

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Nível de dano econômico para controle ou não controle de *Stenoma catenifer*
(Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) em abacate var. Hass**

Jorge Ivan Jaramillo Herrera
Magister Scientiae

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2025**

JORGE IVAN JARAMILLO HERRERA

Nível de dano econômico para controle ou não controle de *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) em abacate var. Hass

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Flavio Lemes Fernandes

Coorientadora: Maria E. de Sena
Fernandes

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal
de Viçosa - Campus Rio Paranaíba**

T

J37n
2025 Jaramillo Herrera, Jorge Iván, 1972-
Nível de dano econômico para controle ou não controle de
Stenoma catenifer (Walsingham)(Lepidoptera: Depressariidae)
em abacate var. Hass. / Jorge Iván Jaramillo Herrera. – Rio
Paranaíba, MG, 2025.
26 f.: il. (algumas color.).

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa -
Campus Rio Paranaíba - MG, Instituto de Ciências Agrárias,
2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2025.037>

1. Broca-do-abacate. 2. Manejo integrado de pragas.
3. Tecnologia de aplicação. 4. . I. Fernandes, Flávio Lemes,
1979-. II. Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio
Paranaíba - MG. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em
Agronomia (Produção Vegetal). III. Título.

634.6

JORGE IVAN JARAMILLO HERRERA

Nível de dano econômico para controle ou não controle de *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) em abacate var. Hass

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de novembro de 2025.

Assentimento:

Jorge Ivan Jaramillo Herrera
Autor

Flavio Lemes Fernandes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 26/11/2025 às 10:22:06 e pelo orientador em 26/11/2025 às 10:31:52. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **OIT3.RWJL.O83Y** e clique no botão 'Validar documento'.

Não fomos feitos para olhar para o céu, e sim para conquistar o espaço.
Interestelar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, altíssimo Criador, por ter-me concedido saúde, sabedoria e força para seguir firme durante toda essa caminhada acadêmica.

À minha família, in memoriam a meus pais, que estão na glória da eternidade. À minha esposa, Diana Milena, cuja palavra de encorajamento e gesto de carinho foram essenciais para que eu não desistisse nos momentos de cansaço e insegurança. Ela é grande companheira de meus sonhos e conquistas. Agradeço por todo o seu amor, paciência, apoio incondicional e incentivo nos momentos mais difíceis, assim como a seus pais, pela companhia em nosso lar.

Aos meus amigos e irmãos aqui no Brasil, Marcos Pimenta e Regis Ricco, pela amizade, apoio profissional e material em um país referência mundial no agronegócio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Fernandes, grande mestre de vida, minha profunda gratidão pela amizade, dedicação, orientação e confiança depositada em mim ao longo deste trabalho, bem como a sua família, exemplo de lar pautado pela coerência em meio a tantas turbulências profissionais, morais e éticas.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao Grupo de Pesquisas em Manejo de Pragas (GPMP) da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, em especial a Larissa, Neilton, Felipe, Henrique, Vinícius.

A pós-doutorado de EMPRAPA Carlos Gustavo pela leitura de material e auxílio na escrita.

Às empresas Tsugue, Coopadap, AgroPure e BioSic, pelo apoio e disposição em contribuir para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

A todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

HERRERA, Jorge Ivan Jaramillo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2025. **Nível de dano econômico para controle ou não controle de *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) em abacate var. Hass.** Orientador: Flavio Lemes Fernandes. Coorientadora: Maria Elisa de Sena Fernandes.

A broca-do-abacate é a principal praga quarentenária da cultura do abacateiro, o que torna necessário um manejo fitossanitário baseado em limiares econômicos precisos. Diante disso, foi determinado o Nível de Dano Econômico (NDE) e o Nível de Controle (NC) para broca-do-abacate em pomares de abacate Hass na região do Alto Paranaíba, MG. O custo de controle foi calculado para diferentes métodos de aplicação (tratorizada, terceirizada e por drone), considerando insumos, mão de obra e depreciação. A relação entre a porcentagem de frutos broqueados e a produtividade foi estabelecida por regressão linear, com base em monitoramentos semanais de 1000 frutos em 10 talhões. Observou-se uma redução média de 0,2190 ton há⁻¹ para cada 1% de aumento de frutos broqueados. Os NDEs variaram de 1,1 a 3,6% e os NCs de 0,9 a 2,9%, influenciados pelo valor de produção e pelo método de aplicação. A aplicação por drone resultou nos menores limiares (NDE: 1,1%; NC: 0,9% sob alto valor de produção), enquanto a aplicação tratorizada apresentou os mais elevados (NDE: 3,6%; NC: 2,9% sob baixo valor). A validação em campo mostrou que 90% das lavouras amostradas excederam o NC mais elevado, indicando infestação economicamente significativa. Conclui-se que o NDE para broca-do-abacate é dinâmico e relativamente baixo, refletindo a necessidade de intervenção precoce, e que o uso de tecnologias de aplicação mais eficientes, como drones, favorece um manejo mais conservador e economicamente sustentável.

Palavras-chave: Abacaticultura; Broca-do-abacate; Manejo Integrado de Pragas; Controle químico; Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

HERRERA, Jorge Ivan Jaramillo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2025. **Economic Injury level for *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado var. Hass.** Adviser: Flavio Lemes Fernandes. Co-adviser: Maria Elisa de Sena Fernandes.

The avocado seed moth is the main quarantine pest of avocado orchards, making phytosanitary management based on accurate economic thresholds necessary. This study determined the Economic Injury Level (EIL) and Control Threshold (CT) for the avocado seed moth in Hass avocado orchards in the Alto Paranaíba region, MG, Brazil. Control costs were calculated for different application methods (tractor, outsourced, and drone), considering inputs, labor, and depreciation. The relationship between the percentage of bored fruits and productivity was established by linear regression, based on weekly monitoring of 1000 fruits in 10 plots. An average reduction of 0.2190 ton ha⁻¹ was observed for each 1% increase in bored fruits. The EILs ranged from 1.1% to 3.6% and the CTs from 0.9% to 2.9%, influenced by production value and application method. Drone application resulted in the lowest thresholds (EIL: 1.1%; CT: 0.9% under high production value), while tractor application presented the highest ones (EIL: 3.6%; CT: 2.9% under low production value). Field validation showed that 90% of the sampled crops exceeded the highest CT, indicating an economically significant infestation. It is concluded that the EIL for the avocado seed moth is dynamic and relatively low, reflecting the need for early intervention, and that the use of more efficient application technologies, such as drones, favors more conservative and economically sustainable management.

