



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANDERSON DELFINO MAURICIO NUNES

**VALIDAÇÃO DE TECNOLOGIA DE LIBERAÇÃO TERRESTRE E AÉREA VIA
DRONE DE INIMIGOS NATURAIS EM MILHO**

AREIA
2025

ANDERSON DELFINO MAURICIO NUNES

**VALIDAÇÃO DE TECNOLOGIA DE LIBERAÇÃO TERRESTRE E AÉREA VIA
DRONE DE INIMIGOS NATURAIS EM MILHO**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de **Ciências
Biológicas**, do Centro de Ciências Agrárias,
da Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção do
título de **Licenciatura em Ciências
Biológicas**.

Orientador: Prof. Dr. José Bruno Malaquias.

Coorientadora: Ma. Isabel Lopes de Medeiros

**AREIA
2025**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N972v Nunes, Anderson Delfino Mauricio.

Validação de tecnologia de liberação terrestre e aérea via drone de inimigos naturais em milho / Anderson Delfino Mauricio Nunes. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

40 f. : il.

Orientação: José Bruno Malaquias.

Coorientação: Isabel Lopes de Medeiros.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Tecnologia biodegradável. 3. Inimigos naturais. 4. Sustentabilidade agrícola. 5. Spodoptera frugiperda. 6. Euborellia annulipes. I. Malaquias, José Bruno. II. Medeiros, Isabel Lopes de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573 (02)

ANDERSON DELFINO MAURICIO NUNES

VALIDAÇÃO DE TECNOLOGIA DE LIBERAÇÃO TERRESTRE E AÉREA VIA
DRONES DE INIMIGOS NATURAIS EM MILHO

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de **Ciências
Biológicas**, do Centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências
para obtenção do título de **Licenciatura
em Ciências Biológicas**.

Aprovado em: 28/07/2025

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 JOSE BRUNO MALAQUIAS
Data: 28/07/2025 20:08:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Bruno Malaquias (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 ISABEL LOPES DE MEDEIROS
Data: 28/07/2025 19:56:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Isabel Lopes de Medeiros (Coorientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 MAGALI HAIDEE PEREIRA MARTINEZ
Data: 28/07/2025 17:10:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Magali Haidée Pereira Martínez
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Doutor. Milton Fernando Cabezas Guerreiro
Universidade Técnica Estatal de Quevedo

**À minha mãe e ao meu irmão, por todo amor, força e apoio ilimitado.
À minha madrinha Rosalva (*in memoriam*), eterna em meu coração.**

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus e à Nossa Senhora, por me guiarem, me protegerem, me sustentarem nos momentos mais difíceis dessa caminhada e, por terem cuidado de mim nos mínimos detalhes, permitindo que eu chegasse até aqui!

Agradeço profundamente à minha mãe, Silene Belo Delfino, minha maior fonte de força e o maior exemplo que carrego comigo. A mulher mais gentil e guerreira que conheço, dona do sorriso mais acolhedor que existe, que mesmo quando o mundo parecia desabar ao seu redor ela sempre se manteve firme como uma fortaleza, em prol do bem dos seus dois filhos. Seu amor e dedicação incondicional foram meu alicerce. Obrigado por estar sempre ao meu lado, me apoiando de maneira incondicional em minhas decisões, até mesmo quando eu não acreditava em mim mesmo. Sua fé em mim, seu exemplo de coragem, dedicação e esforço foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Nada disso teria sido possível sem a senhora, esta conquista também é sua, mainha!

Ao meu irmão, que sempre me motivou a dar o melhor de mim, buscando ser um exemplo digno de sua admiração, meu sincero obrigado.

Aos meus demais familiares que sempre acreditaram em mim, em especial a minhas tias Martha Mauricio e Goretti Araujo, e ao meu tio Tarcísio Patrício, deixo meu muito obrigado.

À memória da minha madrinha Rosalva Andrade, uma das primeiras pessoas a enxergar potencial em mim. Desde criança, me acolheu como um filho, sonhou em me ver me formando no ensino médio, como em me ver ingressar e me formar em uma universidade. Madrinha Rosalva foi um verdadeiro exemplo de vida, humanidade e inspiração. Este trabalho também é por ela.

Às escolas públicas onde cursei o ensino fundamental e médio, que foram os primeiros espaços de minha formação educacional. Agradeço profundamente a todos os professores que acreditaram em mim, em especial à Profª Normanda Maria, com quem tive a honra de reencontrar e atuar como estagiário na Escola Estadual João Coutinho. Uma frase que a senhora sempre falava para mim era que eu era “inteligente e capaz”, palavras que carrego comigo até os dias atuais para enfrentar os desafios diários da vida.

Aos amigos de infância, que permanecem firmes ao meu lado até hoje: Ryan Mateus, Ruama Ribeiro e Raquel Ribeiro, minha gratidão pela parceria de tantos anos.

Aos amigos e colegas que a vida me presenteou ao longo da caminhada: Felipe Leite, Adrian Martins, Anderson Vasconcelos, Cristian Barreto, Alison Lima, Edson Tadeu, Alyson Felipe, Marco Santos, Suesly Ferreira e Felipe Daniel, obrigado pela parceria.

Agradeço à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), que foi minha segunda casa durante os cinco últimos anos. Agradeço por todo o suporte e pela estrutura que possibilitaram minha formação acadêmica.

Aos amigos e colegas que fiz durante minha trajetória acadêmica, que dividiram comigo aprendizados, convívio cotidiano e lembranças marcantes: Wellington Mateus, Bianca Marina, Mariana Melo, Elias Pereira, Pollyanna Silva, Ellen Lustosa, Guilherme, Anthony, Anne, Evilásio, Ana Beatriz, Josielma Leal, Pablo Marcelino, Nayana Gabriely, Karolayne, Carlos Germano, Edryllaine, Rayane, Anália, Iris, Samara, Márcio Almeida e Natanael, muito obrigado a todos!

Ao professor Carlos Henrique, pela oportunidade de atuar no Laboratório de Invertebrados, onde pude desenvolver pesquisas na área que escolhi seguir profissionalmente: a Entomologia. Aos amigos e colegas que fiz no laboratório, especialmente Lucas Marques, Renan Rodrigues e Lylian Ribeiro, Tháís Helena, que me ajudaram e me apoiaram em diversos momentos de minha trajetória, dentro e fora do laboratório, sou grato a vocês.

Aos professores com quem tive grande satisfação de trabalhar em projetos de ensino e pesquisa durante a graduação, Prof. Mailson e Prof^a. Luciana Gomes, obrigado por todos os ensinamentos e toda a contribuição em minha formação.

Ao Laboratório de Entomologia, espaço essencial para o desenvolvimento deste trabalho e para meu crescimento pessoal e acadêmico. Agradeço a todos os membros do laboratório, ao Prof. Jacinto pelos ensinamentos e conselhos, a seu Nino, por sempre estar disposto a ajudar e por preparar o melhor café do laboratório e a todos os amigos e colegas membros do LEN, meu sincero agradecimento pela convivência enriquecedora, pelas trocas de experiências, pelos momentos de descontração, por toda a ajuda nas atividades de rotina e campo, especialmente nas manutenções das criações de *Spodoptera*, *Euborellia* e *Bracon*. Em especial, agradeço a

Erica Karine, Isabel Medeiros e Roberto Ítalo, que estiveram comigo em momentos muito importantes, acompanhando e me auxiliando durante toda a realização desta pesquisa.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. José Bruno Malaquias, que foi para mim mais que um professor, o senhor foi como um pai acadêmico ao longo desta jornada, se tornando-se um verdadeiro e valioso amigo. Muito obrigado por toda paciência, apoio e confiança em mim, aspectos que foram fundamentais não apenas para a construção deste trabalho, mas também para minha formação pessoal e profissional. Carrego comigo, com muito orgulho, cada ensinamento e conselho que recebi do senhor. Obrigado por acreditar em mim desde o início, por enxergar potencial em mim quando nem eu conseguia ver, por me proporcionar experiências acadêmicas únicas e por nunca deixar de repetir que eu sou capaz de enfrentar todos os desafios da vida. Sua dedicação continuará sendo uma referência, o senhor é uma de minhas maiores inspirações de profissional e ser humano, sendo assim, um exemplo para mim.

E a todos que, de maneira direta ou indireta, confiaram em mim e colaboraram para a realização deste sonho, deixo registrado meu profundo agradecimento.

RESUMO

Dermápteros, como *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae), apresentam hábito alimentar diversificado, controlando populações de insetos-praga nas lavouras. Com os avanços tecnológicos, a liberação em campo desses inimigos naturais tem sido cada vez mais preconizada. Nesta linha este trabalho teve como objetivo a validação do uso de uma cápsula biodegradável, com liberação manual e aérea via drone Agras T40 de indivíduos de *E. annulipes*, utilizando como alvo linhagens de *S. frugiperda* em milho. O experimento foi conduzido em condições de semicampo na Área Experimental da Chã do Jardim, do CCA da UFPB, Areia-PB. O bioensaio foi dividido em 4 repetições distribuídas em gaiolas de voil contendo 10 vasos por gaiola com plântulas de milho híbrido AG1051 com uma larva de 3º instar de *S. frugiperda* cada, das populações Suscetível e Resistente à Vip3 e uma tesourinha encapsulada por vaso. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento blocos ao acaso. O experimento teve duração total de 24 horas contínuas. Os parâmetros avaliados foram: tempo para abertura da cápsula, localização da tesourinha no vaso, tempo decorrido após a abertura da cápsula (em minutos), ocorrência de predação de *S. frugiperda*, mortalidade da tesourinha, comportamento da *S. frugiperda* e *E. annulipes*. A validação da liberação aérea em campo foi feita com o drone pulverizador da DJI modelo Agras T40 com dispenser de sólidos. Os dados obtidos no teste em semicampo foram analisados com modelos lineares generalizados com distribuição do tipo Gama, para os dados relativos ao tempo de abertura das cápsulas, e binomial para a taxa de predação foram gerados contrastes dentro dos modelos para o fator População. Para comparar o local de ocorrência e comportamento das tesourinhas após liberação no solo foi utilizado um teste multinomial de Monte Carlo. Intervalos de Confiança (IC) foram estimados pela função MultinomCI, utilizando o método Sisonglaz. Para o teste em campo com drone, a taxa de sucesso foi mensurada pelo percentual de cápsulas liberadas do dispersor de sólidos, contrastada com a taxa de não sucesso por meio de um modelo linear generalizado com distribuição do tipo binomial usando o Teste de Razão de Chances. O tempo médio de abertura das cápsulas liberadas manualmente foi de 269,25 e 220,50. A taxa de predação foi superior na população resistente (40%) em relação à população suscetível (25%). Após a liberação o predador, os espécimes foram encontrados em três locais: no solo (47,77 e 43,95%), nas cápsulas (40 e 50%) e nas plantas (08,79 e 15,55%). O principal comportamento foi o Exploratório, Sensorial e Busca (ESB) (46,15 e 44,21%), Os demais comportamentos não diferem significativamente. A taxa de sucesso de liberação aérea com drone foi de 95,04%. A validação do uso de cápsulas confeccionadas com material biodegradável, com liberação manual e via drone pulverizador com dispersor de sólidos de *E. annulipes* em campo e semi-campo, demonstrou alta eficiência na abertura das cápsulas e no desempenho predatório contra linhagens suscetíveis e resistentes de *S. frugiperda* em milho, representando um avanço para o MIP como inovação tecnológica.

