

Uma metodologia de contagem e classificação de afídeos utilizando visão computacional

Elison Alfeu Lins, Rafael Rieder
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Universidade de Passo Fundo
Passo Fundo, RS, Brasil
E-mail: elison.a.lins@gmail.com, rieder@upf.br

Abstract—Aphids are insects that attack crops and cause damage directly, consuming the sap of plants, and indirectly, transmitting diseases. The counting and classification of these insects are fundamental for measuring and predicting crop hazards and serving as the basis for the application or not of chemicals. Traditionally, the counting process is manual, and depends of microscopes and good eyesight of the specialist, in a time-consuming task susceptible to errors. With this in mind, this paper presents a methodology and a software to automate the counting and classification of aphids using image processing, computer vision and deep learning methods. As preliminary results in a pilot study, we obtained 95.50 % correlation for the count of 28 samples containing *Rhopalosiphum padi*, in shortest time compared the manual method.

Resumo—Pulgões ou afídeos são insetos que atacam culturas e causam danos de forma direta, consumindo a seiva das plantas, e de forma indireta, transmitindo doenças. A contagem e a classificação desses insetos é fundamental para mensurar e prever riscos às lavouras, e servir de base para a aplicação ou não de químicos. Tradicionalmente, o processo de contagem é realizado de forma manual, e depende de microscópios e visão apurada do especialista, em tarefa demorada e suscetível a erros. Para tanto, este trabalho apresenta uma metodologia e um software para automatizar a contagem e a classificação de afídeos utilizando métodos de processamento de imagens, visão computacional e deep learning. Como resultados preliminares em estudo piloto, obteve-se uma correlação de 95,50% para a contagem de 28 amostras com *Rhopalosiphum padi*, em tempo bem inferior ao método manual.

I. INTRODUÇÃO

Segundo Gallo [1], os insetos são animais responsáveis pela polinização de várias plantas utilizadas na base alimentar humana. Eles também mantêm o equilíbrio ecológico, pois atuam na reciclagem de nutrientes e servem de base alimentar para outras espécies. Quando existe um desequilíbrio, impactos negativos podem ocorrer na Natureza, como, por exemplo, danos agrícolas em diversos tipos de culturas, onde assumem papel de pragas. A Organização Mundial para Alimentação e Agricultura (FAO) estima que as pragas sejam responsáveis por 42,1% das perdas na produção sendo que 15,6% deste total é causado por insetos e ácaros [2].

Entre as culturas afetadas por insetos está o trigo, o segundo cereal mais produzido no mundo, com significativo peso na economia mundial [3]. Por ser uma cultura de inverno, várias espécies de afídeos (pulgões) estão entre as principais pragas

do trigo. Esses insetos se alimentam continuamente da seiva de plantas como trigo, cevada e aveia. Além disso, podem causar danos indiretos para as plantas, como a transmissão do vírus do nanismo amarelo da cevada (VNAC) [1].

Considerando que pequenas populações podem transmitir a doença e se multiplicar rapidamente, sugere-se controle químico quando houver 10% de plantas atacadas por pulgões ou quando houver 10 pulgões por espiga [1]. Sendo assim, a contagem, classificação e mensuração dos insetos é fundamental para estimar se existe fator de risco às lavouras [4]. Esta análise deve ser realizada mediante avaliações semanais em locais aleatórios da lavoura de modo a obter um resultado médio da densidade de insetos [5].

Para realizar o processo, várias amostras de campo são coletadas para análise laboratorial em placas de Petri. Uma das metodologias tradicionalmente empregadas é o uso de uma lente de aumento e uma grade quadricular de fundo para visualização e contagem manual (ou por amostragem) dos insetos. Além da contagem, os insetos também são categorizados em ninfas, adultos alados e adultos ápteros. Em placas com um número elevado de insetos, trabalha-se com contagem parcial e estimativa da população total de insetos. É um método demorado e que tende a um índice de erro elevado, pois fatores como fadiga, ilusões visuais e tédio podem influenciar nos resultados da contagem [6].

