

MONITORAMENTO DE PRAGAS NA CULTURA DO FEIJOEIRO COM SUPORTE DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: ARMADILHAS INTELIGENTES E MANEJO INTEGRADO

Leiliane Cristina dos Santos ¹

João Angelo Silva Nunes ²

RESUMO – Na cultura do feijoeiro, o ataque de pragas representa um dos principais fatores na redução da qualidade e produção de grãos, com desafios significativos relacionados aos diferentes tipos de pragas, tornando-se necessário o uso de tecnologias para monitoramento e prevenção. O monitoramento manual tradicional apresenta limitações que dificultam a detecção precoce de infestações, resultando, muitas vezes, em uso excessivo de defensivos agrícolas, sendo necessário avaliar como as tecnologias de monitoramento podem reduzir o uso de defensivos e garantir produtividade. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica para avaliar o uso de tecnologias digitais no monitoramento e prevenção de pragas na cultura do feijão, identificando as principais pragas, analisando tecnologias aplicadas e comparando métodos tradicionais e modernos. A metodologia foi baseada em pesquisa bibliográfica, com coleta de dados em indexadores como o SciELO, Google Scholar, entre outros. Os resultados demonstraram as armadilhas inteligentes com imagens visuais e inteligência artificial mostram potencial para monitoramento automatizado; e tecnologias como IoT, sensores embarcados, aplicativos de monitoramento podem aumentar a eficiência no controle de pragas. A implementação de tecnologias digitais tem potencial de proporcionar maior eficiência na detecção precoce de infestações, tomada de decisão fundamentada em dados em tempo real, e aumento da produtividade e qualidade dos grãos de feijão, mantendo o MIP como base conceitual, mas com potencialização tecnológica que permite maior sustentabilidade, eficiência e produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão, Manejo de Pragas, *Phaseolus vulgaris*, Tecnologias Agrícolas.

MONITORING OF PESTS IN BEAN CULTURE SUPPORTED BY DIGITAL TECHNOLOGIES: SMART TRAPS AND INTEGRATED MANAGEMENT

ABSTRACT - In bean culture, pest attack represents one of the main factors in reducing grain quality and production, with significant challenges related to different types of pests, making it necessary to use technologies for monitoring and prevention. Traditional manual monitoring presents limitations that hinder early detection of infestations, resulting, often, in excessive use of agricultural pesticides, being necessary to evaluate how monitoring technologies can reduce pesticide use and guarantee productivity. This study aims to conduct a bibliographic review to evaluate the use of digital technologies in monitoring and prevention of pests in bean culture, identifying the main pests, analyzing applied technologies and comparing traditional and modern methods. The methodology was based on bibliographic research, with data collection in indexers such as SciELO, Google Scholar, among others. The results demonstrated that smart traps with visual images and artificial intelligence show potential for automated monitoring; and technologies such as IoT, embedded sensors, monitoring applications can increase efficiency in pest control. The implementation of digital technologies has the potential to provide greater efficiency in early detection of infestations, decision-making based on real-time data, and increased productivity and quality of bean grains, maintaining IPM as the conceptual basis, but with technological enhancement that allows greater sustainability, efficiency and productivity.

KEYWORDS: Precision Agriculture, Pest Management, *Phaseolus vulgaris*, Agricultural Technologies.

¹ Graduanda em Tecnologia em Agrocomputação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus São Miguel do Guaporé (leilianecristina41@gmail.com).

² Doutor em Agronomia, Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus São Miguel do Guaporé (joaoangelo_jaciara@hotmail.com).

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa uma das principais produções agrícolas do mundo, desempenhando atuação econômica e social significativa. O feijão constitui alimento básico para milhões de pessoas, sendo uma das fontes mais importantes de proteína vegetal, ferro, fibras, prebióticos, cálcio, vitamina B e diversos micronutrientes, classificado por estudos científicos como alimento funcional devido à sua composição nutricional rica (Carbonell et al., 2021).

No entanto, a produção de feijão enfrenta desafios expressivos que comprometem sua produtividade e qualidade. O ataque de pragas é um dos principais fatores de redução da qualidade e produtividade de grãos, sendo um obstáculo frequente para os produtores. Os agricultores enfrentam constantemente a manifestação de pragas como Mosca-branca (*Bemisia tabaci*), Percevejo (*Leptoglossus stigma*) e Lagarta-das-vagens (*Spodoptera eridania*), que prejudicam o desenvolvimento da planta e causam perdas significativas à produtividade.

Os métodos de monitoramento tradicionais, baseados predominantemente em observação manual, apresentam limitações importantes. Essa abordagem dificulta a detecção precoce de infestações, resultando em atrasos na adoção de medidas reparadoras. Tal situação favorece a proliferação de pragas, aumentando as perdas econômicas e provocando o uso excessivo de defensivos agrícolas, o que gera efeitos prejudiciais tanto financeiros quanto ambientais, incluindo aumento dos custos de produção, riscos ambientais e desenvolvimento de resistência das pragas.

Neste contexto, o monitoramento adequado torna-se necessário para conter o desenvolvimento das pragas nas lavouras e realizar o manejo integrado, permitindo identificar os focos de infestação e acompanhar o aumento populacional de pragas. A aplicação de sistemas automatizados que auxiliem no monitoramento de possíveis infestações representa prática interessante e necessária. O aumento do número de produtores utilizando ferramentas tecnológicas é de suma importância e relevância para a área de estudo, pois a aquisição e monitoramento mais precisos tendem a aumentar a eficiência no controle de pragas, promovendo uma produção mais sustentável.

Diante desse cenário, esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão de literatura que tem como objetivo geral avaliar o uso de tecnologias digitais no monitoramento e prevenção de pragas na cultura do feijão. Para atingir esse objetivo, a revisão de literatura também visa identificar as principais pragas que ocorrem na cultura do feijão, analisar tecnologias de monitoramento aplicadas à cultura, comparar métodos tradicionais e modernos de monitoramento, e propor estratégias de manejo integrado de pragas com apoio de ferramentas digitais.

A realização desta revisão de literatura é fundamental para ampliar o conhecimento sobre monitoramento na cultura do feijão, com a finalidade de apresentar possíveis melhorias no manejo da cultura, bem como o uso de técnicas mais eficientes e de tecnologias mais avançadas, contribuindo para uma produção de feijão mais sustentável.

METODOLOGIA

Este trabalho é uma revisão de literatura que se caracteriza como um estudo de pesquisa bibliográfica teórica e descritiva de natureza básica, com uma abordagem qualitativa e quantitativa, utilizando como metodologia a pesquisa bibliográfica sistemática.