Palavras-Chave: tecnologia biodegradável; inimigos naturais; sustentabilidade agrícola; *Spodoptera frugiperda*; *Euborellia annulipes*.

ABSTRACT

Dermaptera, such as *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae), exhibit diverse feeding habits, which enable them to control insect pest populations in crops. With technological advances, the field release of these natural enemies has become increasingly recommended. In this context, this study aimed to validate the use of a biodegradable capsule, with manual and aerial release via an Agras T40 drone of *E. annulipes* individuals, targeting *S. frugiperda* strains in corn. The experiment was conducted under semi-field conditions at the Chã do Jardim Experimental Area of the Federal University of Paraíba's (UFPB) Center for Agricultural Research (CCA), Areia, Paraíba. The bioassay was divided into four replicates, distributed in voile cages containing 10 pots per cage, each with AG1051 hybrid corn seedlings and one third-instar larva of *S. frugiperda* from the Vip3-susceptible and -resistant populations, as well as one encapsulated earwig per cage. The treatments were distributed in a randomized complete block design. The experiment lasted 24 continuous hours. The parameters evaluated were time to capsule opening, earwig location in the pot, time elapsed after capsule opening (in minutes), occurrence of *S. frugiperda* predation, earwig mortality, and behavior of *S. frugiperda* and *E. annulipes*. Field validation of aerial release was performed using a DJI Agras T40 spraying drone with a solids dispenser. Data obtained from the semi-field test were analyzed using generalized linear models with a Gamma distribution for capsule opening time and binomial models for predation rate, generating contrasts within the models for the population factor. A multinomial Monte Carlo test was used to compare the location of earwig occurrence and behavior after release onto the ground. Confidence Intervals (CI) were estimated using the MultinomCI function, using the Sisonglaz method. For the field test with a drone, the success rate was measured by the percentage of capsules released from the solids dispenser, compared with the failure rate, using a generalized linear model with a binomial distribution and the odds ratio test. The mean opening time for manually released capsules was 269.25 and 220.50 minutes. The predation rate was higher in the resistant population (40%) compared to the susceptible population (25%). After the predator was released, specimens were found in three locations: in the soil (47.77% and 43.95%), in capsules (40% and 50%), and on plants (8.79% and 15.55%). The main behavior was Exploratory, Sensory, and Search (ESS) (46.15 and 44.21%). The other behaviors did not differ significantly. The success rate of aerial release with a drone was 95.04%. Validation of the use of capsules made of biodegradable material, with manual release and via a drone sprayer with a solids dispenser of *E. annulipes* in field and semi-field conditions, demonstrated high efficiency in opening the capsules and in predatory performance against susceptible and resistant strains of *S. frugiperda* in corn, representing an advance for IPM as a technological innovation.

Keywords: biodegradable technology; natural enemies; agricultural sustainability; *Spodoptera frugiperda*; *Euborellia annulipes*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO	12
2.1.1 Aspectos gerais e bioecológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
2.1.2 Bioinsumos no manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
2.2 ASPECTOS GERAIS E POTENCIAL DE PREDACÃO de <i>Euborellia annulipes</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
2.2.1 Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) como ferramenta de liberação de cápsulas com inimigos naturais	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	18
3.2 CRIAÇÃO DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
3.2.1 Criação de <i>Euborellia annulipes</i>	19
3.3 BIOENSAIO EM CONDIÇÕES DE SEMI-CAMPO	19
3.3.1 Bioensaio em condições de campo	22
3.3.2 Análise de dados	22
4 RESULTADOS	23
4.1 FASE DE SEMI-CAMPO	23
4.1.1 Fase de campo	25
5 DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância na atualidade, sendo cultivado em grande parte do mundo, com destaque para os Estados Unidos e a China, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial (FAO, 2023; CONAB, 2024), se destacando por ser detentor de diferentes paisagens e climas, oferecendo condições de cultivo a inúmeras culturas agrícolas (Artuzo *et al.*, 2019). Por ser um grão de alta qualidade nutritiva, o milho possui uma posição estratégica no cenário mundial, devido seus produtos e subprodutos estarem diretamente associados à alimentação humana e animal. Consequentemente, apresentando uma grande importância na fonte de matéria-prima para a produção de embalagens biodegradáveis, biocombustíveis e uma ampla gama de produtos industriais (Embrapa Milho e Sorgo, 2021; He *et al.*, 2024). Apesar disso, a cultura desse grão sofre intensos problemas que comprometem sua produtividade, dentre os quais se destaca a ocorrência de determinados insetos-praga, em especial *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), popularmente conhecida como lagarta-do-cartucho, que ocasiona prejuízos globais superiores a 400 milhões de dólares por ano (Jing *et al.*, 2020; Maino, 2021).

A utilização de inseticidas sintéticos ainda é uma das principais estratégias para controle de *S. frugiperda* (Hussain *et al.*, 2021). No entanto, de acordo com Rao *et al.* (2022), essa prática tem gerado preocupações devido à crescente frequência de populações resistentes, provocando efeitos adversos à saúde humana e impactos ambientais severos, quando comparado ao biocontrole (Bao *et al.*, 2021). Desta forma, o controle biológico representa um dos pilares do Manejo Integrado de Pragas (MIP), destacando-se como uma alternativa sustentável e eficaz para proteção dos agroecossistemas, possuindo um conjunto de medidas ecológicas por meio do emprego de inimigos naturais, como os insetos predadores, microrganismos entomopatogênicos (fungos, bactérias e vírus), parasitoides e nematoides no combate a lagarta-do-cartucho (Varshney *et al.*, 2021).

Aliado ao pensamento de Alves *et al.*, 2024, entre os agentes empregados no controle biológico com elevada potencialidade para integração em programas de manejo de *S. frugiperda*, os insetos da ordem Dermaptera têm despertado crescente interesse na comunidade científica, em virtude de sua eficiência predatória e adaptabilidade a distintos agroecossistemas. *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae), conhecida comumente como tesourinha, é uma espécie que possui comportamento

generalista, alta voracidade e capacidade predatória em todas as fases do seu ciclo de vida, principalmente na fase adulta (Nunes *et al.*, 2022; Alves *et al.*, 2024). Estudos revelam que essa espécie demonstra potencial predatório satisfatório e eficácia comprovada para diversos insetos-praga em diferentes culturas, por exemplo: sobre os ovos e lagartas de *S. frugiperda* (Silva *et al.*, 2009; Silva; Batista, 2018); broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* – Fabricius, 1794) (Lopes *et al.*, 2022); larvas de (*Plutella xylostella* - Carl Linnaeus, 1758); lagarta-do-algodão (*Helicoverpa armigera* - Hübner, 1805) (Ribeiro *et al.*, 2017), mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata* - Wiedemann, 1824) (Coelho *et al.*, 2022), entre outros.

Com os avanços tecnológicos, a liberação em campo desses inimigos naturais tem sido cada vez mais explorada, aprimorando métodos como o uso de cápsulas biodegradáveis (Felizatti *et al.*, 2021). Essas cápsulas são estruturas constituídas por materiais biodegradáveis que encapsulam substâncias ou organismos vivos, com o intuito de promover proteção mecânica, microclima favorável, garantindo sua liberação gradual e direcionada no local desejado (Vejan *et al.*, 2019, Zhangg *et al.*, 2025). Ademais, foi registrado por Lacerda *et al.*, (2020), que a liberação manual de cápsulas biodegradáveis contendo ovos e ninfas de *E. annulipes* é uma técnica altamente promissora, com taxa de eclosão de ovos e evasão das ninfas no ambiente acima de 70,0%, fortalecendo a eficácia de métodos localizados e espaçados no manejo biológico.

Em consonância com estudos de Ahmad *et al.* (2020), a integração de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), ou veículos aéreos não tripulados (VANTs), como os drones, vêm promovendo avanços no sensoriamento remoto de precisão, mapeamento de zonas de alta incidência e aplicações na agricultura moderna. Dessa maneira, os drones possibilitam a liberação precisa e uniforme de inimigos naturais em áreas extensas ou de difícil acesso, potencializando a eficácia do MIP e reduzindo a dependência de defensivos sintéticos, consolidando-se como tecnologias promissoras e sustentáveis na Agricultura 5.0 (Santos *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2020). Apesar dos avanços no controle biológico, a comprovação de estratégias para a liberação precisa e eficiente em larga escala de inimigos é uma lacuna que demanda pesquisas práticas. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo a validação do uso de uma tecnologia biodegradável, por meio da liberação manual e aérea via drone Agras T40 de indivíduos de *E. annulipes* devidamente encapsulados, utilizando como presas duas linhagens de *S. frugiperda* em milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie originária da América Latina, mais precisamente do México, membro da família das Gramineae *Poaceae* (Artuzo *et al.*, 2019). É o cereal mais cultivado em todo o mundo, possuindo alta capacidade de adaptação às inúmeras condições ambientais, alto valor nutricional e versatilidade em diversas aplicações econômicas, ocupando posição de destaque na agricultura mundial, superando significativamente o trigo e o arroz (Yang *et al.*, 2022).