Nesse contexto, a extração de informações por meio de recursos de visão computacional pode fornecer dados relacionados com a dinâmica das populações de pragas, auxiliando no manejo integrado e na tomada de decisão na Agricultura – em especial, a cultura do trigo [7]. Com um sistema automático de contagem, pode-se diminuir o tempo de análise por amostra e, conseqüentemente, aumentar o monitoramento. Isso também contribui para um resultado final mais confiável e com melhor acurácia, indicando, por exemplo, o estágio de infestação de determinada área [8].

Além disso, por intermédio de sistemas computacionais e diretivas de coleta de imagens, pode-se configurar diferentes padrões de análise. Um método padrão de contagem e classificação pode ser definido em um algoritmo que siga os procedimentos científicos e a expertise do pesquisador. Outra característica é que o software não é suscetível a erros causados por fenômenos fisiológicos e psicológicos humanos como fadiga e tédio.

Desta forma, este artigo apresenta detalhes sobre o desenvolvimento de uma metodologia de visão computacional para contagem, classificação e mensuração de afídeos utilizando as bibliotecas OpenCV e TensorFlow. O objetivo do trabalho é oferecer uma ferramenta para que pesquisadores da área da Agricultura possam aumentar o espectro de análise e melhorar o percentual de confiabilidade dos resultados em laboratório. As próximas seções descrevem o andamento do trabalho.

II. MATERIAIS

O desenvolvimento deste projeto é apoiado pela Embrapa Trigo. A instituição situada em Passo Fundo é uma das 47 unidades descentralizadas da Embrapa [9].

Com o objetivo de contribuir com o manejo integrado de pragas da cultura do trigo, este trabalho propõe o desenvolvimento de um software (AphidsCV) que implementa uma metodologia de contagem e classificação de afídeos utilizando recursos de visão computacional. Para tanto, utiliza-se a linguagem de programação Java 7, e as bibliotecas OpenCV 3.0 [10] (para processamento de imagens) e TensorFlow r1.1 [11] (para aprendizado de máquina).

Java é uma das linguagens de programação mais importantes e utilizadas no mundo, baseada no paradigma de orientação a objetos. Mantida pela Oracle Corporation, possui recursos que permitem segurança, portabilidade, robustez e *multithreaded* para aplicações, em uma arquitetura neutra, interpretada, distribuída e dinâmica [12].

OpenCV (*Open Source Computer Vision*) é uma biblioteca de visão computacional multiplataforma, de código aberto, com mais de 2500 algoritmos para análise de vídeo e imagens [10]. Originalmente, foi desenvolvida pela Intel, e atualmente é mantida abertamente por comunidade própria. Possui interfaces para C++, C, Python, Java e MATLAB.

TensorFlow é uma biblioteca de código aberto para aprendizado de máquina. Originalmente, foi desenvolvida por pesquisadores e engenheiros do Google Brain Team para fins de pesquisa em redes neurais profundas [11], com o objetivo de detectar e decifrar padrões e correlações, análogas à aprendizagem e ao raciocínio dos seres humanos.

III. MÉTODOS

A. Aquisição

Para a definição do método de contagem e classificação, a etapa de aquisição de imagens é primordial, uma vez que é preciso estabelecer uma configuração padronizada para aquisição das amostras e redução de vieses. Este passo, com exceção da digitalização, é baseado na metodologia manual de contagem utilizado na Embrapa Trigo de Passo Fundo.

O processo inicia com a coleta de amostras por pesquisadores em campo, colocando os pulgões em tubos de ensaio contendo solução aquosa. Em seguida, acontece a transferência destas amostras para placas de Petri, circulares e transparentes, com 14 cm de diâmetro. Na sequência, ocorre a digitalização das placas com os materiais coletados, conforme Figura 1. A digitalização é feita em scanner comum de mesa, na resolução de 1200 dpi e dimensões de 7000x7000 pixels.

Outra forma de aquisição diferente da apresentada poderá ter resultados insatisfatórios com a metodologia na atual versão.