O estudo foi desenvolvido mediante revisão bibliográfica sistemática de fontes científicas nacionais e internacionais, incluindo artigos, teses, dissertações e outros tipos de publicações de instituições de pesquisa agrícola que sejam relevantes para o tema proposto.

A coleta de dados foi realizada através de busca em bases de dados científicas como biblioteca eletrônica SciELO, Google Scholar, portal de periódicos da CAPES, utilizando as seguintes palavras-chave específicas nas plataformas de pesquisa: "manejo integrado de pragas", "MIP feijoeiro", "monitoramento de pragas", "armadilhas inteligentes", "agricultura 4.0", "IoT agricultura", "inteligência artificial monitoramento", "sensoriamento remoto pragas", "tecnologias digitais agricultura", "*Phaseolus vulgaris* pragas", "mosca-branca feijão", "*Bemisia tabaci*", "agricultura de precisão". As plataformas de busca foram escolhidas por possuírem um amplo acervo de teses, dissertações e artigos científicos revisados por pares.

Os materiais foram selecionados considerando, prioritariamente, publicações entre 2017 e 2026, com algumas exceções. O levantamento do material bibliográfico foi realizado com foco na cultura do feijoeiro, abordagem sobre manejo integrado de pragas (MIP) e tecnologias de monitoramento, relevância para o contexto agrícola brasileiro e fontes científicas reconhecidas.

Os dados foram analisados mediante as informações coletadas, com organização temática por categorias como pragas, métodos e tecnologias, comparação de eficiência entre abordagens tradicionais e digitais.

Portanto, para realizar o presente trabalho, foram determinados critérios visando garantir o levantamento bibliográfico descritivo referente a temática, sendo esse método necessário para agrupar os materiais encontrados por relevância e época de publicação.

RESULTADOS DA REVISÃO

Importância da cultura do feijão e desafios fitossanitários

Dentre as mais de 55 espécies do gênero *Phaseolus*, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) junto a outras quatro espécies, feijão de lima (*P. Lunatus*), feijão Ayocote (*P. coccineus*), feijão tepari (*P. acutifolius*) e *P. dumosus*, são consideradas espécies domesticadas (Rendón-anaya et al., 2017).

O feijoeiro teve origem na América Latina e os centros de domesticação são dois principais (mesoamericano e andino), havendo um terceiro centro de menor expressão na Colômbia, com tipos intermediários de feijão. A constatação é baseada nos tipos de proteínas de reserva da semente do feijão (faseolina). Do centro mesoamericano (faseolina S), localizado principalmente no México, deu-se origem à maioria das cultivares de grãos pequenos cultivados atualmente no Brasil. Do centro andino (faseolina T), localizado na região dos Andes em países como Peru e Chile, tiveram origem as cultivares de grãos graúdos. O terceiro centro de origem intermediário, localizado na Colômbia (faseolinas S e T) (Carbonell et al., 2021).

A produção mundial de feijão, historicamente, é pautada nos objetivos de segurança alimentar e qualidade nutricional (Carbonell et al., 2021), pois o feijão comum assume um papel de destaque no cenário da segurança alimentar global, sendo uma das leguminosas mais cultivadas e consumidas em diversas regiões do mundo. No Brasil, sua importância é ainda mais evidente, compondo, juntamente com o arroz, a base da dieta da população e representando uma fonte acessível e fundamental de proteína vegetal (Castro et al., 2025).

De acordo com Santos (2026), o manejo adequado da cultura do feijoeiro contribui para ampliar o entendimento sobre a importância do acompanhamento constante das lavouras como ferramenta essencial no manejo integrado de doenças e de pragas. A identificação precoce de sintomas e da intensidade das ocorrências possibilitam que decisões de manejo sejam tomadas

de forma mais eficiente, reduzindo perdas produtivas, com avanços tecnológicos para o agronegócio.

De acordo com Silva (2026), o cultivo do feijão é uma atividade agrícola de grande relevância econômica e geradora de empregos no Brasil. Considerado uma das principais fontes de proteína vegetal na alimentação humana, o grão é base da dieta nacional e desempenha papel estratégico no combate à desnutrição, historicamente marcada pelo alto consumo de alimentos industrializados de baixo valor nutricional. Por apresentar alto teor proteico, baixo custo e menor índice de gordura em comparação à carne, o feijão consolidou-se como um alimento indispensável para a população mundial, sobretudo em cenários de vulnerabilidade econômica, restrições religiosas ou costumes locais (Goldmeier, 2019).

O feijoeiro é uma planta que está sujeita ao ataque de pragas durante todo o seu ciclo, da semeadura ao armazenamento, podendo ser atacada em todas as estruturas de desenvolvimento. Dessa forma, o monitoramento de pragas é uma técnica imprescindível para a tomada de decisão do momento ideal de erradicação destes insetos na lavoura (Goldmeier, 2019).

Além do ataque de pragas a cultura do feijão também está suscetível a incidência de doenças, provenientes de fungos, bactérias, nematóides e vírus, podendo variar conforme a época de cultivo, local, ano e cultivar utilizada. Segundo Oliveira et al. (2018), aproximadamente de 20% de todas as doenças que ocorrem no feijoeiro têm elevada importância para a cultura, devido a grande capacidade em redução da produtividade, devido a ocorrência de danos fisiológicos, nutricionais e comerciais do produto (Goldmeier, 2019).

O feijoeiro comum possui diversas espécies de artrópodes e moluscos que podem ocasionar na redução significativa da produtividade, dependendo da espécie da praga, da cultivar e época de plantio. As pragas da cultura do feijoeiro podem ser separadas em seis categorias: pragas da semente, plântula e raízes (*Agrotis ipsilon*, *Elasmopalpus lignosellus*); pragas desfolhadoras (*Diabrotica speciosa*, *Liriomyza* sp.); pragas raspadoras e sugadoras (*Empoasca kraemer*i, *Bemisia tabaci*, *Caliothrips* sp.); pragas das hastes e axilas (*Epinotia aporema*); pragas das vagens (*Helicoverpa armigera*, *Neomegalotomus simplex*); e pragas de grãos armazenados (*Zabrotes subfasciatus*, *Acanthoscelides obtectus*) (Silveira et al. 2025).

Devido a cada região do Brasil possuir condições climáticas distintas, há variações da importância dos problemas fitossanitários, podendo haver maiores incidências de determinadas pragas e doenças, apresentando maior ou menor importância. Sendo assim, é extremamente importante o monitoramento das pragas nas lavouras e que essa prática faça parte da rotina do manejo de pragas.