Sua produção desempenha um papel essencial para a economia mundial, estando presente em uma extensa cadeia produtiva que gera inúmeros empregos diretos e indiretos, desde o trabalho no campo até em sua aplicabilidade em distintos segmentos do setor industrial, tais como os das indústrias alimentícia, de bebidas, de polímeros e de combustíveis (Miranda, 2018), gerando lucro e sendo amplamente negociado em mercados financeiros, com preços que são definidos por uma variedade de fatores econômicos, políticos e até climáticos (Machado, 2024; Rossini, 2020; USDA, 2021). Entre os fatores econômicos, destacam-se a oferta e demanda global, políticas agrícolas e custos de produção. Eventos políticos, como tensões geopolíticas e mudanças em políticas de subsídios ou tarifas, também influenciam fortemente as cotações deste grão. Já os fatores climáticos, como secas, ondas de calor e eventos extremos durante o período de desenvolvimento, afetam a produtividade e, conseqüentemente, a volatilidade dos preços do milho (Diftenbaugh *et al.*, 2012; Khadka *et al.*, 2024).

No contexto nacional, o milho representa uma das principais atividades produtivas agroindustriais. Esse grão é o segundo mais cultivado no Brasil, sendo o terceiro maior produtor e segundo maior exportador de milho do planeta (CONAB, 2024), principalmente devido à vasta extensão territorial, diversidade de variedades cultivadas e as características edafoclimáticas locais que impulsionam essa produção (Silva *et al.*, 2024). No Semiárido do Brasil, essa commodity possui grande destaque socioeconômico, constituindo-se como um componente essencial da dieta básica da população, recurso forrageiro para a alimentação dos animais, tornando-se a principal atividade econômica de muitos agricultores das zonas rurais e familiares de pequeno e médio porte de regiões do Nordeste brasileiro, como o estado da Paraíba (Magalhães *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2018), ressaltando sua imensa relevância socioeconômica (Araújo *et al.*, 2025).

2.1.1 Aspectos gerais e bioecológicos de *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma das principais pragas agrícolas mundiais ocasionando inúmeros danos econômicos. Originária de regiões tropicais e subtropicais das Américas, está atualmente distribuída também na África, Europa, Ásia e Austrália (Georgen *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2021; Wan *et al.*, 2021; Kenis *et al.*, 2022). Trata-se de uma espécie polífaga, de comportamento migratório e versátil, com ampla distribuição geográfica, notável plasticidade ecológica, com elevado potencial reprodutivo e adaptativo (Hafeez *et al.*, 2022), com registros de 353 plantas hospedeiras pertencentes a 76 famílias, principalmente as Poaceae, Asteraceae e Fabaceae, incluindo principalmente às culturas do milho, milheto, arroz, sorgo, trigo, soja, algodão, alfafa dentre outras (Montezano *et al.* 2018).

A espécie no Brasil, se estabeleceu com sucesso em praticamente todas as regiões agrícolas nacionais, favorecida pela disponibilidade contínua de alimento e por características endofoclimáticas adequadas ao seu desenvolvimento (Bonissoni, 2022; IRAC-BR, 2024), se tornando um dos mais importantes insetos-praga do milho. De acordo com Silva (2025), os danos e injúrias ocasionados por *S. frugiperda* na cultura do milho podem ocorrer em todas suas fases de desenvolvimento, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva da planta. Nos estágios iniciais, as lagartas raspam as folhas do milho, reduzindo a área foliar disponível para fotossíntese e prejudicando o desenvolvimento da planta, à medida que crescem, as lagartas passam a atacar o cartucho, a espiga e a inserção da espiga, afetando diretamente o enchimento dos grãos e a produtividade final da lavoura (Supartha *et al.*, 2021).

Por ser uma espécie holometabólica ela possui metamorfose completa, passando por quatro estágios distintos (fase de ovo, larva, pupa e adulto), com seu ciclo completo variando entre 30 e 45 dias, mas pode chegar até mais de 50 dias dependendo da região (Kranthi *et al.*, 2021; Jing *et al.*, 2021). As fêmeas geralmente ovipositam na parte superior das folhas, depositando massas de ovos agrupadas, cujo período de incubação é de 3 a 5 dias e, normalmente os ovos depositados são de tonalidade cinza e escurecem próximo à eclosão das larvas (Harrison *et al.*, 2019). As larvas, após eclosão, se alimentam por aproximadamente 15 dias, geralmente a cada 3 dias ocorre a ecdise, contemplando seis instares larvais até a formação da pupa, durante oito a dez dias, a pupa é do tipo obtecta com formato fusiforme, após a emergência da mariposa, os adultos vivem, em média 15 dias (Lekha *et al.*, 2020; Kenis *et al.*, 2022). A grande pressão com o constante uso de inseticidas

sintéticos no combate a lagarta-do-cartucho tem originado resistência a espécie as principais moléculas químicas, o que tem consolidado a utilização de bioinsumos como uma estratégia eficiente e ambientalmente segura no manejo de *S. frugiperda*.

2.1.2 Bioinsumos no manejo de *Spodoptera frugiperda*

Tradicionalmente, a aplicação de inseticidas compostos de moléculas sintéticas ainda é um método predominantemente utilizado no manejo de *S. frugiperda*, devido à sua eficácia rápida a curto prazo e familiaridade dos agricultores com esses produtos (Van den Berg & du Plessis, 2022). Entretanto, o uso contínuo desses produtos impulsiona a crescente pressão de resistência na praga, gerando distúrbios adversos no agroecossistema e em organismos não-alvos, como em inimigos naturais importantes para o equilíbrio ecológico, favorecendo a contaminação ambiental e prejuízos severos à saúde humana. Além disso, a exposição prolongada a esses produtos pode alterar a microbiota intestinal da praga, favorecendo adaptações metabólicas e dificultando o controle futuro (Lu *et al.*, 2024), o que reforça a necessidade de integração de alternativas sustentáveis no manejo integrado desse inseto-praga (Paredes *et al.*, 2021; Van den Berg & du Plessis, 2022).

Diante desse cenário, o controle biológico e o uso de bioinsumos surgem como estratégias sustentáveis, eficazes e ambientalmente seguras para o manejo de *S. frugiperda*, com a utilização de macro e microrganismos (Varshney *et al.*, 2021). Novas tecnologias e agentes entomopatogênicos como bactérias Bt (*Bacillus thuringiensis*) (Valicente, 2019), formulações nanoemulsionadas de metabólitos bacterianos (Krithika, 2024), fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*) (Abbas *et al.*, 2022), vírus (Baculovírus SfMNPV) (Wilson *et al.*, 2020), nematoides (*Heterorhabditis indica*) (Paredes, 2021) e insumos baseados em RNA (miR-34-5p) (Wang, Yuan, Tian e Fu, 2025), vêm sendo amplamente explorados como alternativas inovadoras. Outrossim, predadores, como as tesourinhas (*Euborellia annulipes* e *Doru luteipes*), parasitoides (*Cotesia icipe*), têm revelado resultados satisfatórios e promissores no controle da lagarta-do-cartucho (Da Silva, Batista & Brito, 2009; Mohamed, 2021).

2.2 ASPECTOS GERAIS E POTENCIAL DE PEDRAÇÃO DE *Euborellia annulipes* SOBRE *Spodoptera frugiperda*;

A ordem Dermaptera faz parte da classe Insecta abarcando os insetos conhecidos popularmente como tesourinhas. Estes insetos estão distribuídos por todo o mundo, com exceção da Antártida, apresentando em regiões intertropicais uma maior diversidade de

espécies (Haas, 2019) A exemplo, destaca-se a tesourinha *E. annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae), que tem ganho destaque em inúmeras pesquisas científicas, sendo amplamente reconhecido como um potencial agente biológico para uso em agroecossistemas e programas de controle de pragas (Silva *et al.*, 2018). Esses insetos são hemimetábolos, cosmopolita, de corpo alongado, que podem medir de 3 a 85 milímetros de comprimento, terrestres de hábitos noturnos, que durante o dia, normalmente se encontram escondidos sob locais escuros e úmidos, seja em restos vegetais ou na bainha de folhas (Silva *et al.*, 2009). Utilizam voláteis de frutos, como goiabas (*Psidium guajava*), para localizar abrigo e presas, demonstrando comportamento adaptativo para maximizar o acesso a recursos alimentares e proteção (Coelho *et al.*, 2024).

Essa espécie possui uma coloração uniforme, variando em tons de preto, marrom e amarelo, sendo facilmente reconhecidas pelas pinças (cercos ou fórceps) bem desenvolvidas no final do abdome, característica relacionada à sua eficiência predatória, defesa e auxiliam durante a cópula (Salustino *et al.*, 2021; Nuñez *et al.*, 2022). Apresentam dimorfismo sexual, as pinças são mais curvas e robustas nos machos, enquanto nas fêmeas são mais retas. Seu ciclo de vida inclui estágios de ovo, ninfa (com cinco ínstaes) e adulto. O período de incubação dos ovos varia de 6 a 17 dias, com a eclosão ocorrendo em 2 a 4 dias, para os estágios ninfais a duração média é de 10 a 18 dias por estágio e, para os adultos, varia de 118 a 198 dias, com as fêmeas geralmente possuindo longevidade superior que os machos (Bharadwaj, 1966; Nunes *et al.*, 2022). As fêmeas possuem ovários do tipo meroístico politrófico, podendo colocar entre quatro e nove posturas ao longo de sua vida, cada postura variando cerca de 40 a 73 ovos, dependendo das condições ambientais presentes (Koppenhöfer, 1995). Assim, elas depositam suas posturas em abrigos protegidos, como frutos caídos, além de demonstrar cuidados parentais, protegendo e realizando assepsia nos ovos até a eclosão, o que contribui para o sucesso reprodutivo e seu estabelecimento em diferentes ambientes (Nuñez *et al.*, 2022).