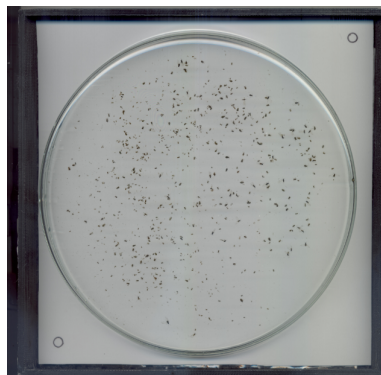
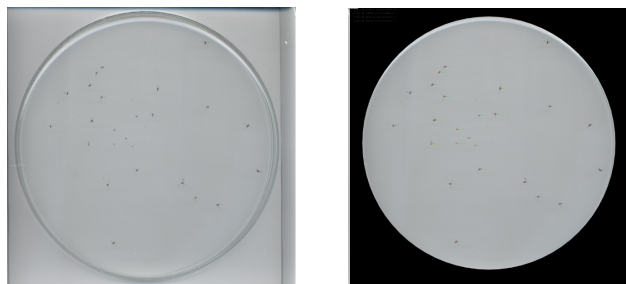


Figura 1. Placa digitalizada.

B. Processamento

Para o processamento das imagens, adotou-se três métodos que visam extrair das imagens os objetos de interesse, e também eliminar possíveis sujeiras como exoesqueletos, utilizando recursos da OpenCV.

O processo tem início com a segmentação macro. Ao receber uma imagem digitalizada, sabe-se que os dados fora do perímetro da placa de Petri não interessam. Sendo assim, é necessário aplicar um método de exclusão dessas áreas externas à placa. A Figura 2 representa esta situação, onde a parte em preto foi considerada desnecessária (direita) em relação à imagem de entrada (esquerda). Para tanto, utilizou-se a transformada de Hough para detecção de círculos.



(a) Imagem de entrada.

(b) Imagem de saída.

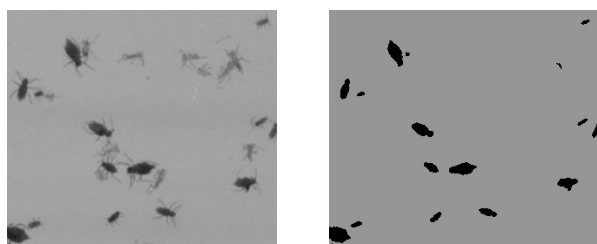
Figura 2. Segmentação macro.

A etapa seguinte também realiza segmentação, porém com objetivo de excluir exúvias (exoesqueletos eliminados pelos insetos a medida que crescem). Restos de vegetais que, na maioria dos casos, têm tonalidade de cor mais clara que os insetos, acabam sendo removidos também nesta etapa, por um algoritmo de limiarização aplicado à região de interesse.

A limiarização (*thresholding*) é considerada uma etapa básica e fundamental para segmentação de imagens [13]. Tem como princípio separar regiões de uma imagem que apresentam duas classes como, por exemplo, o fundo e um objeto. A função se baseia em definir um valor de corte (T)

para uma imagem que, ao ser processada, considerará todos os valores de pixels acima ou iguais a T como valor um, e os valores menores como zero.

Por meio de calibração, definiu-se valor de T em 110 para essa abordagem. A Figura 3 apresenta o resultado desta etapa em uma área ampliada da imagem. Assim, eliminam-se possíveis falsos positivos, já que exúvias tem um grau alto de semelhança com os insetos.



(a) Corte imagem de entrada. (b) Imagem após limiarização.

Figura 3. Eliminação de sujeiras.

Na terceira etapa de processamento, são reconhecidos os contornos dos objetos encontrados na imagem por meio de técnicas de detecção de bordas. Para tanto, adotou-se técnicas de detecção de borda para efetuar este procedimento.

Após identificar cada contorno, é avaliado se cada região de interesse destacada pode ser considerada um inseto, a partir de suas dimensões. Também nesta etapa é feita a mensuração do contorno, ou seja, são extraídos os valores de comprimento, largura, área e perímetro. A partir desses dados, também estima-se o peso do inseto.

Caso o contorno seja considerado um potencial inseto, ele será extraído da imagem para que siga para o procedimento de classificação. Esta extração é feita através de um recorte retangular do contorno.

