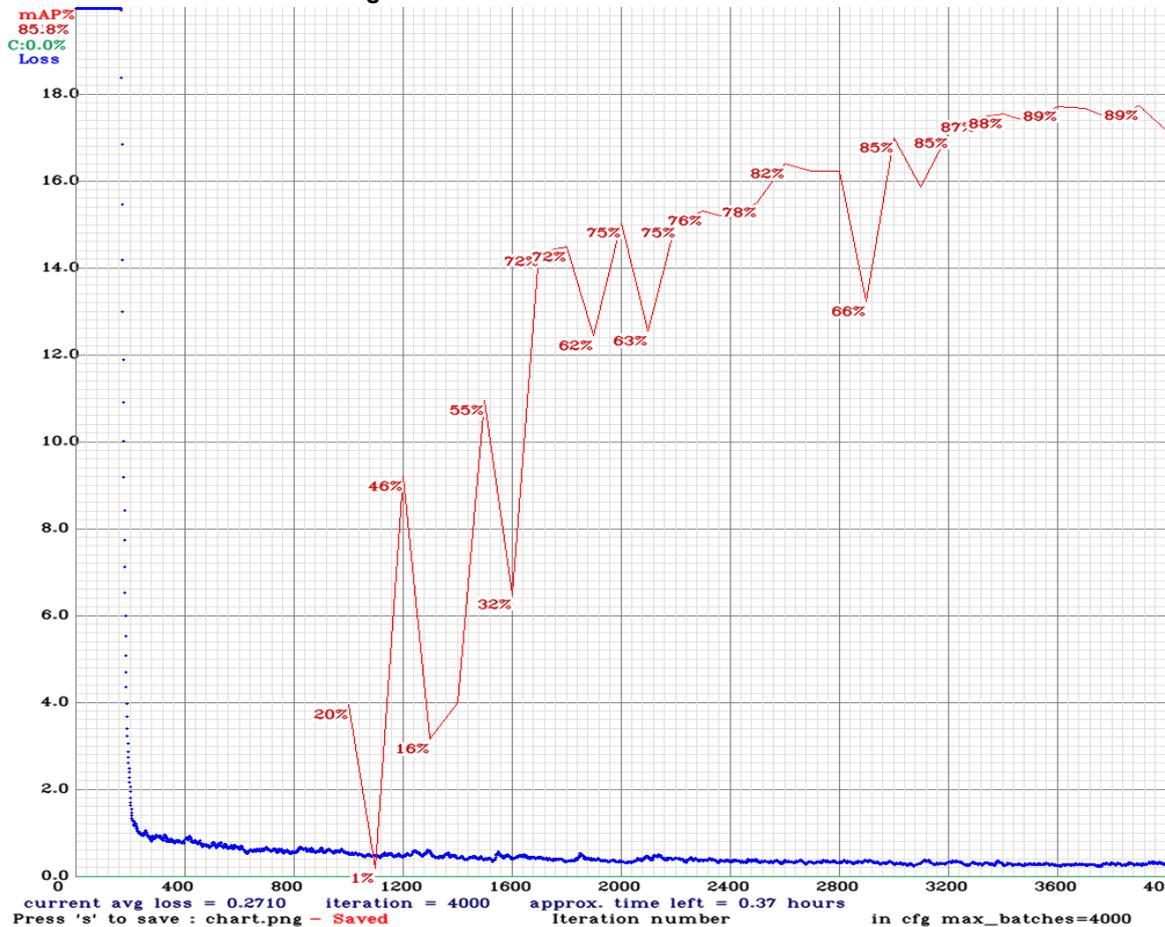
Retângulo Envolvente: Para usar o sistema preditivo Yolo é necessário aplicar um método chamado de retângulo envolvente, que consiste em delimitar a área em que o objeto a ser detectado está na imagem, resultando em um arquivo com as coordenadas do objeto na imagem. As coordenadas desse objeto representam o valor no eixo x, o valor no eixo y, largura e altura do retângulo envolvente. (BOCHKOVSKIY, 2016)

