

AphidCV Mobile: ferramenta para classificação e contagem de afídeos em dispositivos móveis

Nicolas Welfer Kirinus, Brenda Slongo Taca, Morgana Soresina Iora, Rafael Rieder
Universidade de Passo Fundo (UPF)

Passo Fundo, RS, Brasil

E-mail: {183948, 197402, 193045, rieder}@upf.br

Telmo De César Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)

Passo Fundo, RS, Brasil

E-mail: telmojunior@ifsul.edu.br

Douglas Lau

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo)

Passo Fundo, RS, Brasil

E-mail: douglas.lau@embrapa.br

Resumo—Afídeos ocasionam uma série de danos às plantações, acarretando um prejuízo significativo aos agricultores. O manejo e o controle destas pragas agrícolas são indispensáveis para garantir a vitalidade das lavouras e um melhor rendimento das safras. Neste trabalho é introduzido o AphidCV Mobile, um aplicativo que utiliza modelos de inteligência artificial para detectar, contabilizar e classificar afídeos, com suporte a seis espécies diferentes. Foi desenvolvida uma versão de prova do conceito que executa tarefas de pré-processamento de imagens no lado cliente, implementada no framework Flutter, e compilada para Android e iOS. A implementação do aplicativo também utiliza uma API Rest para comunicação com uma plataforma web de monitoramento de insetos, que executa a inferência no lado servidor, considerando novas versões dos modelos. Esta ferramenta facilita o acesso a essa plataforma web, uma vez que as imagens para processamento e análise de especialistas podem ser capturadas pela própria câmera do dispositivo móvel, agilizando o processo de monitoramento da flutuação populacional desses insetos e emissão de boletins de alerta aos agricultores.

Abstract—Aphids cause a lot of damage to crops, causing significant damage to farmers. The management and control of these agricultural pests are essential to ensure the vitality of crops and better crop yields. In this work, we introduced AphidCV Mobile, an application that uses AI models to detect, count and classify aphids, with support for six species. We developed a proof-of-concept version that executes pre-processing tasks on the client side, implemented in the Flutter framework, and compiled for Android and iOS. The implementation also uses a Rest API to communicate with a web platform for monitoring insects, responsible to execute the inference on the server side, considering new models' versions. This tool facilitates access to this web platform since the specialists can capture images for processing and analysis using their mobile device camera, streamlining the process of monitoring the population fluctuation of these insects and issuing alert bulletins to farmers.

I. INTRODUÇÃO

Afídeos, popularmente conhecidos como pulgões, são insetos extremamente pequenos que atacam lavouras de trigo e demais cereais de inverno. Ao se alimentarem das plantas,

ocasionam danos diretos devido à sucção da seiva, e danos indiretos pela transmissão de doenças e injeção de toxinas [1]. Em virtude de tal fato, são considerados pragas no meio agrícola. O monitoramento das populações e a identificação de afídeos fornecem dados importantes relacionados à dinâmica populacional e ao manejo integrado dessas pragas [2]. Para isso, são utilizadas armadilhas que capturam estes insetos, tornando possível rastrear sua flutuação populacional, bem como servir de estudo por parte de profissionais.

AphidCV é um software de visão computacional e *deep learning* capaz de realizar a contagem, mensuração e classificação de afídeos de forma automatizada, agilizando e garantindo maior precisão ao trabalho exaustivo de entomólogos. Sua primeira versão, em linguagem Java, foi desenvolvida inicialmente por Lins *et al.* [3] para a espécie *Rhopalosiphum padi*. Sua segunda versão, em linguagem Python, foi elaborada por Rodriguez & Rieder [4], passou a suportar um modelo inteligente adicional para detecção da espécie *Schizaphis graminum*. Além disso, recebeu aperfeiçoamentos, com inclusão de filtros de detecção de bordas na preparação das imagens, retreinamento dos modelos com arquitetura própria, e abordagens para otimizar o tempo de processamento. A aplicação aumentou em ≈ 10 vezes sua velocidade de inferência, com uma acurácia de $\approx 98\%$ nos modelos treinados.