C. Classificação

Na etapa de classificação, cada área reconhecida é avaliada por meio de técnicas de aprendizado de máquina. Para tanto, faz-se a comparação de características da imagem corrente com um banco de dados de positivos e falsos positivos para classificar o objeto em análise.

Portanto, após obter os potenciais contornos, necessita-se rotular os insetos em três categorias conforme seu tempo de vida: ninfas, adultos alados e adultos ápteros. Assim, pode-se classificá-los corretamente e obter a quantidade total em cada categoria. As ninfas são insetos na fase inicial de vida, e possuem um tamanho menor comparado aos adultos, e têm morfologia menos arredondada. Os adultos ápteros são insetos na fase adulta, identificados pelo tamanho maior e morfologia mais arredondada. Já os adultos alados diferem-se dos ápteros por possuírem asas.

Para realizar a classificação, utilizou-se algoritmos de *deep learning* disponíveis na biblioteca TensorFlow. A partir de um módulo Java Console, fez-se recortes de imagens de entrada e criou-se um banco de dados primário, tomando por base as etapas de processamento de imagens apresentadas anteriormente.

Para gerar esta coleção, foram utilizadas aproximadamente 100 amostras similares a Figura 1.

Destas imagens, obteve-se aproximadamente 30000 recortes de 100x100 pixels. Estes recortes foram submetidos a classificação humana, considerando quatro classes: ninfas, ápteros, alados e falsos. Para a aprendizagem de máquina, foram utilizadas 2155 imagens da classe alados (Figura 4), 2622 da classe ápteros (Figura 5), 2213 da classe ninfas (Figura 6) e 2590 da classe falsos (Figura 7). Após treinamento da solução, obteve-se uma inteligência de máquina com precisão de 98,10%.

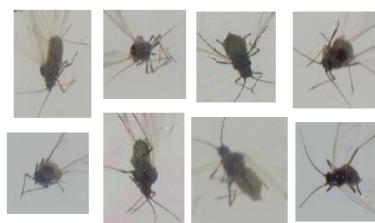


Figura 4. Exemplos de imagens da classe Alados.



Figura 5. Exemplos de imagens da classe Ápteros.



Figura 6. Exemplos de imagens da classe Ninfas.

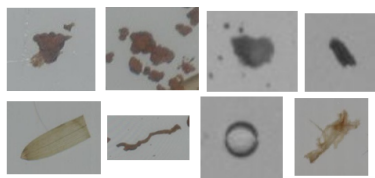


Figura 7. Exemplos de imagens da classe Falsos.

D. Apresentação

A interação com as funcionalidades do software é realizada por meio de interface gráfica construída em JavaFX. Com a proposta de ser algo extremamente simples, consiste em uma janela que solicita ao usuário que indique uma pasta de origem

das imagens para processamento. Após isso, cada imagem disponível é processada. A Figura 8 mostra a janela que apresenta os resultados do processamento, os quais também são gravados nos formatos JSON e CSV.

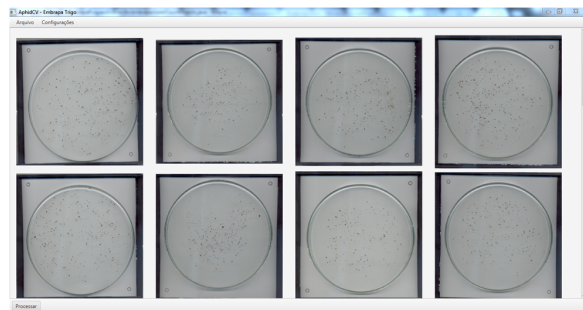


Figura 8. Interface gráfica.

As imagens de saída também são salvas para análise visual por parte dos usuários. A Figura 9 apresenta um recorte ampliado de uma imagem pós-processamento, onde os contornos em amarelo foram considerados ninfas, os vermelhos ápteros e os roxos alados. Para demonstração, os números ao lado representam as medidas em pixels da área, perímetro e altura. A conversão para milímetros está em fase final de refinamento.



Figura 9. Imagem pós processamento.