Logo, por esses indivíduos apresentarem hábito alimentar generalizado, eles se alimentam desde ovos e fases imaturas de insetos da ordem Lepidoptera, como de espécimes de *S. frugiperda* em milho (Silva e Batista, 2018). Autores como Silva *et al.* (2009), em seus estudos em condições de laboratório, observaram que adultos de *E. annulipes* consomem altas quantidades de ovos (até 1.481 em dez dias) e também predam larvas de primeiro e segundo ínstar, com consumo diário crescente conforme o desenvolvimento do predador, atingindo médias diárias de até 374,9 ovos e 26,6 larvas nos estágios mais avançados do predador. Em acréscimo, as fêmeas de tesourinha revelaram maior voracidade e capacidade

predatória do que machos, sendo capazes de eliminar até 96-100% das larvas de *S. frugiperda*. Evidenciando-se, portanto, como potencial agente de controle biológico, podendo reduzir as taxas de compostos sintéticos utilizados no combate a lagarta-do-cartucho, especialmente quando há abundância dessas presas (Kocarek, Dvorak e Kirstova, 2015).

2.2.1 Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) como ferramenta de liberação de cápsulas com inimigos naturais

O setor agrícola enfrenta desafios recorrentes para elevar a produtividade e garantir a sustentabilidade diante do crescimento populacional e da necessidade de reduzir impactos ambientais. O uso de tecnologias para suprir as demandas do campo têm ganhado cada vez mais espaço, tornando-se essenciais nesse contexto, exemplo disso são as aeronaves remotamente pilotadas (RPAs), como drones, que oferecem vantagens como o monitoramento preciso de lavouras, identificação rápida de infestações de insetos-praga e patógenos, e aplicação localizada de bioinsumos ou inimigos naturais, otimizando recursos e reduzindo o uso excessivo de defensivos químicos (Ahmad *et al.*, 2020; Hafeez *et al.*, 2022).

A adoção de drones para a liberação de cápsulas biodegradáveis contendo inimigos naturais, vêm-se destacando como uma inovação promissora de estratégia para liberação controlada de agentes biológicos no controle biológico de pragas (Vejan *et al.*, 2019). O principal objetivo de utilizar cápsulas é de oferecer resistência mecânica aos agentes biológicos, como predadores e parasitoides, durante o transporte e a aplicação no campo, permitindo que cheguem seguros e em ótimas condições ao local de liberação. De acordo com De Souza *et al.* (2020), por serem cápsulas biodegradáveis elas geralmente são confeccionadas com materiais naturais como alginato, quitina ou outros polissacarídeos, dessa maneira, se degradando rapidamente no solo, liberando gradualmente os inimigos naturais e evitando o acúmulo de resíduos sintéticos no ambiente, sendo uma solução ecologicamente correta para a agricultura moderna (Freitas *et al.*, 2020).

Tendo isso em vista, os RPAs oferecem vantagens como, maior precisão na liberação com dispenser de sólidos, segurança operacional, redução de custos, especialmente em áreas de difícil acesso ou em pequenas e médias propriedades agrícolas, ação que seria inviável por métodos convencionais. Com o avanço do sensoriamento remoto e da inteligência artificial as possibilidades de monitoramento e tomada de decisão em tempo real são

ampliadas, tornando a agricultura mais resiliente e adaptada às exigências do mercado global (Toscano *et al.*, 2024; Zhangg *et al.*, 2025).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em condições de semi-campo e campo na Área Experimental da Chã do Jardim – zona rural, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado no município de Areia-PB (Figura 1), com as coordenadas geográficas de aproximadamente 6° 57' 42" S de latitude e 35° 41' 43" W de longitude, no período de junho de 2025. Os insetos utilizados neste estudo, foram obtidos das criações mantidas no Laboratório de Entomologia (LEN), pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba-CCA/UFPB, sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), umidade relativa ($60 \pm 10\%$) e fotofase (12 horas).

3.2 CRIAÇÃO DE *Spodoptera frugiperda*

Atualmente, são mantidas no laboratório duas populações de lagartas: uma suscetível e outra resistente. A população suscetível foi obtida mediante a coletas realizadas na Área Experimental da Chã do Jardim resistente foi obtida por meio da Unidade de Entomologia da Universidade Federal do Piauí, a partir da coleta de espécimes de *S. frugiperda* em campo, em uma área sob alta pressão de seleção localizada no município de Bom Jesus – PI. A lavoura de milho apresentava tecnologia transgênica do tipo Viptera3 (VIP3). As populações de lagartas foram separadas e mantidas individualmente em tubos de vidro de fundo chato (2,5 cm de diâmetro x 8,5 cm de comprimento), vedadas com algodão, contendo a dieta artificial preenchida até $\frac{1}{4}$ da altura dos mesmos, alocados verticalmente e apoiados em estantes até atingirem a fase de pupa. A dieta artificial ofertada para as lagartas foi a proposta por Nalim (1991), composta por ácido ascórbico (5,10 g), ácido sórbico (1,65 g), ágar (20,5 g), feijão (165,0 g), gérmen de trigo (79,5 g), levedo de cerveja (50,5 g), nipagin (3,15 g), formoldeildo (1,0 mL) e água destilada (1200,0 mL). Após isso, as pupas foram sexadas e transferidas para em gaiolas de cloreto de polivinila (PVC) com dimensão de 12,5 x 12,5 x 20,0 cm até sua emergência. As gaiolas eram revestidas internamente com papel sulfite, a extremidade superior coberta por tecido *voil* e inferior por uma placa de metal. Como fonte alimentar para os casais, foi utilizado um chumaço de algodão sobre o tecido *voil* embebido por uma solução de água e mel (10%), cobertos por pequenas placas de Pétri plásticas, com o objetivo de evitar a atração de outros insetos até as gaiolas. Os adultos depositavam massas

de ovos, cada uma contendo entre 50 e 250 ovos, e essas massas foram coletadas e acondicionadas em recipientes plásticos (11 x 7,5 cm).

3.2.1 Criação de *Euborellia annulipes*

Os indivíduos de *E. annulipes* eram mantidos em recipientes plásticos retangulares com tampa, com dimensão aproximada de 13 cm de largura, 20 cm de comprimento e 7 cm de altura. As tampas dos recipientes plásticos possuem furo central de 2 cm de diâmetro fechado com tecido de voil, promovendo um ambiente sem incidência de luz e com oxigenação. Cada recipiente contém inicialmente machos e fêmeas agrupados numa densidade média de 30 insetos (um macho para três fêmeas), método utilizado por padrões biológicos e comportamentais da tesourinha. O fundo de cada recipiente é revestido com camadas de papel higiênico com 2 cm de altura (± 5 camadas), umedecido a cada dois dias com água destilada, a fim de manter a umidade adequada para o desenvolvimento dos insetos. Semanalmente, a cobertura de papel na parte basal das caixas foi trocada e as fêmeas com suas respectivas posturas foram transferidas para uma placa de Pétri de 9,0 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura, revestida com papel absorvente umedecido. Foi fornecido em cada recipiente 4 a 5 g de uma dieta artificial para a alimentação das ninfas e adultos. A dieta artificial oferecida para as ninfas e adultos das tesourinhas foi a estabelecida por Lemos (1997), composta por: leite em pó (130 g), levedo de cerveja (220 g), farelo de trigo (260 g), ração inicial para frango de corte (350 g) e Nipagin (40 g).

3.3 BIOSENSAIO EM CONDIÇÕES DE SEMI-CAMPO

Para a realização do experimento em semi-campo, foram confeccionadas quatro gaiolas entomológicas com estrutura em cano de PVC, medindo aproximadamente 2,5 m de altura, 2 m de largura e 2 m de comprimento. As gaiolas foram revestidas com tecido voil, exceto na parte inferior, que permaneceu aberta para contato com o solo, e possuíam uma abertura lateral no tecido para entrada e saída (Figura 1). Logo, em cada gaiola, foram distribuídos 10 vasos plásticos com capacidade de 8 litros cada, por gaiola, nos quais foram cultivadas sementes do milho híbrido AG1051 em casa de vegetação, mantidas até o estágio vegetativo inicial e posteriormente transportadas para o local do experimento.

O bioensaio contou com quatro repetições, sendo duas repetições para cada população de *S. frugiperda* (suscetível de referência e resistente a Vip3). As populações foram distribuídas aleatoriamente às gaiolas: duas receberam a população suscetível e as outras

duas receberam a população resistente. Cada vaso foi infestado com uma lagarta de 3º ínstar correspondente à população designada à respectiva gaiola, sendo introduzida sob a planta de milho.



Figura 1 – Bioensaio executado na Área Experimental da Chã do Jardim – zona rural, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

Em seguida, foi liberada manualmente no vaso uma cápsula constituída fibras extraídas de folhas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) moldadas, com aproximadamente 3 cm de comprimento e 5 mm de circunferência, estrutura cilíndricas oca no qual acondicionou a tesourinha fêmea adulta (Figura 3). As cápsulas foram confeccionadas previamente no LEN (Figura 2), utilizando o modelo criado por Araújo (2024). Vale ressaltar que, antes da montagem do bioensaio, as tesourinhas foram encapsuladas e submetidas a jejum por 12 horas, assim como as lagartas que passaram por jejum também antes da introdução nos vasos, todos os insetos permaneceram em sala climatizada a 16 °C. As tesourinhas foram transportadas para campo dentro de um isopor refrigerado.

Dessa forma, o experimento teve duração total de 24 horas contínuas de avaliação. As avaliações foram realizadas a cada 30 minutos a partir da finalização da montagem do bioensaio. Os parâmetros avaliados foram: tempo para abertura da cápsula, localização da tesourinha no vaso, tempo decorrido após a abertura da cápsula (em minutos), ocorrência de predação de *S. frugiperda*, mortalidade da tesourinha, comportamento da *S. frugiperda* e

comportamento da tesourinha.



Figura 2 – Cápsulas biodegradáveis constituídas de fibras extraídas de folhas de abacaxizeiro e moldadas acondicionadas com fêmeas de *Euborellia annulipes*.



Figura 3 – Liberação manual das cápsulas biodegradáveis acondicionadas com fêmeas adultas de *Euborellia annulipes* nos vasos com plantas de milho previamente infestadas com *Spodoptera frugiperda*.

