


**DETECÇÃO DE TIGUERAS E SOQUEIRAS EM PLANTAÇÕES DE ALGODÃO:
COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA PULVERIZAÇÃO SELETIVA**

**DETECTION OF TIGUERAS AND TAPES IN COTTON PLANTATIONS:
COMPARISON OF ALGORITHMS FOR SELECTIVE SPRAYING**

**DETECCIÓN DE TIGUERAS Y CINTAS EN PLANTACIONES DE ALGODÓN:
COMPARACIÓN DE ALGORITMOS PARA PULVERIZACIÓN SELECTIVA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n9-141>

Data de submissão: 12/08/2025

Data de publicação: 12/09/2025

Keller Silva

Bacharel em Sistemas de Informação

E-mail: kellersilva2@gmail.com

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6626426590210195>

Sávio Pereira Alves

Bacharel em Engenharia Física

E-mail: s.pereira.alves@outlook.com

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/76262265002101753>

Marcelo Gonçalves Narciso

Doutorado em Computação Aplicada

E-mail: marcelo.narciso@embrapa.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1175679097609016>

José Geraldo da Silva

Doutorado em Agronomia

E-mail: josegeraldo.silva@embrapa.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2770404570148142>

José Ednilson Miranda

Doutorado em Agronomia

E-mail: jose-ednilson.miranda@embrapa.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7468624337295084>

RESUMO

A presença de plantas como tigueras e soqueiras, em plantações de algodão, pode comprometer a produtividade e a qualidade da cultura, demandando estratégias eficientes de controle, visto que o bicudo, uma das maiores pragas do algodoeiro, usam estas plantas para alimento e abrigo. É importante eliminar estas plantas tão logo seja feita a colheita do algodão. Para isto, pode-se usar um sistema que detecta a tigueras e soqueira e joga herbicida diretamente nestas plantas, quando detectadas, e somente nestas plantas, reduzindo a quantidade de herbicida a ser aplicada no local da plantação. Este estudo compara três abordagens computacionais para a detecção dessas ervas daninhas: (1) um método heurístico baseado na detecção de tons de verde, (2) um modelo de reconhecimento de imagem utilizando Haar Cascade, e (3) um modelo baseado em YOLOv5. Os resultados mostraram o bom rendimento do algoritmo Haar Cascade, o qual apresentou a maior taxa

de acerto (89%), seguido pelo YOLOv5 (85%). O método heurístico demonstrou uma detecção genérica para tons verdes, com acurácia de 100%.

Palavras-chave: Visão Computacional. Pulverização Seletiva. Haar Cascade. YOLOv5. Ervas Daninhas. Algodão.

ABSTRACT

The presence of plants such as tigueras and ratoons in cotton fields can compromise crop productivity and quality, requiring efficient control strategies, as the boll weevil, one of the largest cotton pests, uses these plants for food and shelter. It is important to eliminate these plants as soon as the cotton is harvested. To achieve this, a system can be used that detects tigueras and ratoons and sprays herbicide directly on these plants, when detected, and only on these plants, reducing the amount of herbicide to be applied at the plantation site. This study compares three computational approaches for detecting these weeds: (1) a heuristic method based on detecting shades of green, (2) an image recognition model using Haar Cascade, and (3) a model based on YOLOv5. The results showed good performance of the Haar Cascade algorithm, which had the highest accuracy rate (89%), followed by YOLOv5 (85%). The heuristic method demonstrated generic detection for green hues, with 100% accuracy.

Keywords: Computer Vision. Selective Spraying. Haar Cascade. YOLOv5. Weeds. Cotton.