IV. RESULTADOS PRELIMINARES

Como o software ainda não entrou na etapa de homologação, apenas alguns testes foram realizados com a espécie de pulgão *Rhopalosiphum padi*. Nestes testes, o objetivo foi comparar apenas as contagens feitas de forma manual, com as contagens feitas pela metodologia proposta. A classificação e mensuração não foram avaliadas.

Num primeiro estudo piloto, processou-se aleatoriamente 28 amostras da base de dados, obtendo-se uma correlação de 95,5% entre a contagem manual e automática. Um segundo estudo, realizado em laboratório, comparou a contagem em sete amostras de diferentes cultivares (Tabela I), com quatro repetições, apresentando uma correlação de 99,7%.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o andamento sobre desenvolvimento de software (AphidsCV) que utiliza uma metodologia para contagem e classificação de afídeos utilizando recursos de visão computacional e inteligência artificial, útil para pesquisadores da área da Agricultura.

Tabela I
COMPARAÇÃO ENTRE CONTAGENS MANUAL E AUTOMÁTICA.

Tratamento	Cultivar	Contagem	
		Manual	Automática
T1	Embrapa 16	254	301
T2	BRS Timbaúva	243	290
T3	BRS Guabiju	426	513
T4	CD 1104	135	142
T5	BRS 277	191	201
T6	BRS Guamirim	349	402
T7	BRS Reponete	195	203

As próximas etapas do projeto consistem em desenvolver a mensuração de afídeos através da conversão de pixels para milímetros e a melhoria do sistema de classificação, cujo objetivo, é uniformizar a precisão em aproximadamente 99%. Para tal, será gerado um novo aprendizado de máquina utilizando mais 20 mil imagens de cada classe.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a adaptação do sistema para outras espécies de pulgões e também utilizar GPU no processamento das imagens para acelerar o processo.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Embrapa Trigo, especialmente aos pesquisadores Douglas Lau e Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, pelo apoio no desenvolvimento deste projeto. À NVIDIA, pela doação à UPF de GPUs de alto desempenho que estão contribuindo na evolução do objeto dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] D. N. Gallo, O. S. Neto, S. Carvalho, R. P. L. Baptista *et al.*, *Entomologia agrícola*. Fundacao de Estudos Agrários Luiz de Queiroz., 2002, no. 632.7 E61e.
- [2] P. Fabretti and J. O. Menten, "Seres indesejáveis," *Revista Cultivar*, vol. 167, pp. 03–10, 2013.
- [3] ABITRIGO, "O trigo na história," acessado: 10-07-2017. [Online]. Available: <http://www.abitrigo.com.br/trigo-na-historia.php>
- [4] A. Martin, D. Sathish, C. Balachander, T. Hariprasath, and G. Krishnamoorthi, "Identification and counting of pests using extended region grow algorithm," in *Electronics and Communication Systems (ICECS), 2015 2nd International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 1229–1234.
- [5] J. Salvadori and G. Tonet, "Manejo integrado dos pulgões de trigo." *Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)*, 2001.
- [6] J. G. A. Barbedo, "Using digital image processing for counting whiteflies on soybean leaves," *Journal of Asia-Pacific Entomology*, vol. 17, no. 4, pp. 685–694, 2014.
- [7] 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.
- [8] M. Wadhai, V. Gohokar, and A. Khaparde, "Agriculture pest control using computer vision technique," *International Journal*, vol. 3, no. 8, pp. 309–314, 2015.
- [9] E. TRIGO, "Empresa brasileira de pesquisa agropecuária," acessado: 10-07-2017. [Online]. Available: <https://www.embrapa.br/trigo/apresentacao>
- [10] OpenCV, "Opencv library," acessado: 10-07-2017. [Online]. Available: <http://opencv.org/>
- [11] TensorFlow, "Tensorflow - an open-source software library for machine intelligence," acessado: 10-07-2017. [Online]. Available: <https://www.tensorflow.org/>
- [12] H. Schildt, *Java. A Referência Completa (Em Portuguesa do Brasil)*. Alta Books, 2014.
- [13] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing*, 3rd ed. Pearson Education, 2008.