3.3.1 Bioensaio em condições de campo

A validação aérea em campo foi conduzida utilizando o drone pulverizador da DJI modelo Agras T40 com dispenser de sólidos para a liberação de cápsulas biodegradáveis acondicionadas com espécimes adultos fêmeas de *E. annulipes* em milho. Para testar a taxa de liberação no dispenser de sólidos do drone, foram utilizadas 240 cápsulas misturadas com adubo NPK para facilitar sua ejeção, com os seguintes parâmetros de voo do drone: largura da faixa de 3 metros; 250 rpm; altura de 8,5 metros, velocidade de voo de 28 km/h, e abertura de tremoia de 70%. A taxa de sucesso foi medida pelo percentual de cápsulas efetivamente liberadas do dispersor.

3.3.2 Análise de dados

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software estatístico R (R Core Team, 2025). Os dados obtidos no teste em semi-campo foram analisados com modelos lineares generalizados com distribuição do tipo Gama, para os dados relativos ao tempo de abertura das cápsulas, e binomial para a taxa de predação. Para isto, foram gerados contrastes dentro dos modelos para o fator População. Para comparar o local de ocorrência e comportamento das tesourinhas após liberação no solo foi utilizado um teste multinomial de Monte Carlo, utilizando a medida de distância pelo valor de χ^2 , com 100000 simulações. Intervalos de Confiança (IC) foram estimados pela função MultinomCI, utilizando o método Sisonglaz.

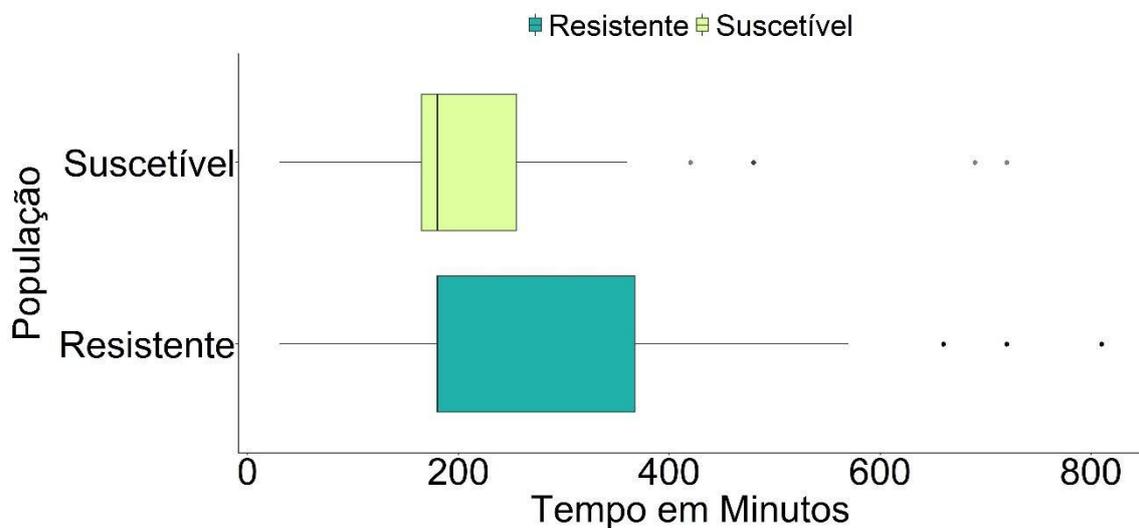
Para o teste em campo com drone, a taxa de sucesso foi medida pelo percentual de cápsulas efetivamente liberadas do dispersor de sólidos, foi contrastada com a de não sucesso por meio de um modelo linear generalizado com distribuição do tipo binomial usando o Teste de Razão de Chances (TZC) χ^2 .

4 RESULTADOS

4.1 FASE DE SEMI-CAMPO

O tempo médio de abertura das cápsulas liberadas manualmente (Figura 4), foi de 269,25 e 220,50 minutos para as populações resistente e suscetível, respectivamente, não ocorrendo diferença significativa entre as populações pelos contrastes do modelo linear generalizado com distribuição Gama ($F= 1.3784$; $P= 0.2439$).

Figura 4 – Tempo de abertura das cápsulas nas condições, população suscetível de referência e população resistente a Vip3A. $F= 1.3784$; $P= 0.2439$.



Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de qui-quadrado (χ^2 , $P<0,05$).

A taxa de predação (Tabela 1), dentro do período de 24 h, foi significativamente superior na população resistente em relação à população suscetível, sendo de 40,00% na população resistente, e de 25,00% naquela suscetível. predação dentro do período de 24 h foi significativamente superior. Em relação a taxa de mortalidade das tesourinhas, ela foi desprezível pois não superou 1,50% ($\chi^2= 2,51$; $P< 0,05$).

Tabela 1 – Taxa de predação em uma população suscetível de referência e população resistente a Vip3A por *Euborellia annulipes*.

População	Taxa de predação (%)
Suscetível	25,00±06,93 b
Resistente	40,00±07,84 a

Estatísticas

 $\chi^2 = 2,51; P < 0,05$

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de qui-quadrado (χ^2 , $P < 0,05$).

De maneira geral, após a liberação manual das cápsulas contendo fêmeas *E. annulipes*, o predador foi encontrado em 3 locais, sendo nas cápsulas, planta e/ou no solo (Tabela 2). Houve sobreposição de intervalos de confiança (IC95%) entre as populações suscetível e resistente. O comportamento de produção de galerias no solo pela tesourinha foi confirmado neste estudo, sendo de 47,77% (IC₉₅= 37,77 – 59,23) e de 43,95% (IC₉₅= 34,06 – 55,22) nas populações suscetível e resistente, respectivamente. Uma parcela significativa do comportamento de localização do predador foi nas cápsulas, atingindo percentuais próximos de 40 e 50% nas populações suscetível e resistente. Por outro lado, o percentual de predadores encontrados nas plantas variou de 08,79% (IC₉₅= 00,00 – 20,06) a 15,55% (IC₉₅= 05,55 – 27,00) nas populações resistente e suscetível de *S. frugiperda*, respectivamente, diferindo significativamente entre os locais Solo na população Suscetível e Cápsula e Solo para a população Resistente (Suscetível: $\chi^2 = 14,46$; $P = 0,0080$; Resistente: $\chi^2 = 24,81$; $P < 0,000049$).

Tabela 2 – Local de ocorrência de *Euborellia annulipes* acondicionada em cápsula biodegradável após liberação manual

Local	População	
	Suscetível	Resistente
Cápsula	36,66 (26,66 – 48,11) ab	47,25 (37,36 – 58,52) a
Planta	15,55 (05,55 – 27,00) b	08,79 (00,00 – 20,06) b
Solo	47,77 (37,77 – 59,23) a	43,95 (34,06 – 55,22) a
χ^2	= 14,46	= 24,81
P	= 0,0080	< 0,000049

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de qui-quadrado (χ^2 , $P < 0,05$).

Foram registrados os seguintes comportamentos: Perfuração das Cápsulas (PC); Produção de Galerias no Solo (PGS); Comportamento Críptico (CR); Comportamento Exploratório, Sensorial e Busca (ESB) por presa; Predação (P) e Retorno à Cápsula (RC). Dentre os comportamentos mencionados o que ocorreu com maior frequência foi aquele Exploratório, Sensorial e Busca (ESB), correspondendo a 46,15% (IC₉₅= 36,26-56,91) e 44,21% (IC₉₅= 34,73-54,82), das populações suscetível e resistente, respectivamente. Os

demais comportamentos não diferem significativamente pela sobreposição dos Intervalos de Confiança gerados pelo modelo comportamental multinomial (Tabela 3).

Tabela 3 – Repertório comportamental de *Euborellia annulipes* acondicionada em cápsula biodegradável após liberação manual

Comportamento	População	
	Suscetível	Resistente
Perfurando a cápsula	08,79 (0,00 – 19,55) b	03,15 (0,00 – 13,77) b
Produzindo galerias	20,87 (10,98 – 31,64) b	22,10 (12,63 – 32,72) b
Críptico	05,49 (0,00 – 16,25) c	08,42 (0,00 – 19,04) b
ESB	46,15 (36,26 – 56,91) a	44,21 (34,73 – 54,82) a
Predação	17,58 (07,69 – 28,34) b	11,57 (02,10 – 22,19) b
Retorno à Capsula	01,09 (0,00 – 11,86) b	10,52 (01,05 – 21,14) b
χ^2	71,92	62,83
<i>P</i>	< 0,00000099	< 0,00000099

ESB: Exploratório, Sensorial e Busca.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de qui-quadrado (χ^2 , $P < 0,05$).

4.1.1 Fase de campo

Os dados indicaram que na etapa de campo a taxa de sucesso de liberação foi de 95,04%, com apenas 4,96% de falhas de liberação (TZC $\chi^2 = 479,98$; $gI = 1$; $P < 0,00001$), demonstrando alta eficiência do sistema de liberação automatizado (Figura 5).

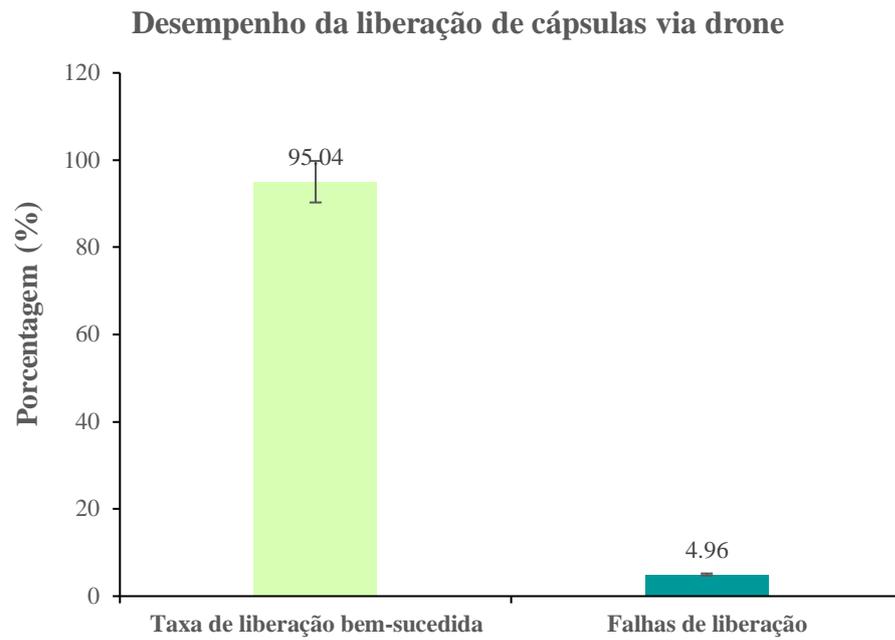


Figura 5 – Eficiência da taxa de liberação de cápsulas via drone, evidenciando 95,04% de liberação bem-sucedida e 4,96% de falha técnica em condições de campo.