RESUMEN

La presencia de plantas como tigueras y retoños en los campos de algodón puede comprometer la productividad y la calidad del cultivo, lo que requiere estrategias de control eficientes, ya que el picudo del algodón, una de las plagas más grandes del algodón, las utiliza como alimento y refugio. Es importante eliminar estas plantas tan pronto como se cosecha el algodón. Para lograrlo, se puede utilizar un sistema que detecta tigueras y retoños y aplica herbicida directamente sobre estas plantas, cuando se detectan, y solo sobre ellas, reduciendo así la cantidad de herbicida a aplicar en la plantación. Este estudio compara tres enfoques computacionales para la detección de estas malezas: (1) un método heurístico basado en la detección de tonos de verde, (2) un modelo de reconocimiento de imágenes con Haar Cascade, y (3) un modelo basado en YOLOv5. Los resultados mostraron un buen rendimiento del algoritmo Haar Cascade, que obtuvo la mayor tasa de precisión (89%), seguido de YOLOv5 (85%). El método heurístico demostró una detección genérica de tonos de verde, con una precisión del 100%.

Palabras clave: Visión Artificial. Pulverización Selectiva. Cascada Haar. YOLOv5. Malezas. Algodón.

1 INTRODUÇÃO

As plantas tigueras e soqueiras do algodão representam desafios para os produtores, pois competem por recursos e podem hospedar pragas e doenças. Tiguera do algodão são plantas voluntárias que nascem espontaneamente após a colheita, geralmente a partir de sementes perdidas no solo. Plantas conhecidas por soqueira do algodão são restos de plantas de algodão que permanecem no campo após a colheita, especialmente se rebrota ocorrer. É importante remover estas plantas da lavoura após a colheita de algodão, visto que podem servir de alimento e abrigo para pragas. Uma das formas automatizadas para fazer isso é usar sistemas de pulverização seletiva, baseados em visão computacional, que surge como uma alternativa para reduzir custos e impactos ambientais.

A Embrapa Arroz e Feijão desenvolveu um protótipo de um sistema que permite trafegar pela lavoura e acionar jatos de herbicida em tiguera e soqueira somente, evitando assim desperdício e contaminação do solo por herbicida. Este sistema é composto por uma motocicleta, um sistema eletrônico para detectar tiguera e soqueira e ejetar herbicida, um reservatório de herbicida, e sistema para controle do jato de herbicida para que este atinja a planta daninha, soqueira e tiguera. A Figura 1 ilustra o sistema descrito.

Figura 1 – Veículo para ejetar herbicida em tiguera e soqueira.



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

A detecção automática de ervas daninhas tem sido alvo de pesquisas na agricultura de precisão. Abordagens baseadas em aprendizado de máquina e visão computacional têm mostrado avanços significativos. Sistemas heurísticos, como a segmentação por cor, são amplamente utilizados, apresentando alta eficácia por sua simplicidade e aplicabilidade universal. No entanto, tais métodos não consideram as particularidades de cada plantação. Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal desenvolver e avaliar um software capaz de identificar especificamente as tigueras e soqueiras do algodão.

Este trabalho compara três abordagens, uma heurística genérica, o classificador Haar Cascade e a rede convolucional YOLOv5, estas últimas treinadas exclusivamente para a cultura do algodão, em ambiente computacional, que tem limitações de memória RAM, CPU e memória em disco, e assim possibilitar a pulverização de tigueras e soqueira do algodão no campo.

2 METODOLOGIA

Para detectar tigueras e soqueira no campo existe uma diversidade de algoritmos possíveis. Porém, para que o algoritmo possa ser executado em uma placa, que está no circuito eletrônico do sistema, que detecta a planta daninha, é necessário que o algoritmo possibilite a detecção com as restrições de tempo, cpu e memória. Para isto, foram utilizados algoritmos que atendiam estas restrições, os quais estão descritos a seguir.

2.1 MÉTODO HEURÍSTICO

Baseado na identificação da cor verde, aplicável a qualquer cultura. Ao detectar uma região com tons de verde, o sistema pulveriza a planta. Esse método garantiu uma detecção de 100% das áreas contendo vegetação, tornando-se a solução mais abrangente para diferentes tipos de cultivo. Os tons de verde podem ser selecionados diretamente das plantas daninhas do local. Basta apontar a câmera do sistema para as plantas alvo, antes de fazer a pulverização na lavoura, e assim fazer tomadas de tons de verde para posterior uso do sistema durante pulverização de herbicida na lavoura.