Keywords: Avocado cultivation; Avocado seed moth; Integrated Pest Management; Chemical control; Application technology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Características gerais	12
2.2 Determinação do nível de dano econômico (NDE).....	12
2.2.1 Custo de controle (C).....	13
2.2.2 Perdas por unidade de injúria (D).....	13
3. RESULTADOS	15
4. DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS	23

RESUMO

JARAMILLO, Jorge Iván Herrera. Agron., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2025.
Nível de dano econômico para controle ou não controle de *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) em abacate var. Hass. Orientador: Flávio Lemes Fernandes.

A broca-do-abacate é a principal praga quarentenária da cultura do abacateiro, o que torna necessário um manejo fitossanitário baseado em limiares econômicos precisos. Diante disso, foi determinado o Nível de Dano Econômico (NDE) e o Nível de Controle (NC) para broca-do-abacate em pomares de abacate Hass na região do Alto Paranaíba, MG. O custo de controle foi calculado para diferentes métodos de aplicação (tratorizada, terceirizada e por drone), considerando insumos, mão de obra e depreciação. A relação entre a porcentagem de frutos broqueados e a produtividade foi estabelecida por regressão linear, com base em monitoramentos semanais de 1000 frutos em 10 talhões. Observou-se uma redução média de 0,2190 ton há⁻¹ para cada 1% de aumento de frutos broqueados. Os NDEs variaram de 1,1 a 3,6% e os NCs de 0,9 a 2,9%, influenciados pelo valor de produção e pelo método de aplicação. A aplicação por drone resultou nos menores limiares (NDE: 1,1%; NC: 0,9% sob alto valor de produção), enquanto a aplicação tratorizada apresentou os mais elevados (NDE: 3,6%; NC: 2,9% sob baixo valor). A validação em campo mostrou que 90% das lavouras amostradas excederam o NC mais elevado, indicando infestação economicamente significativa. Conclui-se que o NDE para broca-do-abacate é dinâmico e relativamente baixo, refletindo a necessidade de intervenção precoce, e que o uso de tecnologias de aplicação mais eficientes, como drones, favorece um manejo mais conservador e economicamente sustentável.

Palavras chaves: Abacaticultura; Broca-do-abacate; Manejo Integrado de Pragas; Controle químico; Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

JARAMILLO, Jorge Iván Herrera. M.S. in Agronomy, Universidade Federal de Viçosa, June 2025. **Economic Injury Level for Controlling or Not Controlling *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae) in Hass Avocado.** Advisor: Flávio Lemes Fernandes.

The avocado seed moth is the main quarantine pest of avocado orchards, making phytosanitary management based on accurate economic thresholds necessary. This study determined the Economic Injury Level (EIL) and Control Threshold (CT) for the avocado seed moth in Hass avocado orchards in the Alto Paranaíba region, MG, Brazil. Control costs were calculated for different application methods (tractor, outsourced, and drone), considering inputs, labor, and depreciation. The relationship between the percentage of bored fruits and productivity was established by linear regression, based on weekly monitoring of 1000 fruits in 10 plots. An average reduction of 0.2190 ton ha⁻¹ was observed for each 1% increase in bored fruits. The EILs ranged from 1.1% to 3.6% and the CTs from 0.9% to 2.9%, influenced by production value and application method. Drone application resulted in the lowest thresholds (EIL: 1.1%; CT: 0.9% under high production value), while tractor application presented the highest ones (EIL: 3.6%; CT: 2.9% under low production value). Field validation showed that 90% of the sampled crops exceeded the highest CT, indicating an economically significant infestation. It is concluded that the EIL for the avocado seed moth is dynamic and relatively low, reflecting the need for early intervention, and that the use of more efficient application technologies, such as drones, favors more conservative and economically sustainable management.

Keywords: Avocado cultivation; Avocado seed moth; Integrated Pest Management; Chemical control; Application technology.

1. INTRODUÇÃO

A proteção de cultivos está passando por uma transformação conceitual, afastando-se da dependência química e adotando uma visão mais estratégica e ecológica (Angon *et al.*, 2023; Desneux *et al.*, 2022; Zhou *et al.*, 2024). Diversos órgãos nacionais e intergovernamentais decidiram firmemente que o futuro paradigma oficialmente endossado para a proteção de cultivos será o manejo integrado de pragas (MIP) (Stenberg, 2017). A maioria dos materiais didáticos definem o MIP como uma abordagem ou estratégia holística para combater pragas de plantas utilizando todos os métodos disponíveis, com aplicações mínimas de pesticidas químicos (Angon *et al.*, 2023; Zhou *et al.*, 2024). Contudo, o objetivo do MIP não é erradicar as pragas, mas sim manejar suas populações de forma que permaneçam abaixo de níveis economicamente prejudiciais (Desneux *et al.*, 2022). Colocar essa visão em prática reduziria não apenas a exposição de agricultores, consumidores e do meio ambiente a compostos tóxicos, mas também os problemas causados por pragas resistentes a pesticidas (Stenberg, 2017). Porém, a implementação eficaz do MIP depende da definição de limites econômicos de tolerância às pragas, estabelecidos com base no Nível de Dano Econômico (NDE), que orienta racionalmente o controle (Cárcamo *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2021; Penca *et al.*, 2020).