Métricas de Avaliação: Um sistema preditivo como o Yolo utiliza determinadas métricas para medir os resultados obtidos ao final do treinamento do modelo. As principais são: Mean Average Precision (mAP), um tipo de métrica voltada para modelos de segmentação de imagem, no qual a tarefa consiste em identificar e delimitar diversos objetos dentro de uma única imagem, e quanto maior melhor. Já a Current Average Loss, é um tipo de métrica que mede a perda média durante o treinamento, e quanto menor melhor. (BOCHKOVSKIY, 2016)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do conjunto de dados obtido deu-se início ao processo de treinamento de um modelo preditivo para a detecção de novos esporos, e para isso então foi escolhido o Yolo. Para o uso do modelo Yolo foi necessário que as imagens do conjunto de dados fossem rotuladas, dessa forma, foi preciso demarcar com um retângulo envolvente os esporos presentes em cada uma das imagens com esporos. Já nas amostras sem esporos os retângulos envolventes não são aplicados. Após esse processo pôde se iniciar o treinamento e obter os resultados visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Resultado Treinamento Yolo



Fonte: Autoria Própria

Analisando os resultados do treinamento e as métricas principais, foi possível perceber após 4000 iterações às seguintes situações:

Current Average Loss: O índice que representa a perda média do modelo durante o seu treinamento não diminui mais que 0.27, o que indicou que o valor se estabilizou e o treinamento pôde ser encerrado, pois os resultados não tendem a melhorar mais, uma vez que quanto menor esse índice melhor.

Mean Average Precision (mAP): O índice usado para avaliar modelos de detecção de objetos como Fast R-CNN, Mask R-CNN, e propriamente o YOLO, se estabilizou na faixa de 85% a 89% após 3000 iterações e não tendeu a melhorar mais.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo abordar a problemática da ferrugem asiática, uma doença prejudicial à cultura da soja, e com isso propor uma solução eficiente para a detecção automatizada dos esporos causadores dessa doença. Para isso foi desenvolvido uma metodologia que abrangeu várias etapas, sendo as principais a criação

e organização de um conjunto de imagens de lâminas digitalizadas, essencial para o treinamento do algoritmo, a escolha de um sistema preditivo adequado, o seu treinamento, e a sua avaliação.

Assim, durante este trabalho a abordagem apresentada visou superar os desafios associados à detecção manual dos esporos causadores da ferrugem asiática, tornando o processo mais rápido, eficiente e menos suscetível a erros humanos. Essa abordagem é importante pois a utilização do coletor de esporos em conjunto com uma análise automatizada proporciona uma ferramenta valiosa para a identificação precoce da ferrugem asiática, o que pode levar a um controle mais efetivo e uma diminuição dos impactos negativos na produção de soja.

No entanto, vale considerar possíveis limitações e melhorias para este trabalho, entre elas a expansão do conjunto de imagens, que refletiria conseqüentemente em uma maior diversidade de condições e cenários do esporo da ferrugem asiática.

Portanto, no geral, este trabalho apresentou uma abordagem inicial inovadora para lidar com a ameaça da ferrugem asiática, melhorando e automatizando a detecção dessa doença com o auxílio de coletores de esporos.

Agradecimentos

O autor agradece a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao professor Fabrício Martins Lopes, e a Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica fornecida durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de código

O código desenvolvido não está disponível para terceiros por decisão do autor e do seu orientador.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

BOCHKOVSKIY, Alexey. **Yolo v4, v3 e v2 para Windows e Linux**. 2016. Disponível em: <<https://github.com/AlexeyAB/darknet#custom-object-detection>>. Acesso em: 8 agosto 2023.

GOMES, João Vitor Esteves. **Detecção de objetos com a arquitetura YOLO**. 2022. Disponível em: <<http://monografias.ufop.br/handle/35400000/4746>>. Acesso em: 08 agosto 2023.

OLIVEIRA, Gustavo Migliorini et al. **Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem-asiática da soja**. 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220504/1/Circ-Tec-167.pdf>>. Acesso em: 08 agosto 2023.

XIII Seminário de Extensão e Inovação
XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - *Campus Ponta Grossa, PR*



SEI-SICITE
2023



SEIXAS, CDS et al. **Monitoramento de Phakopsora pachyrhizi na safra 2019/2020 para tomada de decisão do controle químico da ferrugem-asiática da soja.** 2020. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125788>>. Acesso em: 08 agosto 2023.