

Uso do conceito de Internet das Coisas para Alertar o produtor sobre a presença de Mosca-branca na Lavoura

Marcelo G. Narciso¹, Keller Silva¹, Murillo Lobo Jr¹, Patrick Soares Mendes¹

¹Grupo de Manejo de Sistemas Agrícolas – Embrapa Arroz e Feijão (CNPAP)
Rodovia GO-462, Km 12, Caixa Postal 179, Zona Rural, CEP 75375 – Santo Antônio
de Goiás – GO – Brazil

{Marcelo.narciso,murillo.loblo}@embrapa.br, kellersilva2@gmail.com,
psoaresm23@gmail.com

Abstract. *This work describes the development of an automated trap, with emphasis on hardware, using Internet of Things (IoT) concept, to detect whiteflies in the field, in an automated way, to facilitate crop monitoring for the appearance of this pest and This way, the producer or person responsible can make decisions about combating this pest. A common trap has to be monitored by one person, the pest farmer, who does not have time to monitor the crop at any time, and his frequency of evaluating the traps can be weekly or monthly, but not daily. The developed system monitors each trap at all times and sends an alert to the producer at any time.*

Resumo. *Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma armadilha automatizada, com ênfase no hardware, usando o conceito de Internet das Coisas (IoT), para detectar a mosca-branca no campo, de forma automatizada, para facilitar o monitoramento da lavoura quanto ao aparecimento desta praga e assim o produtor ou responsável poder tomar decisões sobre o combate desta praga. Uma armadilha comum tem que ser monitorada por uma pessoa, o pragueiro, o qual não tem tempo para monitorar a lavoura a qualquer momento, e sua frequência de avaliação das armadilhas pode ser semanal ou mensal, mas não diária. O sistema desenvolvido monitora a todo momento cada armadilha e envia um alerta ao produtor a qualquer momento.*

1. Introdução

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) é uma praga polífaga, que pode trazer danos a diversos tipos de culturas, como morango, tomate, feijão, soja, algodão, etc. Esta praga, além dos danos diretos que pode trazer, pode trazer também danos indiretos como ser vetor de vírus para a lavoura, os quais aumentam os danos e assim podem levar a grandes perdas de produtividade da cultura. Conforme o grau de infestação, a perda na lavoura poderá chegar a 100%. A mosca-branca está presente no mundo todo, tem resistência a diversos inseticidas e tem alta capacidade de reprodução. Mais informações sobre a mesma pode ser visto em (AEGRO, 2023). A Figura 1, com imagem ampliada, ilustra o adulto da mosca-branca, cujo tamanho médio de é 1 mm.



Figura 1 - Mosca-branca. Fonte: (AEGRO, 2023)

Uma forma de combate à mosca-branca é usar uma armadilha para a captura da mosca-branca e assim detectar a presença desta praga. Uma vez que a praga é detectada, então o produtor ou responsável pela lavoura poderá tomar decisão sobre o combate. Porém, como a verificação da armadilha não é a todo momento, mas em intervalos de dias ou semanas, pode ser tarde para o combate, ou ainda, devido à demora para agir contra a praga, a produtividade da lavoura poderá ficar comprometida. Este fato foi a inspiração para a construção de uma armadilha para detectar a presença da mosca-branca assim que ela chega à lavoura de forma automatizada.

A mosca-branca adulta tem o tamanho médio de 1 mm e, por ser muito pequena, é difícil detectar a mesma por um sensor de presença ou similar. Desta forma, quando a mosca-branca é capturada na armadilha, é possível detectá-la por imagens. Basta fazer algumas tomadas de imagens da armadilha por dia, e então detectar a mosca-branca na armadilha. Uma vez que a mosca foi detectada na imagem, os dados da captura são enviados ao produtor ou responsável. O envio da quantidade de moscas-brancas na armadilha, e o local onde ela está, a partir da armadilha até à propriedade rural não é simples, visto que no campo não há Internet. Para isso, deve-se fazer uma transmissão dos dados colhidos pela armadilha através de rádios, os quais têm protocolos de transmissão conhecidos. Uma vez transmitidos estes dados para a propriedade rural, pode-se inseri-los em uma base de dados. Um aplicativo pode usar esta base para mostrar os dados diversos sobre a mosca-branca no campo e desta forma o produtor poderá ter dados para tomar decisões. Com este raciocínio, foi construído um protótipo de uma armadilha automatizada para a detecção da mosca-branca na lavoura, e os dados colhidos, a partir da armadilha, podem ser acessados, a qualquer momento, pelo produtor, através de um aplicativo mobile ou web. Uma vez que o produtor ou responsável possa acessar cada armadilha, através do aplicativo, para saber se alguma

mosca-branca apareceu na lavoura e em que local da lavoura, é mais fácil o combate à população de moscas-brancas eficientemente e assim diminuir qualquer perda que esta praga poderá trazer.