O Nível de Dano Econômico (NDE) constitui um dos alicerces quantitativos para a tomada de decisão racional dentro do MIP. Formalmente definido como NDE representa a menor densidade populacional de uma praga capaz de causar um prejuízo econômico equivalente ao custo da implementação das medidas de controle (Stern *et al.*, 1959). Em termos matemáticos, o NDE é o ponto de equilíbrio financeiro onde a receita marginal perdida devido à praga se iguala ao custo marginal do controle. A determinação precisa deste limite exige a integração de variáveis biológicas, como a relação entre densidade populacional da praga e dano, e variáveis econômicas, como o custo do controle e o valor de mercado do produto, da

commodity (Cárcamo *et al.*, 2024; Hoidal e Koch, 2021; Leybourne *et al.*, 2024 Silva *et al.*, 2021). A sua correta calibração é indispensável para evitar intervenções desnecessárias, sendo este um princípio fundamental que tem sido aplicado com sucesso no manejo de diversas culturas, incluindo fruteiras de alto valor agregado (Cárcamo *et al.*, 2024; Penca *et al.*, 2020). A partir do NDE, pode estimar o Nível de Controle (NC) que corresponde à intensidade de ataque da praga na qual se devem iniciar ações de controle de modo a evitar que esta densidade venha no futuro a superar o NDE (Stern *et al.*, 1959).

O abacate, *Persea americana* (Mill.), se consolidou como uma *commodity* agrícola de relevância global, impulsionado principalmente pela crescente demanda por alimentos funcionais e saudáveis (Arango *et al.*, 2025; Dreher, 2013). A cultivar Hass é a mais cultivada mundialmente devido a seus atributos superiores de qualidade, principalmente o alto teor de óleo e a casca resistente (Méndez Hernández *et al.*, 2024; Whiley *et al.*, 2002). Sendo o valor da cultura reforçado, inclusive, pela possibilidade de valorização de seus resíduos agroindustriais (Grisales-Mejía *et al.*, 2024). A cadeia produtiva do abacate Hass é liderada pelo México, responsável por aproximadamente 30% da produção global, enquanto Colômbia e Peru completam o ranking dos três maiores produtores mundiais desta variedade (USDA, 2025). No Brasil, a expansão da área cultivada com Hass tem sido um vetor de desenvolvimento para o agronegócio nacional. Contudo, o sucesso e a rentabilidade dependem da manutenção de elevados padrões de qualidade, o que exige um manejo fitossanitário eficiente e sustentável, sobretudo de pragas quarentenárias como *Stenoma catenifer* (Walsingham) (Lepidoptera: Depressariidae), cujo manejo demanda a aplicação de um MIP rigorosamente estruturado (Calero *et al.*, 2025).

A broca-do-abacate, *S. catenifer*, é a principal praga do abacateiro em regiões neotropicais (Cruz-López *et al.*, 2020; Nava *et al.*, 2006; Hoddle e Hoddle, 2012). Sua relevância é crítica, pois, por ser quarentenária, sua presença nas áreas pode inviabilizar o

comércio nacional e internacional (Velázquez-Martínez *et al.*, 2022). O adulto é uma mariposa de coloração amarelo-palha com manchas escuras nas asas, medindo aproximadamente 15 mm. As fêmeas ovipositam de 120 a 180 ovos em superfícies rugosas dos frutos e pedicelos, em frutos preferencialmente da parte superior na planta (Hohmann *et al.* 2003; Vacari *et al.*, 2021). Após a eclosão, as larvas de primeiro instar perfuram a casca (exocarpo) e se alimentam inicialmente da polpa (mesocarpo), atingindo o endocarpo e, em seguida, a semente, causando sérios danos aos frutos e, na maioria dos casos, provocando sua queda (Wolfenbarger e Colburn, 1979). Desta forma, as lagartas se protegem no interior do fruto dificultando seu controle, principalmente o químico. Além disso a praga apresenta um padrão de distribuição espacial agregado nos pomares (Calero *et al.*, 2025). Em países da América do Sul já foram relatados 45% a 80% de frutos infestados (Hoddle e Hoddle, 2008).

Apesar da reconhecida importância econômica de *S. catenifer* e dos avanços no conhecimento de sua bioecologia (Calero *et al.*, 2025; Hoddle e Hoddle, 2008; Nava *et al.*, 2006; Vacari *et al.*, 2021), ainda carecem de informações essenciais para o pleno aprimoramento do MIP direcionado a broca-do-abacate. A carência mais significativa é na determinação do Nível de Dano Econômico (NDE). No Brasil, apesar do crescimento da cultura do abacate, ainda não existem estudos voltados ao estabelecimento do NDE para *S. catenifer*. A definição deste limiar, que integraria de forma precisa a relação entre a densidade populacional da broca, o dano causado aos frutos e os custos de controle, é etapa indispensável para transformar o MIP em uma ferramenta prática. Portanto, o objetivo do trabalho é determinar o Nível de Dano Econômico para broca-do-abacate em pomares de abacate Hass no Brasil, fornecendo uma base científica para o manejo fitossanitário economicamente sustentável desta cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características gerais

O experimento foi conduzido na região do Alto Paranaíba, em áreas de produção do Grupo Tsuge, localizado no Lote 15, PADAP, Km 108 da MG-235, no município de Rio Paranaíba (MG). A área experimental corresponde a 10 talhões comerciais de abacate (cultivar Hass), com cinco anos de idade e espaçamento de 5 × 6 metros, situado às coordenadas geográficas 19°11'37" S, 46°14'50" W, a uma altitude de 1.067 metros. O clima local é do tipo Cwa, conforme a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos, com altitudes variando entre 900 e 1.200 metros (Alvares *et al.*, 2014). O estudo foi conduzido entre os meses de março a setembro de 2025, época da frutificação do abacateiro e o período de infestação da praga. Os talhões selecionados possuíam aproximadamente 5 a 10 hectares. As áreas selecionadas foram manejadas com podas após a colheitas dos frutos, de altura e iluminação.