Esta heurística depende das bibliotecas OpenCV, para captura e processamento de imagens, linguagem de programação python, biblioteca NumPy para manipulação de matrizes de cores e um sistema de log para registrar os eventos. Esta heurística pode ser descrita da seguinte forma:

Algoritmo

1. Configuração Inicial:

- Definir os tons de cor verde no espaço HSV (Hue, Saturation, Value).
- Criar o diretório /home/pi/imagens_algodao se não existir.

- Iniciar a captura de vídeo com a câmera.
- 2. Processamento de Detecção:
 - Capturar quadros da câmera continuamente.
 - Converter a imagem para o espaço de cores HSV.
 - Aplicar um filtro para detectar áreas na faixa de cor verde.
 - Se forem identificadas áreas significativas de verde:
 - Acionar a válvula para pulverização.
 - Salvar a imagem no diretório.
 - Registrar a detecção no arquivo ou espaço de log ou histórico de eventos.
- 3. Exibição e Controle:
 - Exibir a imagem processada na tela.
 - Aguardar um pequeno intervalo para evitar sobrecarga do sistema.
- 4. Condição de Parada:
 - O programa roda continuamente até que a tecla ESC seja pressionada. Enquanto essa tecla não for pressionada, voltar ao passo 2.

2.2 HAAR CASCADE

O enfoque Haar Cascade (ou Haar Cascade approach) é uma técnica de detecção de objetos em imagens, muito utilizada principalmente para detecção de rostos. Foi proposta por Paul Viola e Michael Jones (2001), no famoso artigo "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features". Em termos simples: Haar Cascade é um classificador treinado que consegue identificar certos objetos em uma imagem, comparando padrões de contraste entre áreas claras e escuras. Para este trabalho, foi feito um treinamento para o algoritmo reconhecer tiguerras e soqueiras na cultura do algodão. A detecção bem-sucedida aciona a válvula para pulverização.

Pseudocódigo para Detecção de Tiguera e Soqueira com Haar Cascade

Dependências

- OpenCV: Para captura e processamento das imagens;
- Python: Para automação da detecção;
- Logging: Para registrar eventos.

Descrição do Processo:

1. Configuração Inicial:

- Carregar o arquivo contendo o classificador Haar treinado para detecção de tiguera e soqueira (por exemplo, cascade_algodao.xml).

- Criar o diretório /home/pi/imagens_algodao se não existir.

- Iniciar a captura de vídeo com a câmera.

2. Processamento de Detecção:

- Capturar quadros da câmera continuamente.
- Converter o quadro para escala de cinza.
- Aplicar o classificador Haar para detectar ervas daninhas.
- Se tiguerá ou soqueira forem detectadas:

Acionar a válvula para pulverização.

Salvar a imagem no diretório.