Métodos tradicionais de monitoramento de pragas

A simples presença de população do inseto no campo não implica em necessidade de controle, pois com a densidade insuficiente para causar perdas econômicas, a aparição ou danos poderão ser tolerados. Com o objetivo de proteger a biodiversidade, na década de 1970, surgiu uma nova filosofia de controle de pragas no Brasil, o MIP, um sistema de manejo de pragas que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie a ser controlada por técnicas e métodos apropriados, mantendo a população das pragas em níveis abaixo dos capazes de causar dano econômico (Barbosa et al., 2021).

Para se realizar um controle assertivo, sustentável e economicamente viável, o monitoramento de pragas e seus ataques em determinada cultura baseia-se em níveis de controle, os quais englobam benefícios como a redução da utilização de agentes químicos em plantações, considerando a densidade populacional de pragas alvo visando quantificar e estabelecer o grau de danos causados. Os níveis de controle abrangem diferentes campos de

análise que vão desde a identificação da praga, a sua época de maior ocorrência e suas preferências de ataque e o seu tamanho populacional (Macedo et al., 2023).

No MIP o uso eficiente bem como a adoção destas ferramentas é dependente de uma correta amostragem ou monitoramento das populações de pragas, e também da apropriada integração das informações (Kochhan, 2017). Relacionado com o melhor aproveitamento dos recursos, o MIP trata da utilização de diferentes formas de controle de pragas, buscando a diminuição da população dos indivíduos até abaixo do nível de dano econômico (Goldmeier, 2019).

O primeiro passo no manejo integrado é a correta identificação das espécies de pragas que ocorrem na lavoura, pois as táticas de manejo adotadas para controle de uma espécie podem não ser eficazes para outra. Sendo assim, é imprescindível a identificação e o monitoramento das pragas do feijoeiro, dos danos, bem como dos inimigos naturais, dada a importância para o controle biológico natural. Com a utilização do MIP Feijão é possível reduzir, em média, 60% da aplicação de inseticidas, economizando 78% no custo de controle (Barbosa et al., 2021).

Para cada praga alvo é recomendado analisar a partir de sua presença qual porcentagem populacional e de ataque se torna um risco a cultura, essa porcentagem se liga de forma direta a qual nível de controle que a praga se encontra (equilíbrio, controle ou dano econômico) e ajuda diretamente na realização de seu manejo (Macedo et al., 2023).

Segundo Barbosa et al. (2021) para avaliar a presença de pragas e inimigos naturais devem ser realizadas amostragens, cujo número dependerá do tamanho da lavoura. As amostragens devem ser realizadas semanalmente em diversos pontos, seguindo um caminho pré-determinado. De acordo com o nível populacional de cada praga, é tomada a decisão para o controle ou não. A Tabela 1 demonstra o período de maior probabilidade de ocorrência e nível de ação para as pragas do feijoeiro.

TABELA 1 - Período de maior probabilidade de ocorrência e nível de ação para as pragas do feijoeiro.

Praga ou dano	Período de maior probabilidade de danos a planta*	Nível de ação
Pragas das sementes, plântulas e raízes (reduzoras de estande de plantas)	Germinação e emergência (V0 a V3)	Duas plantas cortadas ou com sintomas de murcha em 2 m de linha
Lesmas e caracóis	Germinação, podendo ocorrer em todos os estágios (V0 a R8)	Uma lesma ou caracol por m ²
Pragas das folhas		
Larva-minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	Fase vegetativa (V2 a V4)	Uma a duas larvas vivas por folha trifoliolada, desconsiderando as primárias na amostragem
Vaquinhas (<i>Diabrotica speciosa</i> ; <i>Cerotoma arcuata</i>)	Fase vegetativa (danos maiores) à formação das vagens (V2 a R8)	Vinte insetos por pano (2 m de linha) ou desfolha de: 50% de primários; 30% antes da floração; e 15% após a floração
<i>Helicoverpa</i> spp.	Fase reprodutiva (maiores danos) (V2 a R9)	Quatro lagartas por pano ou 30% de desfolha antes da floração Duas lagartas por ou 15% de desfolha ou 10% das vagens afetadas após a floração

Lagarta-falsa-medideira (<i>Chrysodeixis includens</i>)	Fase vegetativa (V2 a V4) e fase reprodutiva (R5 a R8)	Dez lagartas por pano ou 30% de desfolha antes da floração Dez lagartas por pano ou 15% de desfolha ou 10% de vagens danificadas após a floração
Lagarta-enroladeira-das-folhas (<i>Omiodes indicata</i>)	Todos os estágios	30% de plantas com ponteiros atacados ou as folhas enroladas (30% antes da floração ou 15% depois)
Broca-das-axilas (<i>Epinotia aporema</i>)	Todos os estágios	30% de plantas com ponteiro atacados
Cigarrinha-verde (<i>Empoasca kraemer</i>)	Até a floração (V2 a R6)	Quarenta ninfas por pano ou em 2 m de linha
Tripes (várias espécies)	Fase vegetativa (V2 a R6) e reprodutiva (R6 a R8)	Cinquenta tripes em 1 m, antes da floração ou três tripes por flor, após a floração
Ácaro-branco e ácaro-rajado	Até a formação das vagens (V2 a R7)	Quatro plantas com sistemas e/ou presença dos ácaros em 2 m de linha
Percevejos (várias espécies)	Formação das vagens até a maturação fisiológica (R7a R9)	Dois percevejos por pano e/ou cinco em dez redadas

Fonte: Barbosa et al. (2021).

A amostragem direta visa estimar a densidade dos insetos, ela pode ser feita com a utilização ou não de aparatos, como pano de batida, bandeja, lupas e armadilhas. A amostragem indireta tem por objetivo a avaliação das injúrias causadas pelos insetos, como o número de plantas atacadas, frutos bloqueados ou percentual de desfolha das plantas (Macedo et al., 2023).

O registro manual de imagens com caminhamento em linhas paralelas na lavoura foi o primeiro teste objetivando uma perspectiva futura de alternativa de monitoramento de insetos (Freitas, 2025). A técnica do pano de batida foi desenvolvida na década de 1970 com a proposta de monitoramento de insetos na cultura da soja, baseando-se na realização de coletas manuais em pontos aleatórios da lavoura (Kogan; Pitre Jr., 1980).

Apesar de amplamente empregados, os métodos convencionais de monitoramento apresentam limitações que comprometem sua eficiência em larga escala. As armadilhas, por exemplo, restringem-se a determinados grupos de insetos e não permitem detalhar a variabilidade espacial das populações capturadas (Høye et al., 2021). Atualmente as práticas de monitoramento e liberação de agentes de controle biológico são constituídas essencialmente como um trabalho manual e laborioso, diminuindo assim, consideravelmente seu emprego e, muitas vezes, limitando a implementação do MIP adequadamente (Kochhan, 2017).