2.2 Determinação do nível de dano econômico (NDE)

O NDE é bem definido como o nível de prejuízo mínimo que se faz necessário medidas de controle químico com custo de controle compatível ao prejuízo” (Higley e Pedigo 1997). O NDE é calculado pela fórmula 1, de acordo com Pedigo e Rice (2006).

$$NDE = \frac{C * 100}{V * D * K}$$

(1), em que: NDE= Nível de dano econômico; C= Custo de controle; V= Valor da produção; D= Dano por unidade de injúria; K= Coeficiente de eficiência de controle, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1995).

2.2.1 Custo de controle (C)

O cálculo do custo de controle (C) foi determinado para uma área de 1 ha, uma aplicação de inseticida organossintético e aplicações com drone, turbo atomizador tratorizado terceirizado e não terceirizado. Os principais componentes do custo de controle são o preço dos inseticidas, a mão-de-obra e os valores associados ao aluguel de máquinas e depreciação de pulverizadores.

O (C) foi calculado o custo de controle/ha/ano multiplicando-se o custo de uma aplicação pelo número de aplicações. No abacate, foi definido 12 aplicações de inseticidas organossintéticos, manejo adotado pela Empresa Tsuge no Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro. Os inseticidas registrados para o controle de *S. catenifer* estão na tabela 1. O custo dos inseticidas foi calculado multiplicando-se os preços das maiores doses (L/ha ou kg/ha) registradas para o controle de *S. catenifer* pelo preço unitário do inseticida. Os preços foram obtidos por buscas em sites de vendas disponíveis na internet (Mercado Livre, 2025)

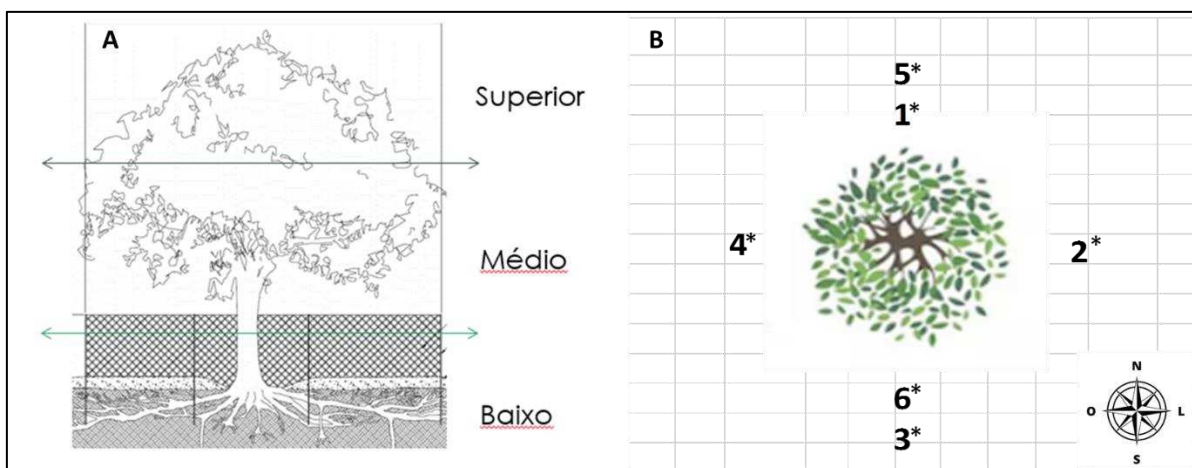
A mão-de-obra foi calculada com o tempo de 0,375 horas/ha, considerando uma velocidade do trator de 5,9 km/h, em função do sistema de produção da empresa Tsuge. Neste cálculo foi considerado o valor do salário mínimo adotado no Brasil e os impostos trabalhistas (FGTS, INSS, Férias, 13º salário a uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. Para calcular o custo dos equipamentos (pulverizador + trator) por ano agrícola e por aplicação de 1 ha foi considerado a depreciação dos equipamentos (PROCAFÉ, 2008). Os equipamentos terceirizados (trator, pulverizador e drone) foram definidos de acordo com o custo médio de três prestadores de serviços da região do Alto Paranaíba.

2.2.2 Perdas por unidade de injúria (D)

Para determinar as perdas causadas por *S. catenifer* foi estabelecido relações entre os frutos de abacate broqueados por esta praga, em termo de porcentagem de frutos broqueados, com o objetivo de estimar as perdas quantitativas por tonelada de abacate produzido. Em cada talhão foi determinada a produtividade em toneladas/ha.

As observações e o monitoramento foram realizados semanalmente ao longo da safra agrícola de 2025. As coletas foram feitas durante as primeiras horas da manhã, em diferentes alturas da planta (terço inferior, médio e superior), sendo que o inferior da copa foi identificado como o local menos atacado. As avaliações foram conduzidas nos quatro pontos cardeais da planta (norte, sul, leste e oeste). Em cada talhão, foram selecionadas aleatoriamente 20 plantas, sendo avaliados cinco frutos por ponto, por planta, no terço médio (2 a 4 m de altura) e terço superior (acima de 4 m) (Figura 1). Os frutos infestados (atacados) nos quatro quadrantes da planta foram avaliados com monitoramento visual e destrutivo (presença de furos e larva viva dentro de fruto). Num total de 1000 frutos foram avaliados para determinar as perdas.

Figura 1. Vista frontal (A) e superior (B) de arvores em produção de abacateiro e pontos de amostragem em arquitetura de árvore de abacate.



Fonte: O autor.

Nota: *Ponto de amostragem dos frutos nas arvores.

3. RESULTADOS

O custo total do controle químico de *S. catenifer* em abacate variedade Hass, em Rio Paranaíba-MG (2024–2025), variou de acordo com o método de aplicação (Tabela 1). O custo médio por hectare por aplicação foi de R\$ 284,21 para aplicação tratorizada, R\$ 334,21 para aplicação tratorizada terceirizada e R\$ 304,21 para aplicação por drone. Os cálculos consideraram uma jornada de trabalho de 40 horas semanais durante 11 meses, totalizando 1906 horas/ano, com tempo médio para pulverizar 1 ha de 0,375 horas e velocidade média do trator de 5,9 km/h. A mão-de-obra representou R\$ 5,48/ha/aplicação, correspondendo à soma de salários, encargos sociais, seguro e férias proporcionais.