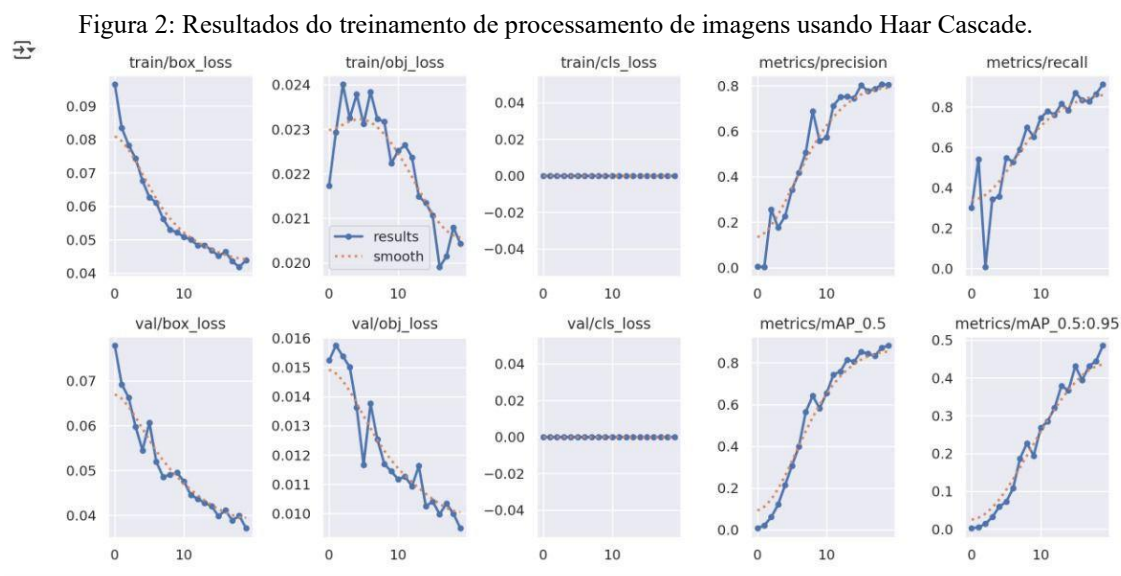
Registrar a detecção no log.

3. Exibição e Controle:

- Exibir a imagem processada na tela.
- Aguardar um pequeno intervalo para evitar sobrecarga do sistema.

4. Condição de Parada:

- O programa roda continuamente até que a tecla ESC seja pressionada.



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

2.3 YOLOV5

Trata-se de uma rede neural convolucional treinada para detectar as ervas daninhas específicas da cultura do algodão, com acionamento da válvula de pulverização.

Pseudocódigo para Detecção de Tiguerá e Soqueira com o enfoque do YOLOv5

Dependências:

- OpenCV: Para captura e processamento das imagens.
- Python: Para automação da detecção.
- YOLOv5: Para detecção de objetos na imagem.
- Logging: Para registrar eventos.

Descrição do Processo/pseudocódigo:

1. Configuração Inicial:

- Carregar o modelo YOLOv5 treinado (yolo_algodao.pt).
- Criar o diretório /home/pi/imagens_algodao se não existir.
- Iniciar a captura de vídeo com a câmera.

2. Processamento de Detecção:

- Capturar quadros da câmera continuamente.
- Aplicar o modelo YOLOv5 para detectar tiguera e soqueira.
- Se alguma erva daninha for detectada:

Acionar a válvula para pulverização.

Salvar a imagem no diretório.

Registrar a detecção no log.

3. Exibição e Controle:

- Exibir a imagem processada na tela.
- Aguardar um pequeno intervalo para evitar sobrecarga do sistema.

4. Condição de Parada:

- O programa roda continuamente até que a tecla ESC seja pressionada.

Os experimentos foram conduzidos em uma área de cultivo de algodão na Fazenda Capivara, município de Santo Antônio de Goiás, local onde fica a Embrapa Arroz e Feijão, no período de safra 2023-2024. Foram utilizadas 3.451 imagens capturadas por celular diretamente da plantação para o treinamento dos modelos de reconhecimento de imagem.

As imagens foram processadas e utilizadas para treinar os modelos Haar Cascade e YOLOv5. A precisão de cada método foi avaliada com base na taxa de acerto e na incidência de falsos positivos e falsos negativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O algoritmo Haar Cascade obteve uma taxa de acerto de 89%, demonstrando alta precisão na identificação das ervas daninhas do algodão. O enfoque YOLOv5 alcançou um índice de acerto de 85%, mas apresentou falsos positivos, comprometendo a eficácia do sistema. O método heurístico

apresentou uma detecção de 100%, porém, por se tratar de uma abordagem genérica, sua resposta é voltada à identificação de qualquer vegetação em qualquer cultura, sem especificidade para o algodão.

