



VISÃO COMPUTACIONAL EMPREGADA À IDENTIFICAÇÃO DE MOSCAS-DAS-FRUTAS EM ARMADILHAS INTELIGENTES

Palavras-Chave: SISTEMA DE MONITORAMENTO, IDENTIFICAÇÃO DE MOSCAS, VISÃO COMPUTACIONAL, CERATITIS CAPITATA, ANASTREPHA FRATERCULUS

Autores(as):

GIOVANNA LOUISE DINIZ SILVA, FT - UNICAMP

Profa. Dra. TALÍA SIMÕES DOS SANTOS XIMENES, FT - UNICAMP

Dr. LUÍS FERNANDO GOMEZ GONZALEZ, IC - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Com o avanço tecnológico das comunicações e o crescimento populacional, a globalização tornou-se cada vez mais presente nas sociedades contemporâneas. No Brasil, esse processo impulsionou o comércio de produtos agrícolas (Flexor, 2006), mas também facilitou a entrada de pragas de outras regiões, gerando desafios para a produção rural (Gazzoni, 2001). Atualmente, há um controle rigoroso sobre os produtos comercializados para evitar a disseminação de espécies invasoras (Silva e Santos, 2013), como a mosca-das-frutas, as quais podem causar desequilíbrios ambientais e prejuízos à agricultura. No entanto, mesmo com medidas sanitárias, ainda ocorrem casos de propagação dessas infestações em diferentes regiões do país.

Tendo em vista a problemática apresentada, o projeto propõe a aplicação de conceitos de visão computacional no desenvolvimento de um sistema de monitoramento de moscas-das-frutas em cultivos agrícolas, o qual realiza a contagem dos insetos que visitam a armadilha, além da identificação da sua espécie (entre *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*). Assim, torna-se possível identificar a ocorrência de infestações de pragas, auxiliando em um melhor controle da produção e contribuindo para a manutenção do comércio regional e internacional do Brasil.

Para a execução do projeto, foi realizada uma parceria com o Instituto Biológico de Campinas (IB), o qual permitiu a utilização de seus espaços e de espécies de moscas para os testes, além de contribuir com informações técnicas e estudos sobre o comportamento das moscas-das-frutas.

METODOLOGIA:

Inicialmente, foram realizadas duas visitas ao Instituto Biológico de Campinas, a fim de obter gravações e fotos das moscas-das-frutas do tipo *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* que são criadas no local. A armadilha de moscas utilizada se baseia no modelo McPhail, porém contendo uma webcam acoplada em seu interior como uma adaptação em seu formato. A Figura 1 mostra os primeiros testes realizados no IB para a gravação das moscas entrando na armadilha.



Figura 1 - Gravação das moscas entrando na armadilha em experimento no Instituto Biológico de Campinas

O conteúdo obtido das moscas foi utilizado para a criação do sistema de monitoramento do projeto, o qual foi idealizado contendo 4 etapas principais: detecção de movimento, classificador, detector e análise de dados.

O algoritmo de detecção de movimento, responsável por indicar a presença de um inseto entrando na armadilha, foi elaborado utilizando um modelo de subtração de fundo, por meio da biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*). Foi inserida uma linha horizontal central na imagem da webcam, a qual, ao ser cruzada por um objeto, um frame é extraído no mesmo instante e uma entrada é contabilizada.

Em seguida, a foto capturada é enviada a um classificador, o qual foi elaborado utilizando o modelo YOLOv8 (*You Only Look Once*) e retorna se o corpo detectado trata-se de uma mosca ou não. Para o treinamento de máquina do classificador, foi criado um banco de imagens contendo exemplares das espécies *Ceratitidis capitata* e *Anastrepha fraterculus*. Além disso, incluiu-se uma classe com imagens de outros insetos que podem entrar na armadilha, como mariposas, libélulas e abelhas, e outra com imagens vazias (somente o fundo da armadilha), permitindo que o algoritmo lidasse com casos em que uma imagem fosse registrada por engano, sem conter nenhum inseto. Essas imagens são

mostradas na Figura 2.



Figura 2 - Imagens de resultados do classificador em testes com mosca e a armadilha vazia.