5 DISCUSSÃO

Para o teste de liberação manual, os resultados evidenciam que houve abertura de 100% das cápsulas, com um tempo médio de abertura variando de 220 a 269 minutos, indicando alta eficiência no desempenho da liberação do predador (Figura 6), não demonstrando, alguma interferência no tempo de abertura das cápsulas nos milhos infestados com as populações resistente e suscetível de *S. frugiperda*. Representando dessa maneira, uma abordagem inovadora e compatível com a dinâmica de predação necessária para maximizar as estratégias de manejo das populações da praga (Lacerda *et al.*, 2020; Zhangg *et al.*, 2025).



Figura 6 – Abertura das cápsulas biodegradáveis acondicionadas com *Euborellia annulipes* após liberação manual, com a saída segura do predador.

Observou-se que, o tempo médio da taxa de liberação das tesourinhas está relacionado diretamente às propriedades físico-químicas dos materiais biodegradáveis utilizados na formulação das cápsulas, como em sua espessura, versatilidade, resistência e sensibilidade desses materiais a fatores abióticos (umidade relativa, temperatura). O mecanismo de abertura da cápsula consiste em após ser liberada em campo, ela absorverá umidade do solo, com isso as fibras das camadas serão amolecidas abrindo-se devido a sua propriedade plástica (Araújo, 2025). Em testes realizados pela desenvolvedora, neste caso Araújo (2024), foi relatado que as cápsulas demonstraram maior performance quando a umidade do solo foi superior a 50% e, que mesmo na ausência de umidade, as tesourinhas conseguiram romper as cápsulas na ausência de qualquer gradiente de umidade do solo. Com isso, além de proteger as tesourinhas de estresses ambientais, as cápsulas com base biodegradável revelam uma resposta de degradação satisfatória sob diferentes condições ambientais (Shimoda *et al.*,

2017).

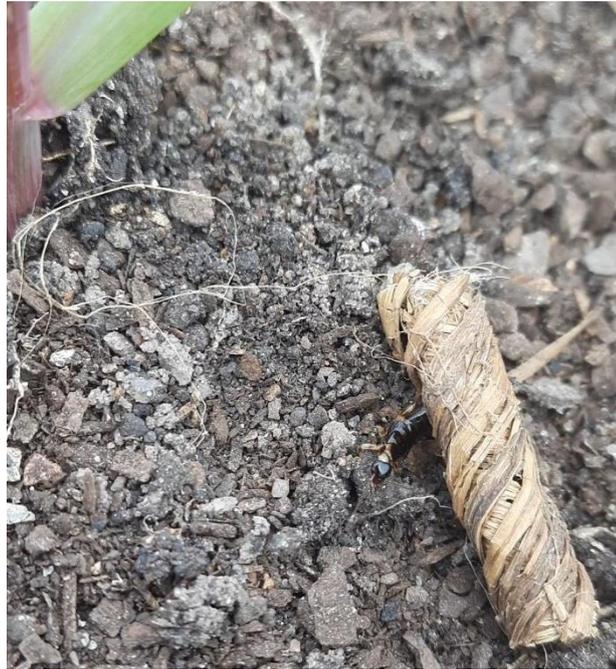


Figura 7 – *Euborellia annulipes* perfurando a cápsula biodegradável e se deslocando em direção ao solo após a liberação.

Os dados encontrados para a taxa de predação de *E.annulipes* na população resistente à Vip3 (40,00%) e suscetível (25%), refletem uma maior preferência do predador pela população resistente, sugerindo a existência de uma maior vulnerabilidade ao ataque de inimigos naturais nestes indivíduos. De acordo com Malaquias *et al.* (2021), para a lagarta poder desenvolver resistência genética a determinadas substâncias, como produtos sintéticos, pode ocorrer um custo adaptativo na ausência da pressão seletiva, resultando em mudanças comportamentais e/ou fisiológicas na lagarta, comprometendo sua capacidade de defesa e/ou fuga, deixando-a mais sedentária, como prolongar seu tempo de exposição no milho, beneficiando a ação de localização e captura do predador (Bernardi *et al.*, 2016; Okuma *et al.*, 2018).



Figura 8 – *Euborellia annulipes* no interior de uma cápsula biodegradável predando um indivíduo de *Spodoptera frugiperda*. A tesourinha arrastou a presa para dentro da cápsula, utilizando-a como possível local de refúgio para se alimentar.

Em seus estudos Garlet *et al.* (2021) descreveram que, em linhagens resistentes de *S. frugiperda*, o desenvolvimento ocorria em um ritmo mais lento podendo gerar desvantagens ecológicas que beneficiam a ação de inimigos naturais. Ademais, em sistemas tritróficos, após as populações de lagartas promoverem o comportamento de herbivoria, as plantas atacadas são capazes de liberar determinados voláteis como resposta defensiva química, como também, compostos voláteis liberados pelas fezes das lagartas após se alimentar da planta, podem funcionar como pistas químicas no recrutamento direcionado atraindo inimigos naturais até o vegetal, facilitando a localização da presa (Pålsson *et al.*, 2016; Arce *et al.*, 2021).



Figura 8 – *Spodoptera frugiperda* em atividade de herbivoria sobre planta de milho, evidenciada pela presença de danos foliares e excrementos.

Quando avaliado o local de localização do predador é revelado que ele utiliza diferentes microhabitats, principalmente para busca de abrigo e forrageio, realizando produções de galerias no solo, comportamento que prevalece ao longo de seu ciclo biológico (Coelho *et al.*, 2024). Desta forma, uma parte significativa das tesourinhas foram encontradas no solo, com valores de 47,77% e 43,95%, para as populações suscetível e resistente, nas cápsulas após a liberação, reforçando o solo como refúgio e atividade local das tesourinhas. A presença delas nas cápsulas para ambas populações (próximo de 40-50%), uma permanência inicial da tesourinha no local onde foram liberadas as cápsulas, podendo indicar que a cápsula pode servir como abrigo, garantindo a presença do predador próximo ao local alvo desejado. A presença do predador nas plantas, variou entre 8,8% a 15,6%, para ambas populações, revelando uma preferência por locais úmidos e mais seguros, como o solo e materiais orgânicos (Silva *et al.*, 2009), mesmo demonstrando total capacidade de explorar folhas e outras estruturas acima do solo dependendo da oferta de alimento e condições ambientais (Figura 5) (Kocarek, Dvorak e Kirstova, 2015).

Acerca do repertório comportamental avaliado, o comportamento predominante foi o ESB por presas (45%) para ambas populações da lagarta. Esse alto índice de atividade exploratória aponta que as tesourinhas rapidamente deixam a cápsula (abrigo inicial) para ir em buscar de alimento, aumentando a probabilidade de encontrar e atacar a praga-alvo. Enquanto para os demais comportamentos avaliados (PC, PGS, CR, P e RC), registrou-se ocorrências em proporções menores que ESB e semelhantes entre as populações, indicando que a resistência de *S. frugiperda* não modifica o repertório comportamental de *E. annulipes*. De forma mais ampla, os padrões comportamentais encontrados neste estudo refletem a bioecologia conhecida de *E. annulipes*, caracterizada em especial, por ser um inseto versátil com hábito generalista, preferência por locais protegidos e úmidos, e utilização de sinais químicos para identificar abrigo e possíveis presas, salientando seu enorme potencial de uso em diferentes cenários de manejo (De Souza *et al.*, 2022).

Esses resultados reforçam que a sincronia entre a liberação controlada do predador e a presença das pragas-alvos em estágios mais vulneráveis no campo é um fator-chave, uma vez que, a liberação antecipada ou tardia pode comprometer a performance dos agentes biológicos no controle populacional das pragas, podendo causar danos econômicos descontrolados na cultura, reforçando a necessidade de monitoramento constante das

populações de pragas e de planejamento estratégico das liberações (Sun e Zhang, 2017; Qiu *et al.*, 2024).

A validação em campo via drone de indivíduos encapsulados de *E. annulipes*, revelou uma taxa de quase 100% de aproveitamento, indicando que o sistema automatizado é altamente eficiente para liberar inimigos naturais em larga escala, com maior segurança operacional e precisão (Toscano *et al.*, 2024). A integração de tecnologias como os drones aliado ao uso de cápsulas biodegradáveis contendo agentes de biocontrole, promove a sustentabilidade do agroecossistema em virtude da redução da dependência de defensivos agrícolas sintéticos nas lavouras. A taxa de sucesso obtida na liberação automatizada reforça a aplicabilidade e o impacto positivo dessa estratégia para o controle biológico em áreas de milho atacadas por *S. frugiperda*, uma estratégia revolucionária ambientalmente para a agricultura 5.0 (Freitas *et al.*, 2020).

6 CONCLUSÕES

A validação do uso de cápsulas confeccionadas com material biodegradável, com liberação manual e via drone pulverizador com dispersor de sólidos de *E. annulipes* em campo e semi-campo, demonstra alta eficiência na abertura das cápsulas e no desempenho predatório contra linhagens suscetíveis e resistentes de *S. frugiperda* em milho, representando um avanço para o MIP como inovação tecnológica.

Os resultados confirmam que o predador mantém praticamente o padrão de localização e repertório comportamental após liberação com a cápsula utilizada, isto é importante para o delineamento de estratégias de controle biológico com uso desses predadores na cultura do milho. Além disso, é possível que um *trade off* encontrado na população resistente na ausência da pressão de seleção promova uma maior vulnerabilidade à predação em larvas resistentes, ocorrendo uma maior taxa de predação pelas tesourinhas.

A dispersão por drone apresentou a taxa de quase 100% de sucesso, reforçando que a técnica proposta de cápsulas biodegradáveis para a liberação em campo de agentes de biocontrole via drone é altamente viável.