Recentemente, foi lançada uma terceira versão do software que, ao contrário das anteriores, não necessita de instalação em computador pessoal e requisitos mínimos para execução local. O AphidCV 3.0 está integrada à plataforma de monitoramento de insetos e armadilhas Trap System [5] [6] mediante um serviço de aplicação, que pode ser acessado usando os protocolos padrão da *web* [7]. Desta forma, o alcance da aplicação foi facilitado para a adesão de novos usuários. Nesta fase, ainda, adicionou-se novos modelos para suporte a duas outras espécies: *Metopolophium dirhodum* e *Sitobion avenae*.

De acordo com Meirelles [8], o Brasil tem uma média de

2,2 dispositivos digitais por habitante, sendo a maior parcela representada por *smartphones*, com média de 1,2 aparelhos por pessoa. Os *smartphones* estão em pleno processo de universalização e democratização de seu uso, estendendo, assim, seus impactos sobre uma parcela maior da população [9]. Este cenário evidencia a necessidade e a essencialidade do desenvolvimento multiplataforma, sobretudo no meio *mobile*.

A migração ou o acesso à uma aplicação *web* para um aplicativo móvel é fundamental para aproximar pessoas de ferramentas tecnológicas, possibilitando mais visibilidade, rapidez na tomada de decisão e uso prático de diferentes recursos computacionais disponíveis [10].

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho é apresentar o AphidCV Mobile, uma ferramenta para classificação e contagem de afídeos a partir de imagens de bioensaios, conectada a serviços *web*, destinada a dispositivos móveis (Android e iOS). Por meio desta solução, usuários podem capturar fotos de suas amostras utilizando seus dispositivos móveis, submetendo-as de maneira mais rápida para as tarefas de análise e detecção de insetos. Além disso, reduz-se a necessidade de uso de *scanners*, e amplia-se a possibilidade de uso da ferramenta por novos usuários.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto começou com um estudo sobre qual seria a melhor forma de portar a ferramenta AphidCV para dispositivos móveis. Nesse contexto, escolheu-se o Flutter, um *framework* de desenvolvimento multiplataforma Flutter que demanda de menos recursos e apresenta maior eficiência na execução de aplicativos do que outros *frameworks* similares [11].

Após a escolha da ferramenta a ser utilizada para o desenvolvimento do aplicativo foram realizados testes para ver como as operações com imagens do AphidCV poderiam ser realizadas no Flutter. Com base nestes testes, decidiu-se manter os processos de segmentação e inferência aos modelos de *deep learning* rodando na plataforma Trap System. Para permitir essa comunicação, fez-se a conexão de acesso (envio e recepção de dados) por uma API Rest desenvolvida no *framework* Django.

No aplicativo, implementou-se apenas operações de pré-processamento da imagem antes do envio, como a aplicação de filtros para regular brilho e contraste, e desenho manual do círculo na placa de Petri presente na imagem. Essa escolha foi influenciada pela dificuldade de utilizar bibliotecas como a OpenCV no Flutter, que precisam ser compiladas em C++ e utilizadas através da *Foreign Function Interface* (FFI). Isso poderia acabar tornando o aplicativo mais lento, além de dependência com uma versão específica da OpenCV, e maior complexidade de manutenção do programa [12].

Como base de comunicação, utilizou-se a mesma API Rest desenvolvida para o AphidCV 3.0, porém com ajustes para se adequar às necessidades do ambiente *mobile*. Desta forma, foram desenvolvidos novos métodos para além de realizar as operações de detecção de imagem, também permitir que a aplicação se comunique com o banco de dados AgroDB,

utilizado na plataforma Trapsystem da qual o AphidCV 3.0 faz parte. Isto permite que as operações realizadas no aplicativo e no ambiente *web* possam se comunicar, além de permitir que todos os dados estejam em um só lugar.

Uma versão inicial do aplicativo foi desenvolvida oferecendo recursos de detecção de afídeos utilizando novas versões dos quatro modelos do AphidCV, retreinados com imagens disponibilizadas pela Embrapa Trigo [13]. Além destes, adicionou-se suporte de modelos inteligentes a duas novas espécies, *Myzus persicae* e *Brevicoryne brassicae*. Os seis novos modelos foram retreinados de forma balanceada (2000 imagens x 4 classes, por espécie), considerando a arquitetura própria criada e aplicada no AphidCV 2.0 [4]. No treinamento, adotou-se técnicas de aumento para maior variabilidade de entrada, considerando transformações geométricas (rotação, espelhamento e redimensionamento) e filtros convolucionais (borramento, nitidez, relevo, dilatação, erosão, equalização de histograma e variação de brilho e contraste).