O custo dos equipamentos e utensílios de aplicação variou conforme o método: R\$ 100,00/ha para aplicação tratorizada, R\$ 150,00/ha para aplicação terceirizada e R\$ 120,00/ha para aplicação por drone. Os inseticidas organossintéticos tiveram custo médio de R\$ 178,73/ha/aplicação, sendo os principais produtos utilizados Espinetoram 250 WG (R\$ 76,50–504,00/ha), Diflubenzurom 250 WP (R\$ 91,80/ha) e Bifentrina 400 CE (R\$ 42,60/ha).

Tabela 1. Custos associados ao controle químico de *Stenoma catenifer* em abacate var Hass. Rio Paranaíba-MG (2024-2025).

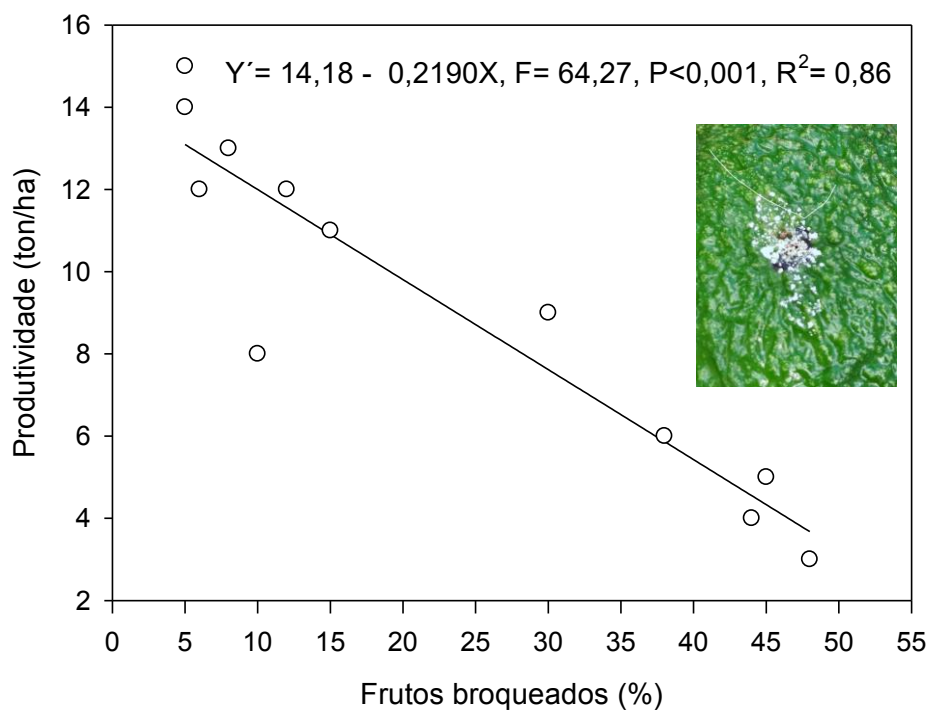
Mão-de-obra				
Itens	Quantidade	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)	Custo/ha/aplicação⁽¹⁾
Salário (meses)	12	1518,00	18216,00	3,58
FGTS (%)	11,2	170,01	2040,12	0,40
Previdência (%)	8	121,44	1457,28	0,29
Seguro (%)	0,8	12,14	145,68	0,03
Férias (%)	33,33	500,94	6011,28	1,18
Custo da mão-de-obra (R\$/ha/aplicação) (1)				5,48
Equipamento e utensílio de aplicação				
Equipamento	R\$/ha/aplicação			
Aplicação tratorizada (2)	100,00			
Aplicação por aluguel (3)	150,00			
Aplicação por drone (4)	120,00			
Inseticidas organossintéticos				
Inseticida	Preço (R\$/L ou Kg)	Dose produto comercial (L ou Kg/há)	R\$/ha/aplicação	
Espinetoram 250 WG	2800,00	0,18	504,00	
Espinetoram 250 WG	425,00	0,18	76,50	
Diflubenzurom 250 WP	612,00	0,15	91,80	
Bifentrina 400 CE	426,00	0,10	42,60	
Custo médio do inseticida organossintético (R\$/há/aplicação) (4)				178,73
Custo total (R\$/ha)				
Aplicação tratorizada				284,21
Aplicação tratorizada terceirizada				334,21
Aplicação por drone				304,21

Custo/ha= $\left(\frac{\text{Custo anual (R\$)}}{1906 \text{ horas}} \right)$, os cálculos foram baseados em 40 horas semanais, durante 11

meses somando-se 1906 horas/ano e o tempo para pulverizar 1ha= 0,375 horas. Trator na velocidade de 5,9 Km/h.

Ocorreu queda linear da produtividade em função do aumento da porcentagem de frutos broqueados por *S. catenifer* (Figura 1). Assim, foi ajustado um modelo de regressão linear. Este modelo explicou 86% da variação na produtividade ($R^2 = 0,86$). A inclinação negativa do modelo indica que para cada aumento de 1% na porcentagem de frutos broqueados, a produtividade é reduzida em 0,2190 ton/ha. A produtividade máxima estimada na ausência de broqueamento ($X=0$) foi de 14,18 ton/ha.

Figura 2. Curva de regressão de produtividade (ton/ha) em função da porcentagem de frutos de abacate var. hass broqueados por *Stenoma catenifer*. A foto no interior do gráfico mostra resíduos de coloração branca, que caracteriza o broqueamento do fruto. Rio Paranaíba, MG-2024-2025.