Por fim, esse estudo abre perspectivas para o uso de outros inimigos naturais encapsulados, indicando que a integração dessa tecnologia com drones consolida-se como alternativa funcional, de precisão e sustentável dentro do controle biológico, fortalecendo os princípios da agricultura moderna.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.; ULLAH, F.; HAFEEZ, M.; HAN, X.; DARA, M. Z. N.; GUL, H.; ZHAO, C. R. Biological control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Agronomy**, Basel, v. 12, n. 11, p. 2704, 2022.
- ARCE, C. C. M.; BESOMI, G.; GLAUSER, G.; TURLINGS, T. C. Caterpillar-induced volatile emissions in cotton: the relative importance of damage and insect-derived factors. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.
- AHMAD, A.; ORDÓÑEZ, J.; CARTUJO, P.; MARTOS, V. Remotely piloted aircraft (RPA) in agriculture: a pursuit of sustainability. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 1, p. 7, 2020.
- ALVES, A. C. L.; SILVA, T. I.; BATISTA, J. L.; GALVÃO, J. C. C. Atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Spodoptera frugiperda* e seletividade para *Euborellia annulipes*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e260522, 2024.
- ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. H. B. da; SOUZA JÚNIOR, S. L. de; SANTOS, J. P. de O. Dinâmica interanual da produção de milho em Aroeiras/PB, Brasil. **Vivências**, [S. l.], v. 21, n. 42, p. 345–356, 2025.
- ARAÚJO, É. K. de; SILVA, I. V. I.; CÂNDIDO, B. Á. P.; SILVA NETO, J. G. da; SILVA, C. L. C. M.; SALUSTINO, A. S.; OLIVEIRA, L. V. Q.; OLIVEIRA, T. L.; BATISTA, J. L.; MALAQUIAS, J. B. **An innovative way to release dermapterans using spray drones**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 29.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 13., 2024, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: [s.n.], 2024.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, Â. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019. em **Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.
- BAO, W.; LIU, X.; ZHANG, J.; WANG, Y.; WANG, L.; LI, Y.; GAO, M. Molecular mechanisms of resistance to spinetoram in insects. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 178, p. 104966, 2021.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R.; OKUMA, D.; MIRALDO, L.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F.; BURD, T.; OMOTO, C. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, v. 72, n. 9, p. 1794–1802, 2016.
- BHARADWAJ, R. Observations on the bionomics of *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Labiduridae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 59, n. 3, p. 441–450, 1966.
- BONISSONI, K. Incidência de *Spodoptera frugiperda* aumenta nos últimos anos. **Revista Cultivar**, Porto Alegre, 2 dez. 2022.

COELHO, R. S.; PEC, M.; PEREIRA, P.; PEÑAFLORES, M.; MARUCCI, R. Predatory earwigs, *Euborellia annulipes*, use guava volatiles to find shelter and fruit-fly prey. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 18, p. 917–926, 2024.

COELHO, R.; PEC, M.; SILVA, A.; PEÑAFLORES, M.; MARUCCI, R. Predation potential of the earwig *Euborellia annulipes* on fruit fly larvae and trophic interactions with the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, 2022.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos – v. 31 – safra 2024/25, n. 9 – julho/2025. Brasília, DF: **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>.

DE MELO JÚNIOR, J. J. B., DE FARIAS BORGES, P., & DE SOUTO ARAÚJO, L. (2021). Influência das precipitações na produtividade de milho na microrregião do Curimataú Ocidental. **REVISTA INTERDISCIPLINAR E DO MEIO AMBIENTE (RIMA)**, v. 3, n. 1, p. e114-e114, 2021.

DE SOUZA, E.; KRINGEL, D.; DIAS, A.; DA ROSA ZAVAREZE, E. Polysaccharides as wall material for the encapsulation of essential oils by electrospun technique. **Carbohydrate Polymers**, v. 265, p. 118068, 2021.

DE SOUZA, J.; SELEGHIM, A.; DA SILVA NUNES, G.; TRUZI, C.; VIEIRA, N.; DE BORTOLI, S. Predation of *Diatraea saccharalis* eggs and neonates by the earwig *Euborellia annulipes*. **Biological Control**, 2022.

DIFFENBAUGH, N.; HERTEL, T.; SCHERER, M.; VERMA, M. Response of corn markets to climate volatility under alternative energy futures. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 514–518, 2012.

DUARTE, J. O.; MATOSSO, M. J.; GARCIA, J. C. Importância socioeconômica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. FAO. **FAOSTAT: crops and livestock products – maize**, 2023. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023.

FELIZATTI, A. P.; MANZANO, R. M.; RODRIGUES, I. M. W.; SILVA, M. F. G. da G.; FORIM, M. R. Encapsulation of *Beauveria bassiana* in biopolymers: improvement in microbiology for pest control. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021.

FERREIRA, R. R. et al. Avaliação de dietas artificiais no desenvolvimento biológico de *Marava arachidis* (Dermaptera: Labiidae) e *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Forficulidae). **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.

FREITAS, H.; FAIÇAL, B.; SILVA, A.; UEYAMA, J. Use of UAVs for an efficient capsule distribution and smart path planning for biological pest control. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, p. 105387, 2020.

GARLET, C.; MOREIRA, R.; GUBIANI, P.; PALHARINI, R.; FARIAS, J.; BERNARDI, O. Fitness cost of chlorpyrifos resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. **Environmental Entomology**, v. 50, p. 898–908, 2021.

GOERGEN, Georg; KUMAR, P. Lava; SANKUNG, Souleymane B.; TOGOLA, Abdoulaye; TAMO, Manuele. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera*

frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 10, p. 1–9, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0165632.

HAAS, F. The Earwig Research Center (ERC): the site on earwig biology. 2019.

HAFEEZ, A.; HUSAIN, M.; SINGH, S.; CHAUHAN, A.; KHAN, M.; KUMAR, N.; CHAUHAN, A.; SONI, S. Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: a review. **Information Processing in Agriculture**, 2022.

HARRISON, R. D.; THIERFELDER, C.; BAUDRON, F.; CHINWADA, P.; MIDEGA, C.; SCHAFFNER, U.; VAN DEN BERG, J. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) management: providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 243, p. 318–330, ago. 2019.

HE, B.; PAN, S.; ZHAO, J.; ZOU, X.; LIU, X.; WU, S. et al. Maize improvement based on modern breeding strategies: progress and perspective. **ACS Agricultural Science & Technology**, Washington, D.C., v. 4, n. 3, p. 274–282, jan. 2024.

HUSSAIN, A. G.; WENNMANN, J. T.; GOERGEN, G.; BRYON, A.; ROS, V. I. D. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* virus: A review with prospects for biological control. **Viruses**, v. 13, n. 11, p. 2220, 2021.

IRAC-BR. Monitoramento da resistência de *Spodoptera frugiperda* no Brasil: dados atualizados das regiões produtoras. **Insecticide Resistance Action Committee – Brasil**, Brasília, 2024.

JING, W.; CONG, H.; CHANG-YOU, L.; HONG-XU, Z.; YONG-LIN, R.; ZAIYUAN, L.; LONG-SHENG, X.; BIN, Z.; XI, Q.; BO, L.; CONG-HUI, L.; YU, X.; WAN-XUE, L.; WEN-KAI, W.; WAN-QIANG, Q.; MCKIRDY, S.; FANG-HAO, W. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 646–663, 2021.

KENIS, M.; BENELLI, G.; BIONDI, A.; CALATAYUD, P.; DAY, R.; DESNEUX, N.; HARRISON, R.; KRITICOS, D.; RWOMUSHANA, I.; VAN DEN BERG, J. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomol. Gen.** 2022.

KOCAREK, P.; DVORAK, L.; KIRSTOVA, M. *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae), a new alien earwig in Central European greenhouses: potential pest or beneficial inhabitant? **Applied Entomology and Zoology**, v. 50, p. 201–206, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-015-0322-2>.

KOPPENHÖFER, A. Bionomics of the earwig species *Euborellia annulipes* in Western Kenya (Dermaptera: Carcinophoridae). **Entomologia Generalis**, v. 20, p. 81–85, 1995.

KHADKA, R.; CHI, Y. N. Forecasting the global price of corn: unveiling insights with SARIMA modelling amidst geopolitical events and market dynamics. **American Journal of Applied Statistics and Economics**, 2024.

KRANTHI, P., & DEVI, R. S. Comparative Biology of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* on Different Host Montezano Plants under Laboratory Conditions. In: **Biological Forum—An International Journal**. p. 381-387. 2021.

KRITHIKA, V. P.; BELLIE, A.; HARAN, R.; THIRUNAVUKARASU, D.; GANESHAN, S.; SANKARANARAYANAN, C.; SOMASUNDARAM, P.; SUGANTHY, M.; GOMATHI, V. Nanoemulsified formulation of cell-free supernatant from *Photorhabdus luminescens* as a sustainable biopesticide against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection**, [S.l.], 2024.

LACERDA, L. B. de; OLIVEIRA, G. M. de; ARAÚJO, H. M. de; BATISTA, J. de L.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, A. C. de. Técnica para liberação do predador *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 143–147, 2020.

LEKHA, M. K.; MAHLA, H.; SWAMI, A. K.; VYAS, A. K.; AHIR, K. C. Biology of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on different artificial diets. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 8, n. 1, p. 584–586, 2020.

LE MOS, W. **Biologia e exigências térmicas de *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae), predador do bicudo-do-algodoeiro**. 1997. 132 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LOPES, T. A.; PAULA, M. F. S.; SOUZA, B. A. A. de; OLIVEIRA, R. A. Predation of *Diatraea saccharalis* eggs and neonates by the earwig *Euborellia annulipes*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 66, n. 2, p. 1-8, 2022.

LU, Z.; LU, K.; LI, Y.; XIAO, T.; ZHOU, Z.; CHEN, Y.; LIU, J.; SUN, Z.; GUI, F. Screening and functional validation of the core detoxification genes conferring broad-spectrum response to insecticides in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 80, n. 7, p. 3491–3503, jul. 2024.