No entanto, o processo de monitoramento ainda é predominantemente realizado com armadilhas que requerem inspeção visual, exigindo que uma pessoa se desloque até as armadilhas para realizar a contagem dos indivíduos capturado o que atrasa ou retarda a tomada de decisão (Silva et al., 2024).

Diante disso, tecnologias de sensoriamento e aquisição de imagens georreferenciadas despontam como alternativas promissoras, por oferecerem uma representação espacial mais precisa e compatível com as necessidades do manejo localizado de pragas (Boschini, 2025), bem como sistemas computacionais embarcados, aliados ao emprego de técnicas de inteligência artificial, que tem permitido o desenvolvimento de tecnologias, as quais são capazes de superar tais dificuldades, tanto no monitoramento quanto na liberação de agentes de controle biológico (Kochhan, 2017).

Manejo Integrado de Pragas (MIP) com suporte tecnológico para tomadas de decisão

O MIP é fundamental na produção da cultura do feijoeiro, especialmente no controle da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), praga que se alimenta por sucção da seiva vegetal e pela transmissão do vírus do mosaico dourado (*Bean golden mosaic virus*, BGMV), causando prejuízos significativos à produtividade (Guimarães, 2023). O MIP tem sido bastante eficaz no combate a problemas fitossanitários e na maior sustentabilidade da produção agrícola, sendo definido como um conjunto de medidas que visa manter a população de pragas em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico, associando ambiente e dinâmica populacional da espécie (Fumagalli, 2021; Iost Filho et al. 2022).

Segundo o IDR-Paraná (2025), o MIP é uma estratégia agrônômica que alia controle químico, biológico e práticas culturais. Em vez de depender apenas de inseticidas, enfatiza vistorias constantes nas lavouras, o uso de cultivares resistentes, a rotação de culturas, o manejo do solo e o plantio no período ideal. O objetivo é reduzir perdas, proteger o meio ambiente e diminuir custos para o produtor.

No Brasil, as práticas de monitoramento são constituídas essencialmente por trabalho realizado de forma manual e laborioso, diminuindo assim, de forma considerável o seu emprego e, muitas vezes, limitando a implementação do MIP adequadamente. Neste contexto, os sistemas computacionais embarcados, aliados a técnicas de inteligência artificial, têm proporcionado o desenvolvimento de tecnologias, as quais são capazes de superar tais dificuldades no monitoramento (Kochhann, 2017).

Na determinação do momento correto de aplicar técnicas de controle, as armadilhas para o monitoramento de espécies-praga são fundamentais, pois indicam a densidade populacional, o que aumenta as chances de sucesso do processo de decisão (Silva et al., 2024). Com o avanço de tecnologias na agricultura diversos investimentos são realizados na área de monitoramento e de amostragem, como a criação de aplicativos e plataformas onde se consegue anotar dados coletados no campo, e até mesmo alguns que utilizam imagens por satélite para orientar a tomada de decisão do produtor (Macedo et al., 2023).

Um dos componentes mais importante do MIP é o monitoramento das populações de insetos-praga e também dos inimigos naturais, que são fundamentais para tomadas de decisão. O monitoramento deve ser realizado a partir de planos de amostragem compostos pela unidade amostral, a técnica amostral e o número determinado de amostras (Guimarães, 2023; Quintela, 2025). Armadilhas inteligentes podem ser utilizadas como ferramenta complementar de monitoramento e controle, capturando os insetos e reduzindo suas populações (Iwamoto, 2025).

Entre as múltiplas estratégias de controle do MIP no feijoeiro, incluem o controle biológico, que é um dos pilares de qualquer programa de MIP, ao lado da taxonomia, do nível de controle e da amostragem. O manejo biológico consiste no uso de inimigos naturais (predadores, parasitóides e patógenos) para regular as populações de pragas, apresentando baixo impacto ambiental e sendo específico para os organismos-alvo (Fumagalli, 2021).

Cada cultura possui características específicas, sendo assim, é possível tomar diferentes decisões em relação ao método de controle a ser utilizado. Atualmente, o método químico de controle é o método utilizado em maior escala, muitas vezes sem critério técnico, podendo ser com inseticidas poucos seletivos, gerando perdas em relação à diversidade de inimigos naturais presentes na área, ocasionando maior número de espécies de pragas atacando a cultura e casos de resistências de insetos (Lopes, 2022).

Atualmente, a tecnologia agrícola é amplamente utilizada devido a sua confiabilidade. Para o monitoramento de pragas por meio de tecnologias da agricultura digital são necessários sensores embarcados, plataformas orbitais, inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), posicionamento global, softwares de gestão e análise de dados em todas as cadeias de produção

(Ahmed et al., 2024). Entre os exemplos da aplicação de tecnologias no monitoramento de pragas, destaca-se o aplicativo IDR MIP Feijão, lançado em 2025 pelo IDR-Paraná, que torna mais ágil e seguro o processo de decisões no manejo de pragas em lavouras de feijoeiro, substituindo pranchetas e planilhas complicadas.

A tomada de decisão com base em dados tem potencial de aprimoramento da aplicação do MIP, ou seja, reduzindo erros de amostragem que influenciam diretamente nos custos de produção. Com o maior engajamento de ferramentas digitais no monitoramento de pragas dentro das propriedades rurais, torna-se possível o compartilhamento de dados em tempo real visando um acompanhamento da pressão de pragas nas regiões agrícolas, verificando a eficiência de controle nas diferentes áreas (EMBRAPA, 2020).

Segundo Iwamoto (2025), através de um modelo de treinamento de inteligência artificial, apesar do modelo ainda precisar reduzir a margem de erros, se mostrou eficaz para aprender a localizar e reconhecer os trips capturados nas armadilhas adesivas, mostrados em imagens feitas pelo microscópio digital. Porém estes autores concluíram que o método poderá ser utilizado para identificação de outros tipos de insetos-praga, como mosca branca, de grande importância no cultivo de feijoeiro, afirmando que o modelo com precisões mais altas certamente será de grande valia na tomada de decisão para aplicações em campo.

Tecnologias modernas aplicadas ao monitoramento agrícola

O agronegócio brasileiro é um dos setores mais dinâmicos da economia nacional, responsável por uma significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) e pela posição de destaque do Brasil no cenário mundial de produção e exportação de alimentos. O protagonismo brasileiro está diretamente associado ao processo de modernização do campo, que passou a incorporar tecnologias digitais capazes de otimizar os recursos disponíveis e potencializar a produtividade (Lieshout, 2025).