Os valores de Nível de Dano Econômico (NDE) e Nível de Controle (NC) para broca-do-abacate variaram em função do valor de produção do abacate Hass e do método de aplicação (Tabela 2). Observou-se que o NDE e o NC foram menores em condições de alto valor de produção (NDE variando de 1,1% a 1,5% de frutos broqueados) em comparação com condições de baixo valor de produção (NDE variando de 2,6% a 3,6% de frutos broqueados). Em relação ao método de aplicação, a aplicação por drone resultou nos menores valores de NDE e NC em todos os cenários de valor de produção. O NC médio para a aplicação por drone foi de 1,2%, o menor entre os métodos. Em contraste, a aplicação tratorizada apresentou o NC médio mais alto, de 2,0%. O NC mais baixo registrado foi de 0,9% (aplicação por drone em alto valor de produção), e o mais alto foi de 2,9% (aplicação tratorizada em baixo valor de produção).

Tabela 2. Nível de dano econômico (NDE) e de controle (NC) para *Stenoma catenifer* em condições de aplicação tratorizada, tratorizada terceirizada e por drone, sob condições de baixo, médio e alto valores de produção da cultura do abacate var. hass. Rio Paranaíba, MG- 2024-2025.

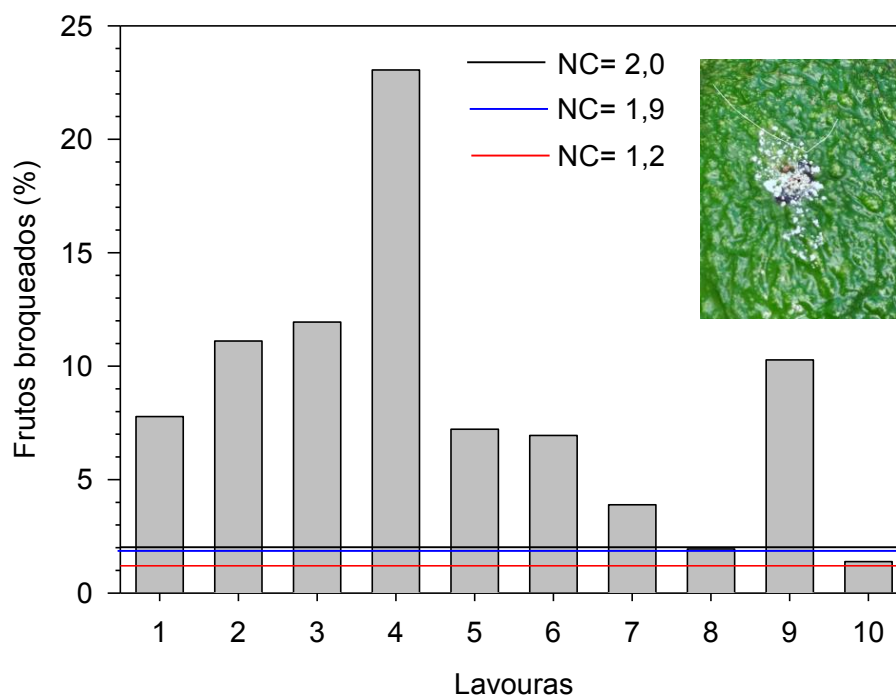
Tipo de aplicação	NDE [NC]			
	Frutos broqueados (%)/ha			
	Alto ¹	Médio ¹	Baixo ¹	Média do NC
Aplicação tratorizada	1,5[1,2]	2,3[1,9]	3,6[2,9]	2,0
Aplicação tratorizada terceirizada	1,5[1,2]	2,3[1,8]	3,5[2,8]	1,9
Aplicação por drone	1,1[0,9]	1,7[1,3]	2,6[2,1]	1,2

¹Valores da produtividade. Classificação pelo valor de venda (R\$ kg⁻¹): Baixo = ≤ 5; Médio = 5 – 7; Alto = 7 – 10.

A comparação entre a porcentagem de frutos broqueados nas dez lavouras avaliadas e os NCs médios mostra que a maioria das áreas estavam sob infestação economicamente significativas (Figura 3). Os níveis de broqueamento variaram de aproximadamente 1,5% (Lavoura 10) a mais de 23% (Lavoura 4). Neste caso, diante dos dados com os NCs calculados,

nove das dez lavouras (Lavouras 1 a 9) apresentaram infestação superior ao NC mais alto, estabelecido para a aplicação tratorizada (NC = 2,0%). Apenas a lavoura 10 se manteve abaixo deste limiar. No entanto, ao considerando o NC mais baixo, determinado para a aplicação por drone (NC = 1,2%), todas as dez lavouras excederam o nível de controle, indicando a necessidade de intervenção em 100% das áreas, dependendo do método de aplicação escolhido.

Figura 3. Média da porcentagem de frutos broqueados por *Stenoma catenifer* em diferentes talhões de abacate Hass. Rio Paranaíba, MG- 2024-2025. (n= 6 pontos E 30 frutos por planta) Aplicação tratorizada (NC= 2,0), Aplicação tratorizada terceirizada (NC= 1,9), Aplicação por drone (NC= 1,2).



4. DISCUSSÃO

A análise dos custos de controle químico (Tabela 1) e sua correlação com os limiares de intervenção (Tabela 2) demonstram aspectos importantes para a gestão do Nível de Dano

Econômico (NDE) da broca-do-abacate, *S. catenifer*. A variação de 17,6% no custo total por hectare entre a aplicação tratorizada própria (R\$ 284,21) e a terceirizada (R\$ 334,21) é relevante, mas exerce impacto marginal na determinação do NDE e do Nível de Controle (NC), que se mantêm praticamente iguais em todos os valores de produção avaliados (por exemplo, NDE de 1,5% em alto valor). Esse resultado sugere que a diferença de R\$ 50,00/ha não é suficiente para alterar significativamente o ponto de equilíbrio do NDE (Pedigo *et al.*, 1986). Em culturas de alto valor agregado, a perda de produtividade evitada supera rapidamente essas diferenças de custo, tornando a modalidade de custeio um fator secundário na decisão de intervenção (Higley e Pedigo, 1996; Penca *et al.*, 2020).