Conforme descrito nos parágrafos anteriores, cada armadilha que estiver no campo será uma “coisa”, que terá seus dados acessados pela Internet por meio de aplicativo web ou mobile. As várias armadilhas que estiverem no campo terão componentes de hardware que transmitirão dados que serão mais tarde acessados por aplicativo web ou mobile para que o produtor possa ver quantas moscas-brancas tem em cada armadilha. Sendo assim, esse trabalho descreve a armadilha automatizada para monitoramento de mosca-branca no campo, usando o enfoque de Internet das coisas (IoT, 2023), para que o produtor tenha acesso aos dados de cada armadilha a qualquer momento, em qualquer lugar, em seu celular ou aplicativo web. Dessa forma, a ênfase será no hardware de cada armadilha, para facilitar o entendimento por parte do leitor sobre como funciona o sistema chamado de armadilha automatizada para alertar o produtor sobre o aparecimento da mosca-branca na lavoura, desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão (EAF, 2023).

2. Material e Métodos

A armadilha mais comumente usada para capturar mosca-branca é um papel colante amarelo, que pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 - Armadilha adesiva para mosca-branca. Fonte: (COLEAGRO, 2023)

Este papel colante amarelo, localizado na borda da plantação ou em local estratégico, deve ser verificado pelo “pragueiro” ou responsável em intervalos de tempos tais que se possa reconhecer a presença ou não da mosca-branca na armadilha, estimar a quantidade que está presente na lavoura, e então informar ao produtor ou

responsável a quantidade de moscas brancas previstas, onde estão e assim o combate à praga é feito. Conforme a quantidade de moscas-brancas no campo, a severidade pode ser baixa, muito baixa, média, alta ou muito alta. Conforme a severidade, o controle da praga tem que ser imediato. Para o caso da armadilha automatizada, uma câmera monitora a armadilha, e a câmera é controlada por uma placa raspberry pi, que faz a tomada de imagens e usa um algoritmo de reconhecimento de imagens da mosca-branca, na armadilha colante amarela, para detectar a sua presença. Na placa raspberry pi são executados os algoritmos para iniciar a camera para tomadas de imagens, recepção de imagem e uso desta imagem tomada para servir de entrada para um outro algoritmo fazer um processamento e contar quantas moscas foram detectadas na imagem. Além do processamento da imagem, a placa raspberry pi faz o levantamento da temperatura do ar e umidade relativa do ar, e também a localização da armadilha, através, respectivamente, de sensor DHT 22 (DHT, 2023) e GPS (GPS, 2023). Todos os dados colhidos da imagem, sensor e GPS são repassados para o módulo radioenge, cujo protocolo é LoraWan (LORA, 2023), o qual é muito usado em aplicações de IoT. Este módulo, radioenge, transmite estes dados do campo para a sede da propriedade rural, até a uma distância de 5 km. Na propriedade rural, existe uma antena que captura estes dados e estes são repassados ao módulo radioenge, o qual repassa para uma raspberry pi, que então armazena estes dados em uma base de dados em um computador local, para ser usado posteriormente por um aplicativo. A Figura 3 ilustra o que foi descrito.

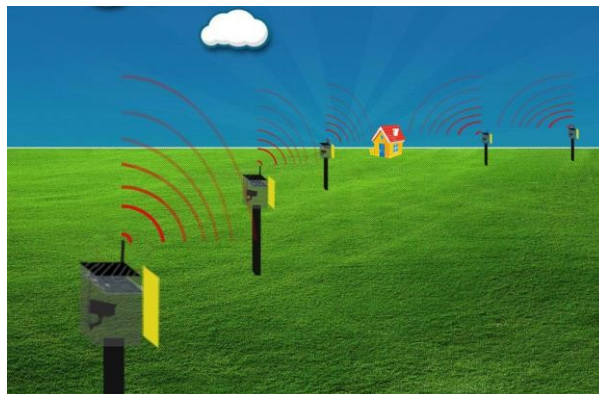


Figura 3 - Armadilha adesiva para mosca-branca. Fonte: os autores

Sobre a medida de temperatura e umidade do ar, sabe-se que estas variáveis climáticas são indicadores de possibilidade de aparecimento de mosca-branca, pois existem condições de temperatura e umidade do ar favoráveis para a população desta praga se estabelecer (AEGRO, 2023).