Caso o classificador identifique a presença de uma mosca (com confiança maior que 70%), a imagem é enviada ao detector de espécies, também treinado com o modelo YOLOv8 para distinguir entre *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Para isso, foi montado um banco de imagens anotadas com *bounding boxes* usando o software LabelImg, associando cada espécie a uma classe específica. As imagens foram organizadas em pastas de treinamento e validação, permitindo avaliar o desempenho do modelo e evitar o sobreajuste (*overfitting*).

As detecções realizadas pelo detector de espécies são armazenadas em um arquivo CSV, assim como as imagens são salvas em um diretório para posterior análise. Apenas as detecções com confiança igual ou superior a 70% são consideradas válidas e têm a espécie identificada registrada, já aquelas com confiança inferior a esse limite são classificadas como imprecisas e não têm a espécie anotada. O sistema também registra no CSV os casos em que o classificador identifica a presença de um inseto que não é uma mosca, bem como as ocorrências de imagens vazias, ou seja, sem nenhum inseto presente, garantindo o monitoramento completo de todos os eventos capturados pela armadilha.

Para evitar que o algoritmo de detecção de movimento contabilize múltiplas vezes o mesmo inseto, foi implementada a seguinte lógica. Quando o classificador indica que o objeto detectado não é uma mosca, a webcam é desativada por 3 minutos, permitindo tempo suficiente para que o inseto saia do campo de visão. Se for identificada uma mosca, a imagem é enviada ao detector de espécies; caso o detector não consiga identificar a espécie com confiança superior a 70%, a webcam também é desativada por 3 minutos.

Quando a espécie é identificada com precisão suficiente, a imagem é encaminhada a um segundo classificador, responsável por verificar se ainda há uma mosca na tela. Em seguida, a imagem é analisada por um segundo detector de espécies, cuja função é identificar se uma nova mosca entrou na armadilha enquanto a anterior ainda permanecia imóvel. Isso é possível porque o detector é capaz de contar a quantidade de *bounding boxes* presentes na imagem, permitindo inferir a entrada de novos indivíduos. Essa etapa adicional permite ao sistema distinguir entradas simultâneas de diferentes

insetos, aumentando sua robustez. A contagem definitiva só ocorre quando o segundo classificador indica ausência de objetos na tela (vazio), o que sinaliza que as moscas entraram ou saíram da armadilha.

Destaca-se que foi utilizada uma Raspberry Pi 4 como microcontrolador para embarcar o código do sistema, sendo implementado um gerenciador Supervisor para garantir que o programa seja executado continuamente, reiniciando-o automaticamente em caso de falhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para validar o funcionamento do sistema de monitoramento, os primeiros testes foram realizados com vídeos previamente gravados no Instituto Biológico de Campinas, contendo registros de moscas-das-frutas. Feito isso, foram conduzidos testes presenciais no próprio IB, incluindo dois cenários distintos: um teste de estresse (Figura 3), no qual várias moscas foram colocadas em um recipiente acoplado diretamente à armadilha para forçar múltiplas entradas simultâneas; e um teste em ambiente controlado dentro de uma gaiola, com a armadilha e os insetos confinados no mesmo espaço. Nessas avaliações, o classificador apresentou 100% de acurácia na detecção da presença de moscas, enquanto o detector de espécies obteve uma taxa de acerto de, aproximadamente, 95%. A Figura 3 ilustra o funcionamento do detector para a identificação das espécies.