O aplicativo também manteve o CropAphid, um recurso de processamento de imagens disponível desde a primeira versão do AphidCV. Ele serve para recortar objetos de interesse a partir de contornos, e é utilizado para ampliar os *datasets* e aperfeiçoar os modelos, com apoio de entomologistas [3].

Além da opção de contar e classificar afídeos a partir de uma imagem armazenada no dispositivo, foi implementada a opção de tirar uma foto com a câmera do celular e já utilizar ela para o processo de detecção. Isso permite que usuários possam capturar as imagens das amostras nas bancadas de trabalho, sem a necessidade de um *scanner* para digitalização.

As opções de aplicar filtros para mudar o brilho e o contraste da imagem foram desenvolvidas nativamente no aplicativo, manipulando a matriz de cores da imagem. Isso agiliza a preparação da imagem direto no lado cliente, não carecendo comunicação com o servidor, melhorando a experiência do usuário. A implementação foi feita utilizando os recursos do pacote *on_image_matrix* [14]. Comparou-se a abordagem proposta com a saída gerada pela OpenCV, e o resultado alcançado foi idêntico.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao iniciar o aplicativo AphidCV Mobile, o usuário pode observar uma página inicial com as principais funções do aplicativo como consultar análises, página na qual o usuário pode conferir a listagem de todas as análises realizadas anteriormente (Figura 1).

A partir dessa mesma página, o usuário pode iniciar o processo de contagem, mensuração e classificação de afídeos nas imagens, ver os resultados das detecções realizadas anteriormente, ou ainda excluir uma imagem da lista. O usuário também pode iniciar a submissão de novas imagens, podendo enviar uma imagem para o processamento. Após selecionar as imagens, o usuário confirma a submissão. A segunda opção do aplicativo visa facilitar ainda mais o processamento da imagem, enviando o usuário para uma tela de captura, onde é possível fotografar a imagem a qual se pretende realizar a



Figura 1. Páginas inicial e de gerenciamento de análises.

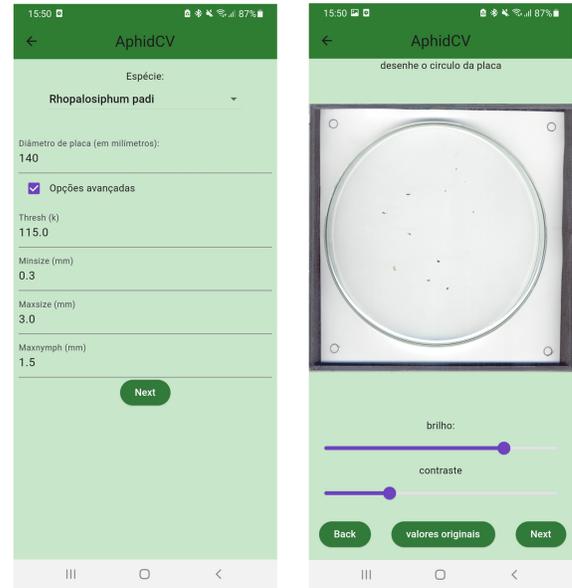


Figura 2. Configuração e preparação da imagem para detecção.

detecção. A partir da captura, o usuário é, da mesma forma, direcionado para a página de detecção.

Na página de detecção, os usuários têm a opção de ajustar os parâmetros de classificação de acordo com suas necessidades. Eles podem oferecer informações como o diâmetro da placa e a espécie que desejam detectar. Nas opções avançadas, existem valores pré-definidos para cada espécie, com base em literatura de chaves taxonômicas brasileiras [15], e podem ser modificados. Além disso, os usuários têm a possibilidade de visualizar uma prévia somente destacando potenciais objetos de interesse, sem inferência aos modelos. Isso permite com que ajustem brilho e contraste na imagem, permitindo que os afídeos sejam detectados mais facilmente (Figura 2).