Existem armadilhas automatizadas usando sensores ou imagens, mas para a mosca-branca, inseto de 1 mm de tamanho, não existe ainda este tipo de armadilha, o que é desafiador, e este trabalho foi desenvolvido para preencher essa lacuna, isso é, detectar a mosca-branca no campo, mesmo ela sendo muito pequena.

3. Resultados

O custo da armadilha automatizada a ser desenvolvida deverá ser o menor possível, porém com qualidade, para que seja viável a sua comercialização, quando da adoção por

alguma empresa. Desta forma, a idéia é usar a menor quantidade de componentes eletrônicos possíveis, porém mantendo a qualidade.

Inicialmente, para o monitoramento da armadilha amarela colante, foi testada a raspberry câmera pi, apropriada para raspberry pi. Entretanto, os resultados foram medianos, e a qualidade da imagem era regular. Posteriormente, uma webcam da Logitech (LOGITECH, 2023) foi usada e os resultados foram melhores, tanto em resolução quanto em nitidez. Esta câmera pode ser anexada à placa raspberry pi, e assim foi usada para a captura de imagens.

A placa raspberry pi foi escolhida por ser relativamente fácil de ser encontrada no mercado nacional. Poderiam ser outras placas como a orange pi (ORANGE-PI, 2023) ou banana pi (BANANA-PI, 2023), ou similar. Porém, dada a popularidade da raspberry pi, facilidade de ser encontrada no mercado nacional e também por ter muito material de suporte quanto a esta placa, além de drivers e softwares, a raspberry pi foi, portanto, a solução escolhida. A Figura 4 ilustra algumas das placas citadas



Figura 4 - Raspberry pi 3B+ e Orange pi 4 LTS. Fonte: os autores

Quanto ao protocolo de comunicação, foi escolhido o LoRaWAN. Este protocolo tem sido muito usado para transmissão de dados com baixo custo de energia, e este protocolo é muito usado em sistemas que usam o conceito de IoT. Testes foram feitos com os módulos Lora ESP 32 (ESP32, 2023), EBYTE E220-900T22 (EBYTE, 2023) e módulo LoRaWAN radioenge (RADIOENGE, 2023). Cada um destes módulos implementam o protocolo LoRa. O rendimento de cada uma destas soluções LoRa, para envio de dados textuais ou numéricos, foi aceitável, com tempo de 1 ou 2 segundos de transmissão a 5 km. A frequência de transmissão / recepção utilizada é 915 MHz. Para o caso do EBYTE E220-900T22, existe a vantagem do custo ser mais baixo, porém a programação para o controle deste componente, na raspberry pi, seria bem maior. A vantagem do módulo LoRaWAN radioenge é que é certificado pela Anatel, e pode ser usado sem problemas. Para o caso do Lora ESP 32, o rendimento é bom e tem muita documentação na Internet sobre ele e assim foi o mais fácil de ser usado. Para este Sistema de armadilha automatizada, iniciou-se o uso do com o Lora ESP 32, e depois foi usado o EBYTE E220-900T22 e por final foi usado o módulo radioenge, por causa desta solução ser certificada pela Anatel. Para fins comerciais, é melhor usar o radioenge. Porém, as 3 soluções são muito boas. A Figura 5 mostra os módulos citados.



Figura 5 - EBYTE E220-900T22, Lora ESP 32 e módulo Lorawan radioenge. Fonte: os autores

Para a transmissão de dados de um módulo Lora de rádio, do campo para a propriedade rural, a antena que vem no módulo Lora é suficiente para a transmissão e recepção a partir do campo. Para a propriedade rural, que vai receber os sinais e transmitir para mais de um módulo no campo, a antena tem que ter maior ganho de sinal. A antena usada para a propriedade rural foi a que tem ganho de 12 dbi. Inicialmente, foi usada uma antena com ganho de 6 dbi, cujo alcance era menor que 3 km e o relevo influenciava mais do que a antena de ganho de 12 dbi, principalmente quando havia árvores em torno da propriedade rural. A Figura 6 ilustra as antenas testadas.



a) Antena 12 dbi, 915mhz

b) Antena 915mhz 6 dbi

Figura 6 - Antenas para recepção e transmissão de dados para cada módulo das armadilhas no campo. Fonte: os autores

Para o fornecimento de energia ao módulo que monitora a armadilha (webcam + raspberry pi + módulo lorawan radioenge), foi usada uma placa solar, em conjunto com um controlador de carga e uma bateria recarregável, que fornece 5V de tensão e 5A de corrente ao circuito, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7 - Placa solar, controlador de carga, bateria, raspberry pi. Fonte: os autores

Uma ilustração do circuito envio e recepção dos dados do campo para a propriedade rural está descrita na Figura 8 a seguir.