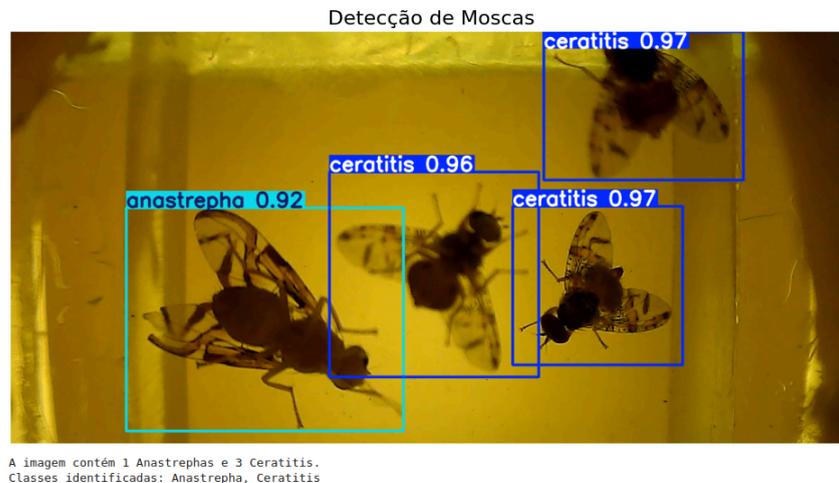


Figura 3 - Resultado do detector recebendo uma imagem contendo moscas-das-frutas

Com relação ao detector de movimento, um dos principais desafios enfrentados foi a múltipla contabilização da mesma mosca. Esse problema ocorria, principalmente, devido ao comportamento imprevisível dos insetos, os quais frequentemente entravam e saíam do campo de visão da webcam, provocando detecções repetidas de um mesmo indivíduo. Para mitigar esse efeito, foi adotado um tempo maior de inatividade da webcam após uma detecção (3 minutos), bem como a passagem da imagem por um segundo classificador e um segundo detector após uma detecção com confiança

superior a 70% para *Ceratitis capitata* ou *Anastrepha fraterculus*.

No entanto, essa abordagem introduz uma limitação: caso uma nova mosca entre na armadilha durante o intervalo de inatividade, ela não será detectada e nem contabilizada. Apesar disso, no último teste em gaiola no IB, o sistema não apresentou múltiplas contagem de uma mesma mosca, além do detector que teve 100% de acurácia na identificação das espécies (Figura 4).

	Padrão	Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
1	timestamp	classificacao	confianca_classificacao	deteccao	confianca_deteccao
2	2025-08-01 10:12:57	vazio	99.81		
3	2025-08-01 10:16:01	vazio	99.59		
4	2025-08-01 10:19:02	vazio	99.42		
5	2025-08-01 10:22:03	vazio	99.61		
6	2025-08-01 13:08:35	vazio	99.56		
7	2025-08-01 13:11:35	vazio	99.66		
8	2025-08-01 13:20:41	vazio	99.31		
9	2025-08-01 13:29:17	vazio	99.29		
10	2025-08-01 14:56:05	mosca	99.54	ceratitis	88.78
11	2025-08-01 15:41:45	mosca	99.8	ceratitis	86.98
12	2025-08-01 16:45:08	mosca	99.43	ceratitis	87.72
13	2025-08-01 17:42:47	vazio	99.84		
14	2025-08-02 09:31:00	mosca	99.8	ceratitis	87.8
15	2025-08-02 13:37:51	vazio	99.3		
16	2025-08-02 13:50:51	mosca	99.87	ceratitis	90.55

Figura 4 - Resultado do CSV do último teste em gaiola no Instituto Biológico de Campinas

CONCLUSÕES:

O projeto apresentou resultados bastante promissores, e o protótipo, com base nos testes conduzidos, tem se mostrado eficaz no monitoramento de moscas-das-frutas, realizando com precisão a detecção das duas espécies estudadas: *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*.

Como próximos passos, está prevista a realização de um teste final em campo, dentro de um cultivo rural, a fim de avaliar o desempenho do sistema em um ambiente real de produção. Ademais, será implementado um sistema de envio semanal de relatórios ao produtor; com base nas informações registradas no arquivo CSV, será possível contar quantas moscas-das-frutas visitaram a armadilha no plantio durante o intervalo de tempo desejado.

BIBLIOGRAFIA:

FLEXOR, G. A Globalização do Sistema Agroalimentar e seus Desafios para o Brasil. Revista Economia Ensaios, v. 21, n. 1, 2006.

GAZZONI, D. L. Desafios Sanitários Associados à Globalização de Mercados (2001). Disponível em: <http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v63_1_2/gazzoni.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SILVA, O.; SANTOS, M. Comércio internacional e defesa vegetal. ResearchGate, [s. l.], 1 set. 2013.