A principal vantagem do Haar Cascade está na especificidade do treinamento do classificador, o que resultou em menor quantidade de falsos positivos em comparação ao YOLOv5. Além disso, a proposta do Haar Cascade tem como vantagem a necessidade de um hardware mais simples, como placas raspberry pi 2 ou 3, sem perda de desempenho.

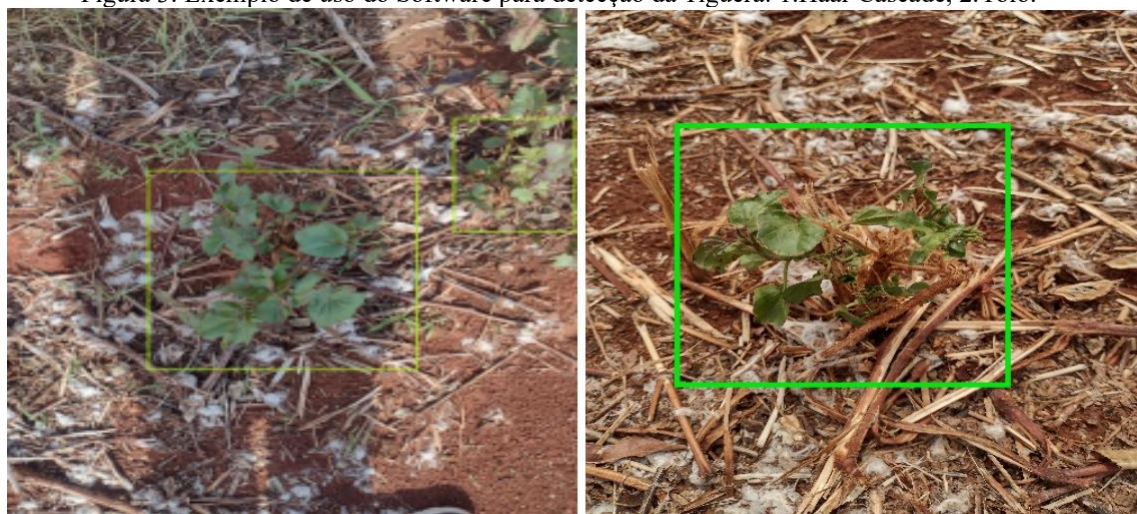
O enfoque YOLOv5, apesar de sua capacidade de reconhecimento em tempo real, necessitaria de um refinamento maior no conjunto de dados de treinamento para reduzir erros de classificação. Além disso, para atingir uma boa precisão em tempo real, é necessário o uso de placas gráficas robustas (GPU), o que eleva o custo de implementação. O método heurístico, por sua vez, mostrou-se uma solução eficiente e genérica para a detecção de vegetação, mas sua limitação está justamente em não diferenciar a tigueria e soqueira do algodão de outras plantas, o que restringe sua aplicabilidade quando se busca um software específico para essa cultura. Se usado este algoritmo no sistema de ejeção de herbicida, ilustrado na Figura 1, além de considerar tigueria e soqueira, o sistema consideraria também qualquer planta que tivesse cor verde e não fosse tigueria e soqueira, o que seria desperdiçar herbicida em planta que o bicudo não iria se hospedar. Então, a heurística de tom de verde não poderia ser usada em ambiente que tem outras plantas além de soqueira, pois caso contrário, gastaria mais herbicida.

Tabela 1: Comparativo de Desempenho.

Método	Precisão Média (%)	Tempo Médio (ms)	Complexidade
Haar Cascade	89%	120	Média
YOLOv5	85%	200	Alta (exige GPU)
Heurística	100%	80	Baixa

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Figura 3: Exemplo de uso do Software para detecção da Tiguera: 1.Haar Cascade, 2.Yolo.