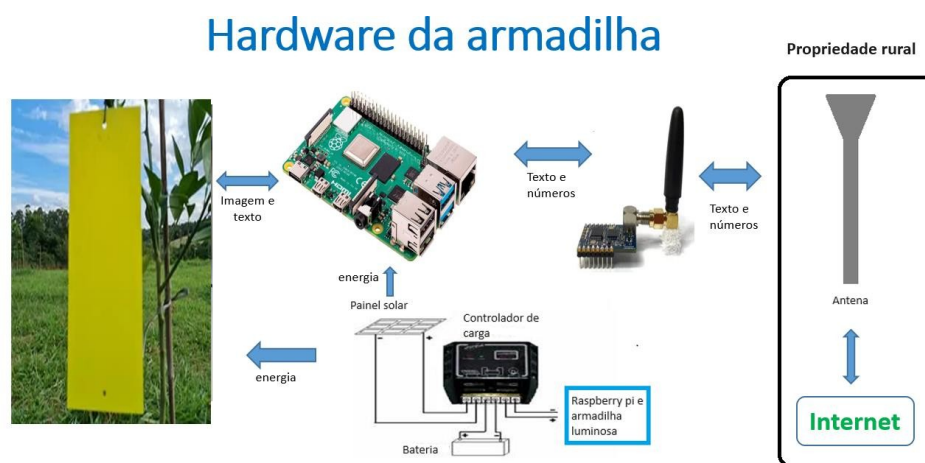


Figura 8 - Circuito eletrônico para envio e recepção de dados de cada armadilha. Fonte: os autores

O software embarcado foi feito em python, que roda no sistema operacional raspian instalado na raspberry pi 3 B plus. Este software faz a leitura do sensor de temperatura e umidade do ar, localização conforme GPS, ativa a câmera, a qual faz a tomada de imagens, que é salva em diretório específico no ambiente computacional da raspberry e, em seguida, o software para verificar quantas moscas brancas estão na armadilha colante amarela é ativado e a entrada é a imagem tomada pela câmera. A saída deste software para reconhecimento de mosca-branca é a quantidade de moscas brancas encontradas na imagem. Após isto, o resultado (número de moscas brancas na armadilha, localização georreferenciada, temperatura e umidade do ar) é enviado para o módulo lorawan radioenge, que envia os dados para a propriedade rural. Após este processamento por parte da raspberry pi, o sistema “hiberna” e espera um tempo até que seja feito novamente o processamento. A idéia é gastar a menor quantidade de energia possível, e assim a raspberry hiberna enquanto não aciona os sensores e câmeras.

Sobre o software que reconhece a mosca-branca nas imagens tiradas da armadilha amarela, foram testadas os enfoques Haar Cascade (HAAR, 2023), Deep learning (DEEP, 2023) e YOLO (YOLO, 2023). O enfoque por deep learning não era apropriado para rodar em raspberry pi zero, que tem processador 1.3 Ghz e 512 MB de RAM. Foi possível ter melhor resultado, em termos de tempo de execução e consumo de memória RAM, com a raspberry pi 3 B+, a qual tem 1.4 GHz de clock e 1 GB de

RAM. O algoritmo de Haar Cascade roda em raspberry pi zero, porém, os resultados não são bons e a acurácia máxima é 75%. A versão 8 do YOLO, para uma raspberry pi 3 B+ tem acerto / acurácia em torno de 95%. A versão com deep learning tem acerto ; acurácia máxima de 90%. A versão 8 do YOLO também não roda em raspberry pi zero mas a versão 7 pode rodar pois é otimizada para executar o algoritmo de reconhecimento de padrões em imagens em processadores de menor poder computacional, que é o caso da raspberry pi zero. A raspberry pi 3B+ foi a escolhida para a armadilha automatizada, descrita neste trabalho, por ter um desempenho mínimo aceitável e ser mais barata em relação a raspberry pi 4 nas versões 2 a 8 GB de RAM e 1.5 MHz de clock.