Com o avanço tecnológico na agricultura, diversos são os investimentos realizados na área de monitoramento e amostragem, como a criação de aplicativos e plataformas onde é realizada a anotação de dados coletados no campo, e até mesmo utilizando imagens por satélite para orientar a tomada de decisão do produtor. Essas novas plataformas e aplicativos integram informações de clima, densidade de pragas e estágio fenológico da cultura, possibilitando o monitoramento de pragas de forma mais simples e ágil de cada talhão (Mesquita, 2022).

Neste contexto, segundo Kochhann (2017), os sistemas computacionais embarcados, aliados ao emprego de técnicas de inteligência artificial, tem permitido o desenvolvimento de tecnologias, as quais são capazes de superar tais dificuldades, tanto no monitoramento quanto na liberação de agentes de controle biológico como ferramenta da Agricultura de Precisão.

A identificação de espécies também pode ocorrer por meio de inteligência artificial, que é um processo de fundamental importância para suporte à agricultura de precisão (Sun et al., 2021). Nos últimos anos, o aprendizado de máquina alcançou avanços significativos no reconhecimento de imagens digitais. Como consequência, essa tecnologia se torna cada vez mais popular e constitui um ramo importante da agricultura inteligente com aplicação na identificação de espécies de plantas de interesse econômico, social e ambiental (Xiong et al., 2021).

Segundo Freitas (2025) os sensores fotográficos podem registrar milhares de imagens em um único monitoramento de área agrícola, tornando improdutivo a análise individual de imagem por parte de um especialista em insetos-praga. Utilizar imagens para obtenção de dados e informações é um campo explorado pela visão computacional, uma área da computação que obteve considerável avanço com o desenvolvimento das técnicas de aprendizado profundo, em especial, as redes convolucionais neurais. Freitas (2025) afirma também, que faz-se necessário otimizar a detecção e identificação de insetos-praga com métodos automáticos, que imprimam maior rendimento operacional.

O uso do sensoriamento remoto também é uma ferramenta de extrema importância no monitoramento de lavouras agrícolas, segundo Silva (2016) a utilização do sensoriamento remoto com fins de analisar o desenvolvimento da cultura do feijoeiro tem sido amplamente comprovada em estudos científicos quando visa o manejo agrícola, sanidade vegetal, estimativa de área plantada, índices de vegetação, comportamento espectral através da utilização de espectrorradiômetros.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a aquisição de informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores embarcados em satélites, aeronaves ou drones, sem a necessidade de contato direto com o alvo (Nunes; Coelho, 2025). Já para Novo (2008), o sensoriamento remoto é o uso conjunto de sensores, equipamentos para processamento de dados, entre outros, objetivando compreender o ambiente terrestre por meio do registro e interpretação das influências entre a radiação eletromagnética e as distintas coberturas que constituem a superfície terrestre.

Segundo Zhang et al. (2019) o sensoriamento remoto possibilita realizar o monitoramento de uma lavoura sem o contato direto com o campo, somente com dados obtidos através de imagens aéreas ou de satélite, identificando assim áreas danificadas por pragas e sua gravidade, mapeando toda a área cultivada.

Porém, é importante observar que nem todas os artrópodes-pragas são adequados para o monitoramento por meio de sensoriamento remoto, pois é necessário o inseto realizar alguma injúria identificável na planta. A avaliação se dá a partir de quatro danos ocasionados nas plantas são eles: redução de biomassa e diminuição do índice de área foliar, lesões, destruição dos pigmentos (clorofila, carotenóide, antocianina) e murcha (Macedo et al., 2023).

No campo entomológico, as armadilhas são exemplos que utilizam imagens para identificar e quantificar pragas atraídas por iscas e apreendidas em mecanismos, ou ainda, as câmeras fixas que funcionam por sensores de presença ou em time-lapse para registro temporal de insetos (Høye et al., 2021). Estes métodos fornecem vantagens para a amostragem de insetos, tais como a identificação taxonômica, contagem aprimorada de indivíduos, conhecimento sobre a dinâmica temporal populacional; entretanto, não disponibilizam a informação da distribuição espacial populacional e são específicas para determinados tipos de insetos atraídos pelos mecanismos utilizados (Freitas, 2025).

Diversos são os modelos de armadilhas desenvolvidos para o monitoramento de pragas na agricultura, havendo sistemas baseados em MATLAB (Chen et al., 2023), com a utilização de dispositivos como Raspberry Pi (López et al., 2023), utilização de redes neurais convolucionais (CNNs) para classificação do inseto, entre outros (Zhang et al., 2022).

Segundo Atalla et al. (2023), as armadilhas inteligentes que utilizam imagens estão se tornando cada vez mais populares, com crescente demanda por essas tecnologias. Essas armadilhas já estão disponíveis comercialmente, e diversas empresas do setor agrícola estão produzindo dispositivos com eficiência cada vez maior. Além disso, abordam a questão da eficácia comparativa entre armadilhas móveis e fixas para captura de insetos. Contudo, não foi possível estabelecer uma conclusão definitiva sobre qual tipo é mais eficaz, devido às restrições de custo associadas à mobilidade das armadilhas no campo.

Já segundo Lieshout (2025) a Agricultura 4.0, caracterizada pela utilização de ferramentas como sensores, sistemas de informação geográfica, drones, inteligência artificial e, sobretudo, a telemetria, que possibilita ao produtor o acompanhamento de variáveis fundamentais, como consumo de combustível, tempo de operação, velocidade, localização geográfica, falhas mecânicas e períodos de ociosidade das máquinas. Essas informações são transmitidas automaticamente para plataformas digitais, oferecendo uma visão precisa do desempenho operacional da propriedade e permitindo que decisões sejam tomadas de forma mais ágil e fundamentada.

DISCUSSÃO

De acordo com o conteúdo apresentado na revisão de literatura realizada, pode-se afirmar que a cultura do feijão constitui um dos pilares fundamentais da segurança alimentar global, desempenhando papel estratégico na alimentação de milhões de pessoas, sendo classificada como alimento funcional devido à sua composição nutricional rica. No entanto, a produção de feijão enfrenta desafios expressivos relacionados ao ataque de pragas durante todo o seu ciclo, configurando-se como um dos principais fatores de redução da qualidade e produção de grãos, impactando diretamente na produtividade e qualidade dos grãos.

Os problemas fitossanitários na cultura do feijoeiro representam obstáculos significativos para os produtores, configurando-se como um dos principais fatores de redução da qualidade e produção de grãos. A planta está sujeita ao ataque de pragas durante todo o seu ciclo, desde a semeadura até o armazenamento, podendo ser atacada em todas as estruturas de desenvolvimento.