De maneira optativa, o usuário pode desenhar um círculo na imagem, e informar ao sistema, de maneira ajustada, onde está a placa de Petri. Utiliza-se o *touch screen* para traçar uma linha (raio) sobre a imagem, partindo do centro da placa (Figura 3). Caso não queira usar esse recurso, a aplicação faz a detecção do círculo automaticamente usando uma especialização da Transformada de Hough.

O processo final pode ser visto na página de resultados, onde o usuário pode fazer o download dos resultados do processo de detecção, bem como os recortes da ferramenta CropAphid (Figura 4). Também é permitido a exclusão da detecção para permitir ao usuário refazer este processo com outros parâmetros de entrada.

Para verificar o funcionamento da aplicação no sistema Android, foi gerado um pacote para instalação em dispositivos de mesmo sistema operacional. Nos testes preliminares, foi possível executar as funcionalidades disponíveis adequadamente em diferentes equipamentos Android. Já em sistemas iOS, foi gerada um pacote para uso no TestFlight em iPhones, no qual o aplicativo também se comportou adequadamente.

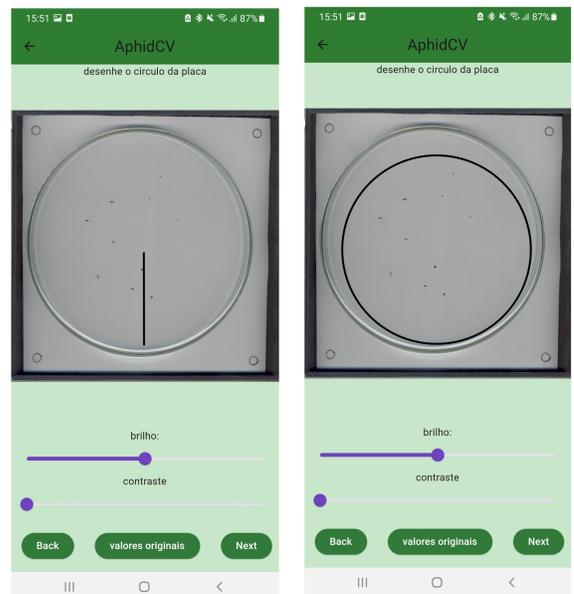


Figura 3. Desenho do círculo manualmente.

Em relação aos testes preliminares sobre o desempenho da inferência, constatou-se que não houve diferença significativa de tempo nas operações de requisição realizadas pelo aplicativo, em comparação ao uso direto na plataforma *web*.

Ao final deste estudo piloto, observou-se que, caso seja preciso incorporar recursos avançados de processamento de imagens no lado cliente, pode ser necessário adotar o uso de outro *framework*, como o React Native, para suportar bibliotecas como OpenCV.JS, ou considerar o desenvolvimento nativo em Android e iOS. Por fim, cabe destacar também a importância de uma nova rodada de avaliação com usuários.



Figura 4. Página de resultados, com imagem de saída e opções de download.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o AphidCV Mobile, um aplicativo *mobile* para classificação e contagem de afídeos por meio da ferramenta AphidCV, integrada à plataforma de monitoramento de insetos em armadilhas Trap System. A finalidade deste projeto é oferecer uma ferramenta para que novos pesquisadores usem seus recursos para estudo e monitoramento de afídeos, de maneira mais fácil e prática.

A versão *mobile* da ferramenta foi capaz de replicar as funcionalidades básicas da versão, disponibilizada para ambientes *web*. Além disso, a migração do software para um aplicativo *mobile* possibilita que novos usuários usufruam da ferramenta sem a necessidade de equipamentos específicos para a obtenção de imagens.

Trabalhos futuros contemplam continuar o desenvolvimento do aplicativo em Flutter para implementar todas as funcionalidades da versão *web* e pesquisar sobre o desenvolvimento em outros *frameworks* para plataformas móveis, visando melhor aproveitar os recursos do dispositivo. Pretende-se também testar com usuários para avaliar o uso do aplicativo na prática. A constante atualização dos modelos inteligentes também é importante, considerando um número maior de imagens e a comparação com arquiteturas consolidadas do estado da arte. Por fim, pretende-se definir, em conjunto com pesquisadores entomólogos, um protocolo de aquisição de imagens das amostras nas bancadas de trabalho utilizando o aplicativo.

V. AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do escopo dos projetos “Desenvolvimento e validação de ferramentas para monitoramento e tomada de decisão de manejo de epidemias causa-

das por vírus transmitidos por insetos”, Chamada Universal CNPq/MCTI/FNDCT No. 18/2021 - Faixa A Grupos Emergentes; e “Soluções de Visão Computacional para manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos”, Chamada CNPq No 08/2022. Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e de cota de iniciação científica, e pela concessão de Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT ao pesquisador Rafael Rieder, processo No. 302773/2022-3.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Savaris, S. Lampert, J. Salvadori, D. Lau, P. d. S. Pereira, and M. Smanioto, “Population growth and damage caused by *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera, Aphididae) on different cultivars and phenological stages of wheat,” *Neotropical entomology*, vol. 42, pp. 539–543, 2013.
- [2] T. Liu, W. Chen, W. Wu, C. Sun, W. Guo, and X. Zhu, “Detection of aphids in wheat fields using a computer vision technique,” *Biosystems Engineering*, vol. 141, pp. 82–93, 2016.
- [3] E. A. Lins, J. P. M. Rodriguez, S. I. Scoloski, J. Pivato, M. B. Lima, J. M. C. Fernandes, P. R. V. da Silva Pereira, D. Lau, and R. Rieder, “A method for counting and classifying aphids using computer vision,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 169, p. 105200, 2020.
- [4] J. P. M. Rodriguez and R. Rieder, “AphidCV 2.0: uma nova abordagem de classificação, contagem e mensuração de afídeos,” in *Anais Estendidos do XXXIII Conference on Graphics, Patterns and Images*, Porto Alegre, 2020, pp. 159–162.
- [5] Trap System, “Trap System: plataforma integrada para monitoramento, simulação e tomada de decisão no manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos,” Disponível em: <http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/>, 2023, acesso em: 10 de Ago. de 2023.
- [6] A. T. Lazzaretti, D. Lau, J. M. C. Fernandes, R. Wiest, J. L. B. Bavaresco, and F. Schaefer, “Trap System - uma aplicação para gerenciamento de dados coletados a partir de armadilhas de insetos,” in *Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale*, 2016.
- [7] N. W. Kirinus, E. G. Pessolano, D. Lau, T. d. C. Júnior, and R. Rieder, “AphidCV 3.0: Abordagem web integrada a uma plataforma de monitoramento de insetos,” in *III Congresso de Tecnologia da Informação do IFSul Passo Fundo*, 2023.
- [8] F. S. Meirelles, “Panorama do uso de TI no Brasil,” Disponível em: https://pub.dev/documentation/on_image_matrix/latest/, 2023, acesso em: 10 de Ago. de 2023.
- [9] G. L. Coutinho, “A era dos smartphones: um estudo exploratório sobre o uso dos smartphones no Brasil,” Monografia (graduação) - Universidade de Brasília, Faculdade de Comunicação, Departamento de Audiovisuais e Publicidade, 2014.
- [10] I. Belo, “A importância da utilização de aplicativos móveis pelas organizações,” Monografia (graduação) - Fatec São Carlos, Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial, 2020.
- [11] W. Wu, “React native vs flutter, cross-platform mobile application frameworks,” Bachelor’s thesis - Metropolis University, Degree Programme in Information Technology, 2018.
- [12] A. C. de Novais, “Desenvolvimento de aplicativo para a detecção de discos de câncer de pele,” Monografia (graduação) - Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Computação e Eletrônica, 2023.
- [13] E. G. Pessolano, N. W. Kirinus, D. Lau, and R. Rieder, “Avaliação de técnicas de transfer learning para detecção e classificação de afídeos usando o software AphidCV,” in *III Congresso de Tecnologia da Informação do IFSul Passo Fundo*, 2023.
- [14] L. Josino, “on_image_matrix package,” Disponível em: https://pub.dev/documentation/on_image_matrix/latest/, 2023, acesso em: 10 de Ago. de 2023.
- [15] P. d. S. Pereira, J. Salvadori, and D. Lau, “Identificação de adultos ápteros e alados das principais espécies de afídeos (hemiptera: Aphididae) associadas a cereais de inverno no Brasil,” Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40748/1/p-co258.pdf>, Embrapa Trigo, Tech. Rep., 2009.