Em contraste, a variação do NDE e NC em função do valor de produção demonstrou ser determinante. Conforme a teoria do NDE, o aumento do valor do produto final reduz ambos os limiares econômicos (por exemplo, NDE de 3,6% em baixo valor e 1,5% em alto valor para aplicação tratorizada) (Pedigo *et al.*, 1986; Stern *et al.*, 1959). Neste caso, reforçando que o NDE da broca-do-abacate deve ser considerado um limiar dinâmico, sujeito a atualizações periódicas diante às flutuações de mercado (Van Helden *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021).

A determinação do NDE e do NC relativamente baixos para a broca-do-abacate pode ser explicada pela bioecologia e do padrão de dano na cultura do abacate. A lagarta possui um comportamento de penetração no fruto que a torna rapidamente inacessível ao controle químico de contato (Hoddle e Hoddle, 2008). A lagarta de primeiro instar perfura o exocarpo e se aloja no mesocarpo e endocarpo, o que a protege da maioria dos tratamentos fitossanitários (Vacari *et al.*, 2021; Wolfenbarger e Colburn, 1979). Essa característica biológica implica que a janela de controle eficaz é extremamente curta, exigindo que a intervenção seja realizada no momento da oviposição ou eclosão, antes da penetração larval. Portanto, o baixo NDE (variando de 1,1% a 3,6% de frutos broqueados) reflete a necessidade de uma tolerância mínima ao dano para evitar perdas econômicas significativas. Essas condições reforçam a importância de um

monitoramento rigoroso e da aplicação de medidas de controle assim que o NC for atingido, prevenindo que a população atinja o estágio de dano irreversível.

A tecnologia de aplicação é um componente crítico que influencia tanto o custo de controle quanto a eficácia biológica (Picanço et al., 2024), impactando diretamente o NDE. Métodos mais eficientes permitem reduzir o gasto com inseticidas, que representam a maior parcela do custo de controle, cerca de 62,9% no presente estudo, e aumentar a eficiência do produto aplicado. Entre os métodos avaliados, a aplicação por drone exemplifica essa relação, apresentando custo intermediário (R\$ 304,21/ha) e resultando nos menores valores de NDE e NC em todas as condições de valor de produção (Tabela 2), com NC médio de 1,2% contra 2,0% e 1,9% dos métodos tratorizados. O NDE mais baixo registrado foi de 1,1% (drone em Alto Valor), permitindo intervenção em níveis de infestação menores. Esses resultados indicam que a superioridade do drone não deriva apenas do custo de aplicação, mas da eficiência operacional e biológica, que otimiza a deposição e penetração do inseticida no dossel, especialmente relevante em culturas perenes com arquitetura complexa como o abacateiro (Li et al., 2021; Wang et al., 2023; Rejeb et al., 2022).

A comparação dos NCs calculados com os níveis de infestação observados nas lavouras (Figura 3) reforça a relevância prática dos resultados. Os níveis de broqueamento variaram de 1,5% a mais de 23%. Considerando o NC mais alto (2,0% para aplicação tratorizada), nove das dez lavouras já demandavam intervenção, enquanto que, com o NC mais baixo (1,2% para aplicação por drone), todas as dez lavouras excederam o nível de controle. Esses achados demonstram que a tecnologia de aplicação pode alterar o limiar de decisão no campo, mas que a análise do NDE permanece central para otimizar o manejo, equilibrando custos, eficiência biológica e risco de perda de produtividade (Ba-Angood e Stewart, 1980; Keasar et al., 2023; Picanço et al., 2024; Penca et al., 2020; Xiao et al., 2019).

A determinação do NDE da broca-do-abacate representa um avanço significativo para o aprimoramento do MIP no abacateiro. Essa informação permite que produtores, especialmente aqueles com recursos financeiros limitados e mais vulneráveis a decisões equivocadas, intervenham de forma eficiente e economicamente sustentável. Dessa forma, o NDE torna o MIP para a broca-do-abacate mais acessível e adaptável às condições socioeconômicas locais, contribuindo para estratégias que minimizam perdas e otimizam o retorno sobre o investimento em proteção de cultivos (Bottrell e Schoenly, 2018; Groote *et al.*, 2022).

5. CONCLUSÕES

Os Níveis de Dano Econômico e de Controle para *S. catenifer* em abacate Hass variaram de 1,1% a 3,6% e 0,9% a 2,9% de frutos broqueados, respectivamente. A aplicação por drone resultou nos limiares mais baixos (NDE de 1,1% e NC de 0,9% em alto valor de produção), enquanto a aplicação tratorizada apresentou os mais altos (NDE de 3,6% e NC de 2,9% em baixo valor). A validação em campo registrou níveis de broqueamento entre 1,5% e 23% nas lavouras amostradas.

Este estudo estabelece bases para futuras investigações, incluindo o aprimoramento do sistema de monitoramento de *S. catenifer*, a validação dos limiares econômicos em escala nacional e a avaliação de estratégias integradas de manejo, incluindo a influência de manejos culturais como podas de aeração e iluminação na dinâmica populacional da praga.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brasil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANGON, Prodipto Bishnu *et al.* Integrated pest management (IPM) in agriculture and its role in maintaining ecological balance and biodiversity. **Advances in Agriculture**, v. 2023, n. 1, p. 5546373, 2023.
- ARANGO, Juan Pablo Betancourt *et al.* Volatilomic Analysis in Peel, Pulp and Seed of Hass Avocad (*Persea americana* Mill.) From the Northern Subregion of Caldas by Gas Chromatography With Mass Spectrometry. **Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 7, p. e70489, 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normas e exigências para execução de testes de produtos químicos para fins de registro no MAPA**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1995.
- BA-ANGOOD, S. A.; STEWART, R. K. Economic thresholds and economic injury levels of cereal aphids on barley in southwestern Quebec. **The Canadian Entomologist**, v. 112, n. 8, p. 759-764, 1980.
- BOTTRELL, D. G.; SCHOENLY, K. G. Integrated pest management for resource-limited farmers: challenges for achieving ecological, social and economic sustainability. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 3, p. 408-426, 2018.
- CALERO, Juan Camilo Zapata; MUÑOZ, Arturo Carabali; LONDOÑO, David Arango. Distribución espacial del daño de *Heilipus lauri* (Coleoptera: Curculionidae) y *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) en aguacate *Persea americana* cv. Hass. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 51, n. 1, 2025.
- CÁRCAMO, Héctor *et al.* Revising economic injury levels for *Lygus* spp. in canola: The value of historical yield and insect data to improve decision making. **Crop Protection**, v. 176, p. 106467, 2024.
- CRUZ-LÓPEZ, Leopoldo; VÁZQUEZ, Miguel Ángel; CASTILLO, Ana. Effectiveness of the sex heromone for monitoring *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado orchards. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 3, p. 332-336, 2020.
- DESNEUX, Nicolas *et al.* Integrated pest management of *Tuta absoluta*: practical implementations across different world regions. **Journal of Pest Science**, v. 95, n. 1, p. 17-39, 2022.
- DREHER, Mark L.; DAVENPORT, Adrienne J. Hass avocado composition and potential health effects. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738-750, 2013.
- GRISALES-MEJÍA, Juan F. *et al.* Hass Avocado (*Persea americana* Mill.) residues as a new Potential source of neuroprotective compounds using pressurized liquid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 204, p. 106117, 2024.