As pragas são classificadas em seis categorias distintas: pragas da semente, plântula e raízes; pragas desfolhadoras; pragas raspadoras e sugadoras; pragas das hastes e axilas; pragas das vagens; e pragas de grãos armazenados. Além das pragas, a cultura também está suscetível à incidência de doenças provenientes de fungos, bactérias, nematóides e vírus, sendo que aproximadamente 20% de todas as doenças que ocorrem no feijoeiro têm elevada importância devido à grande capacidade de redução da produtividade (Goldmeier, 2019; Silveira et al., 2025).

A necessidade de monitoramento adequado é uma técnica imprescindível para a tomada de decisão no momento ideal de controle de insetos na lavoura. Os métodos tradicionais de monitoramento, centrados no MIP, desenvolvido na década de 1970, representam a base conceitual para o controle sustentável de pragas. O MIP associa ambiente e dinâmica populacional da espécie a ser controlada por técnicas e métodos apropriados, mantendo a população das pragas em níveis abaixo dos capazes de causar dano econômico. As práticas convencionais incluem amostragem manual com caminhamento semanal em pontos pré-determinados, uso de pano de batida e armadilhas que requerem inspeção visual para contagem dos indivíduos capturados (Kogan; Pitre Jr., 1980; Barbosa et al., 2021).

Apesar de amplamente empregados, os métodos convencionais de monitoramento apresentam limitações que comprometem sua eficiência se comparados a tecnologias modernas. O trabalho manual e laborioso diminui consideravelmente o emprego do MIP e, muitas vezes, limita sua implementação adequadamente. As armadilhas, por exemplo, restringem-se a determinados grupos de insetos e não permitem detalhar a variabilidade espacial das populações capturadas. Além disso, o processo de monitoramento ainda é predominantemente realizado com armadilhas que exigem que uma pessoa se desloque até o local para realizar a contagem, atrasando ou retardando a tomada de decisão. Mesmo com limitações citadas, a utilização do MIP na cultura do feijão, reduz-se em média 60% as aplicações de inseticidas, com economia de 78% no custo de controle, demonstrando que mesmo os métodos tradicionais apresentam benefícios significativos quando bem aplicados (Barbosa et al., 2021). Sendo assim, com a utilização de tecnologias modernas há espaço para uma redução ainda maior no uso de inseticidas na cultura do feijão.

A transição entre os métodos tradicionais e as tecnologias modernas representa uma etapa fundamental na evolução do monitoramento de pragas. O MIP com suporte tecnológico para tomadas de decisão demonstra como as tecnologias digitais podem potencializar a estratégia agrônômica tradicional. Neste contexto, os sistemas computacionais embarcados, aliados ao emprego de técnicas de inteligência artificial, têm permitido o desenvolvimento de tecnologias capazes de superar as dificuldades tanto no monitoramento quanto na liberação de agentes de controle biológico. Para o monitoramento de pragas por meio de tecnologias da agricultura digital são necessários sensores embarcados, plataformas orbitais, inteligência

artificial, IoT, posicionamento global, softwares de gestão e análise de dados em todas as cadeias de produção. Porém, em muitos casos, principalmente para agricultores familiares a disponibilidade de tecnologias ainda é precária e segundo Weymar et al. (2023), a dificuldade de acesso à internet em propriedades rurais ainda é alta, pois o acesso à Internet em residências rurais é de apenas 71%.

Entre os exemplos da aplicação de tecnologias no monitoramento de pragas, destaca-se o aplicativo IDR MIP Feijão, lançado em 2025 pelo IDR-Paraná, que torna mais ágil e seguro o processo de decisões no manejo de pragas em lavouras de feijoeiro, substituindo pranchetas e planilhas complicadas. As armadilhas inteligentes que utilizam imagens estão se tornando cada vez mais populares, com crescente demanda por essas tecnologias que já estão disponíveis comercialmente (Atalla et al., 2023). Um dos componentes mais importantes do MIP é o monitoramento das populações de insetos-praga e também dos inimigos naturais, que são fundamentais para tomadas de decisão. Armadilhas inteligentes podem ser utilizadas como ferramenta complementar de monitoramento e controle, capturando os insetos e reduzindo suas populações.

A tomada de decisão com base em dados tem potencial de melhoria da aplicação do MIP, reduzindo erros de amostragem que influenciam diretamente nos custos de produção. Com o maior engajamento de ferramentas digitais no monitoramento de pragas dentro das propriedades rurais, torna-se possível o compartilhamento de dados em tempo real visando um acompanhamento da incidência de pragas na lavoura, verificando a eficiência de controle nas diferentes áreas. Neste sentido já existem estudos de treinamento de inteligência artificial que se mostram eficazes em aprender a localizar e reconhecer insetos-pragas capturados em armadilhas adesivas, que poderão ser de grande valia na tomada de decisão para aplicações em campo (Iwamoto, 2025).

As tecnologias modernas aplicadas ao monitoramento agrícola representam o estado atual da Agricultura 4.0, caracterizada pela utilização de ferramentas como sensores, sistemas de informação geográfica, drones, inteligência artificial e a telemetria. O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a aquisição de informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores embarcados em satélites, aeronaves ou drones, sem a necessidade de contato direto com o alvo. Segundo Zhang et al. (2019), o sensoriamento remoto possibilita realizar o monitoramento de uma lavoura sem o contato direto com o campo, somente com dados obtidos através de imagens aéreas ou de satélite, identificando assim áreas danificadas por pragas e sua gravidade, mapeando toda a área cultivada.

Nos últimos anos, o aprendizado de máquina tem alcançado avanços significativos no reconhecimento de imagens digitais, constituindo um ramo importante da agricultura inteligente com aplicação na identificação de espécies de plantas de interesse econômico, social e ambiental. Utilizar imagens para obtenção de dados e informações é um campo explorado pela visão computacional, área da computação que obteve considerável avanço com o desenvolvimento das técnicas de aprendizado profundo, em especial as redes convolucionais neurais.

A evolução do monitoramento de pragas na cultura do feijão revela uma progressão lógica que conecta a importância socioeconômica do feijão com os desafios fitossanitários que enfrentam, os métodos tradicionais de monitoramento centrados no MIP, o MIP com suporte tecnológico e as tecnologias modernas da Agricultura 4.0. Todas as partes convergem para o mesmo objetivo: o monitoramento de pragas como ferramenta essencial para preservação da produtividade e qualidade do feijão, alimento funcional essencial para milhões de pessoas.

A relação entre problema, solução tradicional e solução moderna demonstra claramente a evolução do monitoramento de pragas. Essa evolução é fundamental para preservar a produtividade e qualidade do feijão, garantindo que essa leguminosa essencial continue desempenhando seu papel estratégico na segurança alimentar global.