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Para o caso do sistema de detecção e ejeção de herbicidas em plantas daninhas, existem os requisitos de software para detecção de tiguer e soqueira rodar em uma placa raspberry pi 4 ou 5, ou placa Orange pi 5, com 4 GB de RAM e 2.4 GHz de clock. Estas placas esquentam facilmente, e assim, o sistema de hardware contém cooler ativo para refrigerar a cpu. Desta forma, o software em que ter um esforço computacional compatível com o hardware disponível para detectar e ejetar herbicida em tiguer e soqueira somente. Além do processamento da imagem, o sistema tem que acionar vários bicos ejetores e controle de ejeção para não errar o alvo. Para cada 2 bicos ejetores e respectivas válvulas, uma placa raspberry pi ou Orange pi controlam todo o processo de captura de imagens, processamento da imagem e posterior ejeção de herbicida. O sistema, portanto, deve ter o software compatível com o hardware que ele possui.

Considerando o hardware, a heurística descrita neste trabalho é a que menos consome recursos de cpu e RAM, enquanto que o enfoque do Yolo 5 é o que mais consome recursos. Quando muito recurso é consumido, a placa Raspberry pi ou Orange podem desligar e assim o sistema não funciona mais.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar métodos de visão computacional para a detecção específica de tiguers e soqueiras do algodão, comparando abordagens heurísticas, o classificador Haar Cascade e a rede convolucional YOLOv5.

Os resultados mostraram que tanto o Haar Cascade quanto o YOLOv5 apresentaram taxas de acerto semelhantes (89% e 85%, respectivamente), demonstrando o potencial dessas técnicas quando treinadas especificamente para a cultura do algodão. A diferença fundamental está no requisito de

hardware: enquanto o YOLOv5 oferece robustez e possibilidade de escalabilidade, sua implementação exige GPUs de alto desempenho, elevando o custo de aplicação em campo. Quanto ao classificador Haar Cascade, esse se destacou pela boa precisão associada a baixo custo computacional, podendo ser executado em hardware acessível, como Raspberry Pi, o que o torna mais atrativo para pequenos e médios produtores.

O método heurístico, embora eficiente na detecção de qualquer vegetação e com baixo consumo computacional, não apresenta a especificidade necessária para diferenciar tigueras e soqueiras de outras plantas, limitando seu uso quando o objetivo é direcionar aplicações seletivas de herbicida no algodão. Entretanto, se o desejado for eliminar todas as plantas tigueras e soqueira do algodão, mesmo com alguma perda, o método heurístico poderia ser considerado.

Dessa forma, conclui-se que o Haar Cascade é a abordagem mais promissora para aplicação prática em campo, para o caso de tigueras e soqueira do algodão, unindo especificidade, precisão e viabilidade de custo. O enfoque YOLOv5, por sua vez, permanece como uma alternativa relevante em cenários com disponibilidade de infraestrutura tecnológica mais robusta, podendo alcançar maior escalabilidade com conjuntos de dados mais refinados. Já o método heurístico continua sendo uma solução genérica para lavouras diversas, mas não atende plenamente ao propósito deste estudo, que é a detecção seletiva de tigueras e soqueiras do algodão.

REFERÊNCIAS

BRUNNER, P. et al. A review on computer vision and artificial intelligence techniques for weed detection in agriculture. *Smart Agriculture*, v. 8, n. 4, p. 235-256, 2021.

KAPLAN, R.; SANTOS, J. H. Deep Learning aplicado à agricultura de precisão: detecção de ervas daninhas. *Revista Brasileira de Tecnologia Agrícola*, v. 12, n. 2, p. 54-67, 2022

REDMON, J.; FARHADI, A. YOLOv5: You Only Look Once. 2020. Disponível em: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. Acessado em: mar, 2025.

SINGH, K.; LILLESAND, T. Machine learning approaches for weed detection. *Precision Agriculture*, v. 10, n. 3, p. 193-204, 2019.

VIOLA, P.; JONES, M. Robust real-time object detection. *International Journal of Computer Vision*, v. 57, n. 2, p. 137–154, 2004.