GROOTE, Hugo. Economic analysis of pest problems in agriculture and food chains in Africa. **Current Opinion in Insect Science**, v. 54, p. 100969, 2022.

HIGLEY, Leon G.; PEDIGO, Larry P. (Ed.). **Economic thresholds for integrated pest management**. U of Nebraska Press, 1996.

HIGLEY, Leon G.; PEDIGO, Larry P. **Economic thresholds for integrated pest management**. Lincoln: University of Nebraska Pres, 1997.

HODDLE, Mark S.; HODDLE, Christina D. Bioecology of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from Hass avocados in Guatemala. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 3, p. 692-698, 2008.

HOHMANN, Celso Luiz et al. A broca-do-abacate, *Stenoma catenifer* (wals.)(Lepidoptera: elachistidae): distribuição de ovos e de danos e parasitismo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 432-435, 2003.

HOIDAL, Natalie; KOCH, Robert L. Perception and use of economic thresholds among farmers and agricultural professionals: a case study on soybean aphid in Minnesota. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 12, n. 1, p. 9, 2021.

KEASAR, Tamar et al. Dynamic economic thresholds for insecticide applications against agricultural pests: importance of pest and natural enemy migration. **Journal of economic entomology**, v. 116, n. 2, p. 321-330, 2023.

LEYBOURNE, Daniel J. et al. Thresholds and prediction models to support the sustainable management of herbivorous insects in wheat. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 44, n. 3, p. 29, 2024.

LI, Xuan et al. Evaluation of an unmanned aerial vehicle as a new method of pesticide application for almond crop protection. **Pest Management Science**, v. 77, n. 1, p. 527-537, 2021.

MÉNDEZ HERNÁNDEZ, Clemente et al. The quality evaluation of avocado fruits (*Persea americana* mill.) of Hass produced in different localities on the island of Tenerife, Spain. **Foods**, v. 13, n. 7, p. 1058, 2024.

MERCADO LIVRE. **Site**. 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/>. Acesso em: 07 Nov. 2025.

NAVA, Dori E. et al. Vertical distribution, damage and cultural control of *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado grove. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 516-522, 2006.

PEDIGO, L. P., HUTCHINS, S. H., & HIGLEY, L. G. (1986). Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, 31(1), 341-368.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. Management with natural enemies and other biological agents. **LP Pedigo and ME Rice, Entomology and pest management**. Pearson Prentice

Hall, Upper Saddle River, NJUSA, p. 309-338, 2006.

PICANÇO FILHO, Marcelo Coutinho et al. Economic injury levels and economic thresholds for *Leucoptera coffeella* as a function of insecticide application technology in organic and conventional coffee (*Coffea arabica*), farms. **Plants**, v. 13, n. 5, p. 585, 2024.

PENCA, Cory et al. Trap-based economic injury levels and thresholds for *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) in florida peach orchards. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1347-1355, 2020.

PROCAFÉ . **Custo de produção de café para a região sul e oeste de minas gerais na safra colhida em 2008**. Fundação Procaf, 2008.

REJEB, Abderahman et al. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. **Computers and electronics in agriculture**, v. 198, p. 107017, 2022.

SILVA, Paulo R. et al. Economic injury levels and economic thresholds for *Diceraeus* (*Dichelops*) *melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) in vegetative maize. **Crop Protection**, v. 143, p. 105476, 2021.

STENBERG, Johan A. A conceptual framework for integrated pest management. **Trends in plant science**, v. 22, n. 9, p. 759-769, 2017.

STERN, Vernon M. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

VACARI, Alessandra M. et al. Within-canopy distribution of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) infestation in avocado orchards. **Journal of Insect Science**, v. 21, n. 5, p. 5, 2021.

VAN HELDEN, Maarten et al. Economic injury levels and dynamic action thresholds for *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) in Australian cereal crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 2, p. 592- 601, 2022.

VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, Guadalupe et al. Population dynamics of *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Depressariidae) on Hass avocado orchards in México. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 25, n. 1, p. 101866, 2022.

WANG, Juan et al. Evaluation of aerial spraying application of multi-rotor unmanned aerial vehicle for *Areca catechu* protection. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1093912, 2023.

WHILEY, Antony William; SCHAFFER, Bruce; WOLSTENHOLME, B. Nigel. **The avocado: botany, production and uses**. 2002.

WOLFENBARGER, D. O.; COLBURN, Burt. The *Stenoma catenifer*, a serious avocado pest. In: **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 1979. p. 275.

XIAO, Jinjing et al. Application method affects pesticide efficiency and effectiveness in wheat fields. **Pest Management Science**, v. 76, n. 4, p. 1256-1264, 2020.

ZHOU, Wentao et al. Integrated pest management: an update on the sustainability approach to crop protection. **ACS omega**, v. 9, n. 40, p. 41130-41147, 2024.