Sendo assim, o monitoramento de pragas na cultura do feijão tem evoluído de métodos manuais tradicionais para tecnologias digitais modernas, mantendo o MIP como base conceitual, mas com potencialização tecnológica que permite maior sustentabilidade, eficiência e produtividade. A integração entre sensoriamento remoto, inteligência artificial, IoT, drones e armadilhas inteligentes representa o futuro do manejo de pragas, possibilitando decisões baseadas em dados em tempo real, otimizando os recursos disponíveis e potencializando a produtividade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou que a avaliação do uso de tecnologias digitais no monitoramento e prevenção de pragas na cultura do feijão representa uma ferramenta eficaz, ágil e que pode contribuir significativamente para o manejo da cultura, mostrando que essas tecnologias contribuem de forma expressiva para aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos.

Pode-se afirmar, portanto, que essas tecnologias permitem aos produtores de feijão a utilização de informações precisas que contribuem para o manejo de pragas de forma direta e racional, possibilitando a redução do uso de inseticidas, bem como o aumento da produção de feijão, sendo assim, ajuda no manejo possibilitando aumento em quantidade e em qualidade.

Além disso, a utilização de tecnologias digitais no monitoramento de pragas é de extrema importância, visto que essa estratégia contribui para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, como na preservação dos recursos naturais, evitando impactos negativos sobre o meio ambiente, reduzindo o uso excessivo de defensivos agrícolas e seus efeitos negativos tanto financeiros quanto ambientais, como o desenvolvimento de resistência das pragas.

Portanto, a utilização de tecnologias digitais como sensores embarcados, plataformas orbitais, inteligência artificial, IoT, posicionamento global, softwares de gestão e análise de dados, sensoriamento remoto, drones e armadilhas inteligentes se mostram eficazes e auxiliam no MIP, com potencialização tecnológica que permite maior sustentabilidade, eficiência e produtividade.

O desafio do uso de tecnologias digitais no monitoramento de pragas está na ampliação do acesso a essas tecnologias pelos produtores, especialmente para agricultores familiares, onde a disponibilidade de tecnologias ainda é precária e a dificuldade de acesso à internet em propriedades rurais ainda é alta e também na capacitação técnica para realizar a interpretação e utilizar de forma adequada os dados adquiridos, trabalhando desde a aquisição, processamento, tratamento e análise dos dados, além da necessidade de, em alguns casos, reduzir a margem de erros de modelos para aplicação em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S.; MARWAT, S. N. K.; BRAHIM, G. B.; KHAN, W. U.; KHAN, S.; AL-FUQAHA, A.; KOZIEL, S. IoT based intelligent pest management system for precision agriculture. **Scientific Reports**, v. 14, p. 31917, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-024-83012-3>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- BARBOSA, F. R.; QUINTELA, E. D.; OLIVEIRA, L. F. C. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. 52 p. (Circular Técnica, 93). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131913>>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- BOSCHINI, V. H. **Monitoramento especializado de insetos na lavoura a partir de imageamento por aeronave não tripulada**. 2025. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2025. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/20.500.12733/43711>>. Acesso em: 20 mar. 2026.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; BEZERRA, L. M. B. A planta e o grão de feijão e as formas de apresentação aos consumidores. In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. p. 101-116. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134410>>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CASTRO, J. C. R.; APARECIDO, C. F. F.; MATOSO, A. O. Desempenho produtivo de cultivares de feijão comum na região oeste do estado de Goiás. **Revista DELOS**, v.18, n.69, p. e5872, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n69-074>>. Acesso em: 26 mar. 2026.
- CHEN, M.; CHEN, L.; YI, T.; ZHANG, R.; XIA, L.; QU, C.; XU, G.; WANG, W.; DING, C.; TANG, Q.; WU, M. Development of a Low-Power Automatic Monitoring System for *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Agriculture**, v. 13, n.4, p. 843, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriculture13040843>>. Acesso em: 28 mar. 2026.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Tecnologias digitais aumentam a eficiência do manejo integrado de pragas**. Brasília: EMBRAPA. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55534108/tecnologias-digitais-aumentam-a-eficiencia-do-manejo-integrado-de-pragas>>. Acesso em: 28 mar. 2026.
- FREITAS, R. G. **Monitoramento especializado de insetos na cultura da soja utilizando imagens digitais e redes neurais**. 2025. 72 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2025. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/20.500.12733/29872>>. Acesso em: 29 mar. 2026.
- FUMAGALLI, W. S. **Manejo Integrado de Pragas (MIP) com Ênfase no Controle Biológico (CB)**. 2021, 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Universidade de Cuiabá, Sorriso, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/46289>>. Acesso em: 29 mar. 2026.
- GOLDMEIER, M. G. **Agricultura de precisão integrada ao manejo de lavouras de feijão visando alta produtividade**. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em

Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/214356>>. Acesso em: 30 mar. 2026.

GUIMARÃES, F. C. **Manejo e controle da mosca-branca (*Bemisia Tabaci*) na cultura do Feijão – Caupi**. 2023. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Universidade Estadual de Goiás, Posse, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/riueg/3740>>. Acesso em: 01 abr. 2026.

HØYE, T. T.; ÄRJE, J.; BJERGE, K.; HANSEN, O. L. P.; IOSIFIDIS, A.; LEESE, F.; MANN, H. M. R.; MEISSNER, K.; MELVAD, C.; RAITOHARJU, J. Deep learning and computer vision will transform entomology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 118, n. 2, p. e2002545117, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.2002545117>>. Acesso em: 05 mai. 2026.

IDR-PARANÁ (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná). **Manejo de pragas do feijão ganha aplicativo para celulares**. Londrina: IDR-Paraná, 2025. Disponível em: <<https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Manejo-de-pragas-do-feijao-ganha-aplicativo-para-celulares>>. Acesso em 06 jun. 2026.

IOST FILHO, F. H.; PAZINI, J. B.; ALVES, T. M.; KOCH, R. L.; YAMAMOTO, P. T. How does the digital transformation of agriculture affect the implementation of Integrated Pest Management?. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. v. 6, p. 972213, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.972213>>. Acesso em: 15 mai. 2026.

IWAMOTO, D. Y. **Inteligência artificial para monitoramento automatizado de insetos em armadilhas agrícolas**, 2025. 18 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Big Data no Agronegócio), Faculdade de Tecnologia Shunji Nishimura, Pompéia, 2025. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/44015>>. Acesso em: 16 mai. 2026.

KOCHHANN, J. A. **Proposta de Projeto Informacional e Projeto Conceitual para o Desenvolvimento de Armadilha Biológica Inteligente para Manejo Integrado de Pragas na Agricultura**. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: <<https://pergamum.ufpel.edu.br/acervo/112536>>. Acesso em: 16 mai. 2026.