Este protótipo foi construído e validado na Embrapa Arroz e Feijão (EAF, 2023), a qual possui laboratórios e campos experimentais que possibilitam a criação e validação da armadilha automatizada.

4. Conclusão e Comentários

O sistema apresentado possibilita a detecção do aparecimento da população de mosca-branca na lavoura assim que esta chega, e um alerta é enviado ao produtor ou responsável. Desta forma é possível um combate imediato à esta praga. Para o sistema tradicional de armadilhas no campo, inspecionada por um especialista, chamado de pragueiro, existe a demora entre a detecção da praga até a informação chegar ao produtor ou responsável pela lavoura, que pode levar dias, e isto pode comprometer o combate a esta praga. Quanto mais cedo for detectada a praga, menor será a perda de produtividade.

Neste trabalho, foi descrito o hardware necessário para o monitoramento de mosca-branca na lavoura com maior ênfase, dado que o software envolvido para todas as ações da armadilha necessitaria de um artigo próprio, dada a quantidade de informações que seria necessária para descrever o sistema em detalhes. Para a transmissão de dados do campo para a propriedade e vice-versa, foi usado o protocolo lorawan, muito usado em sistemas que usam o conceito de Internet das coisas para o setor agrícola. Desta forma, os dados de aparecimento de mosca-branca na lavoura podem ser vistos em qualquer tempo e em qualquer lugar.

O hardware necessário para a construção do protótipo da armadilha apresentada neste trabalho teve a premissa de ser o mais barato possível, visto que várias armadilhas são dispostas no campo e, assim, o custo de cada uma destas armadilhas seria o menor possível. Por outro lado, os componentes são encontrados facilmente na Internet através de lojas virtuais no Brasil ou exterior. Com certeza existem componentes melhores do que estes que foram citados na armadilha apresentada, porém, os preços são maiores também. Como o hardware evolui rapidamente, outros componentes irão aparecer com o tempo e podem tornar a proposta apresentada mais barata e com mais qualidade.

Referências Bibliográficas

- AEGRO. Mosca-branca: como fazer o manejo eficiente. Disponível em <https://blog.aegro.com.br/mosca-branca>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- BABANA-PI. Banana pi. Disponível em, www.banana-pi.org. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- COLEAGRO. Yellow-Trap: Armadilha adesiva amarela. Disponível em <https://www.coleagro.com.br/yellow-trap-garden-armadilha-adesiva-amarela-para-ssscaptura-e-controle-de-insetos>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- DEEP. Object Detection, Recognition, Deep Learning, and the Universal Law of Generalization. Disponível em <https://arxiv.org/abs/2206.05365>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- DHT. Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22. Disponível em <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- EAF. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em <https://www.embrapa.br/pt/arroz-e-feijao>. Acesso em 12/08/2023.
- EBYTE. EBYTE E220-900T22 5KM long-distance communication. Disponível em <https://ebyteiot.com/collections/lora-module/products/e220-900t22-5km-long-distance-communication>. Acesso em 12/08/2023.
- ESP32. WIFI LORA 32. Disponível em <https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3>. Acesso em 12/08/2023.
- GPS. Módulo GPS NEO-6M com Antena. Disponível em <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/modulo-gps-neo-6m-com-antena>. Acesso em 12/08/2023.
- HAAR. Guide to Haar Cascade Algorithm with Object Detection Example. Disponível em <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/04/object-detection-using-ssshaar-cascade-opencv>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- IoT. O que é Internet das Coisas (Internet of Things)? Disponível em <https://www.proeminente.com.br/blog/post/mundo/o-que-e-internet-das-coisas-internet-of-things>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- LORA. Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN. Disponível em <https://embarcados.com.br/conheca-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan>. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- LOGITECH, Logitech. Disponível em www.logitech.com, Acesso em 12 de outubro de 2023.
- ORANGE-PI. Orange pi. Disponível em www.orange-pi.org. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- RADIOENGE. Módulo Lorawan. Disponível em

[ss: https://www.radioenge.com.br/produto/modulo-lorawan/](https://www.radioenge.com.br/produto/modulo-lorawan/). Acesso em 12 de outubro de 2023.

YOLO. Introduction to YOLO Algorithm for Object Detection. Disponível em <https://www.section.io/engineering-education/introduction-to-yolo-algorithm-for-sssubject-detection>. Acesso em 12/08/2023.