MACHADO, Ricardo de Freitas. **The Corn: Successes and Constraints in the History and Culture of Corn: The Portuguese Case**. 2023. Dissertação (Mestrado) [Departamento/Centro], Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

MAINO, J. L.; SCHOUTEN, R.; OVERTON, K.; DAY, R.; EKESI, S.; BETT, B.; BARTON, M.; GREGG, P. C.; UMINA, P. A.; REYNOLDS, O. L. Regional and seasonal activity predictions for fall armyworm in Australia. **Current Research in Insect Science**, [S. l.], v. 1, p. 100010, 2021.

MAGALHÃES, H. F.; FEITOSA, I. S.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Perceptions of Risks Related to Climate Change in Agroecosystems in a Semi-arid Region of Brazil. **Human Ecology**, v. 49, n. 4, p. 403-413, 2021.

MALAQUIAS, J.; GODOY, W.; CAPRIO, M.; PACHÚ, J.; DE SOUSA RAMALHO, F.; OMOTO, C.; FERREIRA, C. Evolutionary process modeling with Bayesian inference of *Spodoptera frugiperda* ballooning and walking dispersal in Bt and non-Bt cotton plant mixtures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 169, 2021.

MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.; ALVALÃ, R. C.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L. L.; ... PINTO, G. L. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. **Agricultural Systems**, v. 160, p. 21-30, 2018.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja, Porto Alegre**, v. 74, n. 829, p. 24–27, jan. 2018.

MONTEZANO, D. G., SOSA-GÓMEZ, D. R., SPECHT, A., ROQUE-SPECHT, V. F., SOUSA-SILVA, J. C., PAULA-MORAES, S. D., ... & HUNT, T. E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African entomology**, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018.

MOHAMED, S.; WAMALWA, M.; OBALA, F.; TONNANG, H. E. Z.; TEFERA, T.; CALATAYUD, P.; SUBRAMANIAN, S.; EKESI, S. A deadly encounter: alien invasive *Spodoptera frugiperda* in Africa and indigenous natural enemy, *Cotesia icipe* (Hymenoptera, Braconidae). **PLoS ONE**, v. 16, n. 7, e0254232, 2021.

NALIN, D. N. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais**. 1991. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NUNES, G.; DANTAS, T.; FIGUEIREDO, W.; DE OLIVEIRA, R.; BATISTA, J.; VACARI, A.; BORTOLI, S. The life history of *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) fed on larvae and pupae of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Turkish Journal of Zoology**, [S.l.], 2022.

NÚÑEZ-PASCUAL, V.; CALLEJA, F.; PARDO, R. V.; SARRAZIN, A. F.; IRLES, P. The ring-legged earwig *Euborellia annulipes* as a new model for oogenesis and development studies in insects. **Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution**, v. 340, p. 18–33, 2023.

OKUMA, D.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R.; BERNARDI, O.; SILVA, A.; OMOTO, C. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil. **Pest Management Science**, v. 74, n. 6, p. 1441–1448, 2018.

PÅLSSON, J.; THÖMING, G.; SILVA, R.; PORCEL, M.; DEKKER, T.; TASIN, M. Recruiting on the spot: a biodegradable formulation for lacewings to trigger biological control of aphids. **Insects**, v. 10, n. 1, p. 6, 2019.

PAREDES-SÁNCHEZ, F. A.; RIVERA, G.; BOCANEGRA-GARCÍA, V.; MARTÍNEZ-PADRÓN, H. Y.; BERRONES-MORALES, M.; NIÑO-GARCÍA, N.; HERRERA-

MAYORGA, V. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*: a review. *Molecules*, **Basel**, v. 26, n. 18, p. 5587, 15 set. 2021.

RAO, P. S., GR, A. R., RAO, M. S. S., RADHA, K., & AHMED, R. Enhancing Orchard Cultivation Through Drone Technology and Deep Stream Algorithms in Precision Agriculture. **International Journal of Advanced Computer Science & Applications**, v. 15, n. 8, 2024.

REJEB, A.; ABDOLLAHI, A.; REJEB, K.; TREIBLMAIER, H. Drones in agriculture: a review and bibliometric analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 198, p. 107017, 2022.

RIBEIRO, R. C.; SANTOS, G. R. dos; SILVA, J. P.; FERREIRA, M. A.; FREITAS, M. M. de; SILVA, R. B. da. Predatory capacity of *Doru luteipes* and *Euborellia annulipes* on *Helicoverpa armigera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 26., 2017, Gramado. Anais... Colombo: Embrapa Florestas, 2017.

ROSSINI, L. A. de C. J.; SANTOS, G.; RIBEIRO, J. D.; REIS, F. de B. Association of surfactants with insecticides for the control of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) in maize crop. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 4022–4029, 2020.

SANTOS, L. M.; FERRAZ, G. A. S.; BARBOSA, B. D. S.; ANDRADE, A. D. Use of remotely piloted aircraft in precision agriculture: a review. **DYNA**, v. 86, n. 210, p. 284–291, jul.–set. 2019.

SALUSTINO, A. da S.; OLIVEIRA FILHO, M. C. de.; ABREU, K. G.; FERREIRA, R. R.; BRITO, C. H. de. Use of dermápteros in the agronomic scenario: a bibliometric analysis on the use of these predators. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e46110313611, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13611. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13611>.

SHIMODA, T.; KISHIMOTO, H.; HONDA, H.; SAKAGUCHI, T. A novel method for protecting slow-release sachets of predatory mites against environmental stresses and increasing predator release to crops. **BioControl**, Dordrecht, v. 62, p. 495–503, 2017.

SILVA, A. B. da; BATISTA, J. L. Tesourinhas: pequenas e de grande eficiência. **Revista Cultivar**, v 9, n. 5, p. 2, Pombal – PB, 2018.

SILVA, F. D. d. S.; PEIXOTO, I. C.; COSTA, R. L.; GOMES, H. B.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; ARAÚJO, R. M.; HERDIES, D. L. Predictive Potential of Maize Yield in the Mesoregions of Northeast Brazil. **AgriEngineering**, v. 6, n. 2, p. 881–907, 2024.

SILVA, I. T. F. A. da; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, L. V. de Q.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. L.; BATISTA, J. de L. Desenvolvimento biológico de *Euborellia annulipes* criada com dietas artificiais e ovos de *Ephesia kuehniella*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 295–298, 2018.

SILVA, B.S.; BATISTA, J.L.; BRITO, C. H. Capacidade predatória de *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Acta Scientiarum Agronomy**, V.31, n. 1, p. 7 – 11, Maringá, 2009.

SOUZA, J. M. et al. Predation of *Diatraea saccharalis* eggs and neonates by the earwig *Euborellia annulipes*. **Biological Control**, v. 172, p. 104953, 2022.

SUN, K.; ZHANG, T. Dynamics analysis and control optimization of a pest management predator-prey model with an integrated control strategy. **Applied Mathematics and Computation**, v. 292, p. 253–271, 2017.

SUN, X.-X.; HU, C.-X.; JIA, H.-R.; WU, Q.-L.; SHEN, X.-J.; ZHAO, S.-Y.; JIANG, Y.-Y.; WU, K.-M. Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 664–672, mar. 2021. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62839-X

SUPARTHA, I.; SUSILA, I.; SUNARI, A.; MAHAPUTRA, I.; YUDHA, I.; WIRADANA, P. Damage characteristics and distribution patterns of invasive pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize crop in Bali, Indonesia. **Biodiversitas**, v. 22, 2021.

TOSCANO, F.; FIORENTINO, C.; CAPECE, N.; ERRA, U.; TRAVASCIA, D.; SCOPA, A.; DROSOS, M.; D'ANTONIO, P. Unmanned aerial vehicle for precision agriculture: a review. **IEEE Access**, v. 12, p. 69188-69205, 2024.

VALICENTE, F. H. Entomopathogenic viruses. **Natural enemies of insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and functional biodiversity**, p. 137-150, 2019.

VAN DEN BERG, Johnnie; DU PLESSIS, Hannalene. Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1761–1771, dez. 2022.

VARSHNEY, R.; POORNESHA, B.; RAGHAVENDRA, A.; et al. Biocontrol-based management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Indian maize. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 128, p. 87–95, 2021. D

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; NASRULHAKIMI, A. Encapsulation of plant growth promoting rhizobacteria—prospects and potential in agricultural sector: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 19, p. 2600–2623, 2019.

USDA, ERS. **Dados de base internacionais**. Projeções internacionais de longo prazo de 2021 até 2030.

WAN, Jing; HUANG, Cong; LI, Chang-you; ZHOU, Hong-xu; REN, Yong-lin; LI, Zai-yuan; XING, Long-sheng; ZHANG, Bin; QIAO, Xi; LIU, Bo; LIU, Cong-hui; XI, Yu; LIU, Wan-xue; WANG, Wen-kai; QIAN, Wan-qiang; MCKIRDY, Simon; WAN, Fang-hao. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 646–663, 2021. DOI:10.1016/S2095-3119(20)63367-6

WANG, C.; YUAN, X.; TIAN, P.; FU, Y. miR-34-5p, a potential RNA biopesticide for controlling *Spodoptera frugiperda* by targeting of SfEcR and SfE74. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S.l.], v. 208, p. 106287, mar. 2025.

WEI, J.; LV, S.; GUAN, D.; GE, H.; ZHOU, X.; ZHENG, Y.; QIAN, K.; WANG, J. Risk assessment, fitness cost and transcriptome analysis of cyantraniliprole resistance in *Spodoptera frugiperda*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 203, p. 106000, 2024.

WILSON, K., GRZYWACZ, D., CURCIC, I., Scoates, F., Harper, K., Rice, A., & Dillon, A. A novel formulation technology for baculoviruses protects biopesticide from degradation by ultraviolet radiation. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 13301, 2020.

YANG, Tao; LUO, Yongqiang; ZHU, Yuanmei; SONG, Jinghui; ZHAO, Lei; WANG, Zhiyong; WANG, Yujing; WANG, Hongmei; ZHAO, Xiumei; WANG, Yanqing. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. **Food Security**, v. 14, p. 517–531, 2022.

ZHAN, Yilong; CHEN, Shengde; WANG, Guobin; FU, Jinwei; LAN, Yubin. Biological control technology and application based on agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) intelligent delivery of insect natural enemies (*Trichogramma*) carrier. **Pest Management Science**, v. 77, n. 7, p. 3259–3272, 2021.