KOGAN, M.; PITRE JR., H. N. General sampling methods for above-ground populations of soybean arthropods. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Eds.) **Sampling Methods in Soybean Entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. p. 30-60. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1>>. Acesso em: 20 mai. 2026.

LIESHOUT, P. H. S. V. **Telemetria em máquinas agrícolas como ferramenta de gestão na agricultura de precisão**. 2025. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2025. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/9866>>. Acesso em: 23 mai. 2026.

LÓPES, A. F. J.; JIMÉNEZ-LÓPES, F. R.; ALVAREZ, C. S. L. Electronic trap for field detection of fall armyworm (*spodoptera frugiperda*) in corn. In 2023 IEEE 6th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC). Popayan, Colombia. **Anais[...]**. IEEE, 2023. p. 1–5. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/CCAC58200.2023.10333801>>. Acesso em: 27 Mai 2026.

LOPES, J. B. **Tecnologia Digital Aplicada à Gestão Rural e ao Manejo Integrado de Pragas**. 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia),

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/249128>>. Acesso em: 27 mai. 2026.

MACEDO, A. F.; SILVA, L. F.; ROCHA, N. S.; CRUZ, C. G.; MALAQUIAS, M. F.; NOGUEIRA, D. C.; NASCIMENTO, A. G. O.; FERNANDES, F. L.; OLIVEIRA, M. M. F. Métodos de monitoramento de pragas na agricultura moderna. In: **Desenvolvimento Rural e Sustentabilidade: energia, produção e novos mercados**. Rio Paranaíba: Editora Científica Digital, 2023. v. 2, p. 109-116. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.37885/230212228>>. Acesso em: 28 abr. 2026.

MESQUITA, A. L. M.; LIMA, R. N.; TEIXEIRA, P. B. S.; SOARES, J. D. S.; CARVALHO, Y. D. Evaluation of methods to estimate chestnut moth infestation in a study on the response of cashew tree clones to pest attack. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.8, p. 58795-58802, 2022. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n8-255>>. Acesso em: 25 mar. 2026.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. Acesso em: 29 mai. 2026.

NUNES, J. A. S.; COELHO, R. D. L. Avaliação da biomassa de pastagem através de índices de vegetação – Revisão de literatura. **Revista Biodiversidade**, v. 24, n. 3, p. 44-61, 2025. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/20331>>. Acesso em: 07 abr. 2026.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M. SILVEIRA, P. M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085830>>. Acesso em: 30 mai. 2026.

QUINTELA, E. D. **Manejo Integrado de Pragas (MIP) do feijoeiro**. Brasília: EMBRAPA, 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/pragas/manejo-integrado-de-pragas>>. Acesso em: 30 mai. 2026.

RENDÓN-ANAYA, M.; MONTERO-VARGAS, J. M.; SABURIDO-ÁLVAREZ, S.; VLASOVA, A.; CAPELLA-GUTIERREZ, S.; ORDAZ-ORTIZ, J. J.; AGUILAR, O. M.; VIANELLO-BRONDANI, R. P.; SANTALLA, M.; DELAYE, L.; GABALDÓN, T.; GEPTS, P.; WINKLER, R.; GUIGÓ, R.; DELGADO-SALINAS, A.; HERRERA-ESTRELLA, A. Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. **Genome biology**, v. 18, n. 60, p. 1-17, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13059-017-1190-6>>. Acesso em: 01 jun. 2026.

SANTOS, V. H. **Estágio em Consultoria e Assessoria Agrônômica: AGROPLAN Consultoria Agropecuária**. 2026. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2026. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/6389>>. Acesso em: 01 jun. 2026.

SILVA, N. S. **Estimativa da umidade do solo por sensoriamento remoto no cultivo do feijão com palha em Itai-SP**. 2016. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/148619>>. Acesso em: 10 mai. 2026.

SILVA, P. H. A. **Produtividade e desempenho agrônomo de genótipos de feijão carioca em região de Cerrado de baixa altitude**. 2026. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2026. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/320548>>. Acesso em: 15 abr. 2026.

SILVA, W. S.; SOARES, B.; ALMEIDA, V. L.; VIANA, L.; PASTORI, P. L.; MAGALHÃES, D. M. V.; ROCHA, A. R. Detecção da Praga *Spodoptera frugiperda* no Cultivo de Milho usando Armadilhas Inteligentes e Visão Computacional. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (WCAMA), 15, 2024, Brasília/DF. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 61-70. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/wcama.2024.2376>>. Acesso em: 02 jun. 2026.

SILVEIRA, G. B.; SANTOS, L. O.; ANDRADE, L. V. A.; SILVA, T. N. P.; MONFROI FILHO, E. A.; VICENTE, A. F. M.; NOGUEIRA, A. R. F.; POLOTO, R. S. R.; ALMEIDA, L. G. F.; LIMA, S. F.; VENDRUSCOLO, E. P.; LIMA, A. P. L. Bioinsumos aplicados no controle das principais pragas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.): revisão de literatura. In: REDIN, E. (ed.). **Ciências Rurais no Século XXI**. 1ª Edição. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2025. v. 6, p. 63-76. Disponível em: <<https://doi.org/10.36229/978-65-5866-569-4.CAP.04>>. Acesso em: 15 abr. 2026.

SUN, Q.; XIA, X.; CHAI, X. Machine Vision Based Phenotype Recognition of Plant and Animal. In: Chinese Academy of Sciences (Eds). **China's e-Science: Blue Book 2020**. Singapore: Springer, 2021. p. 471-485. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-8342-1_27>. Acesso em: 03 mar. 2026.

WEYMAR, R. R.; MEDEIROS, F. A.; REIS, A. V.; WESTENDORFF, N. R. Desafios e possibilidades da IoT na agricultura 4.0. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 33., 2023, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: CONFAEAB; SARGS, 2023. p. 1-4.

XIONG, J.; YU, D.; LIU, S.; SHU, L.; WANG, X.; LIU, Z. A Review of Plant Phenotypic Image Recognition Technology Based on Deep Learning. **Electronics**, v. 10, n. 1, p. e81, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/electronics10010081>>. Acesso em: 12 mar. 2026.

ZHANG, H.; ZHAO, S.; SONG, Y.; GE, S.; LIU, D.; YANG, X.; WU, K. A deep learning and grad-cam-based approach for accurate identification of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in maize fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 202, p. 107440, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107440>>. Acesso em: 04 jun. 2026.

ZHANG, J.; HUANG, Y.; PU, R.; GONZALES-MORENO, P.; YUAN, L.; WU, K.; HUANG, W. Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 165, p. 104943, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104943>>. Acesso em: 25 mai. 2026.