

Concórdia, SC / Junho, 2026

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Potencial dos compostos bioativos no controle de *Alphitobius diaperinus* (cascudinho) na produção intensiva de frangos de corte



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura e Pecuária***

e-ISSN 2965-8047

Documentos 272

Junho, 2026

Potencial dos compostos bioativos no controle de *Alphitobius diaperinus* (cascudinho) na produção intensiva de frangos de corte

*Gilberto Silber Schmidt
Paulo Giovanni de Abreu
Ery Jonhons Nascimento Ramos
Lênin Resmini Heling
Alexandre Otávio Magro
Darlan Luís Gonzatto Bach*

***Embrapa Suínos e Aves
Concórdia, SC
2026***

Embrapa Suínos e Aves
Rodovia BR 153 - KM 110
89.715-899, Concórdia, SC
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza

Secretário-executivo
Tânia Maria Biavatti Celant

Membros
Clarissa Silveira Luiz Vaz
Catia Silene Klein
Gerson Neudi Scheuermann
Jane de Oliveira Peixoto
Joel Antonio Boff

Membros suplentes
Estela de Oliveira Nunes
Fernando Tavernari

Revisão de texto
Lucas Scherer Cardoso

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Vivian Fracasso

Foto da capa
Paulo Giovanni de Abreu

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

Potencial dos compostos bioativos no controle de *Alphitobius diaperinus* (cascudinho)
na produção intensiva de frangos de corte / Gilberto Silber Schmidt [*et al.*] . –
Concórdia : Embrapa Suínos e Aves, 2026.
PDF (23 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Suínos e Aves, e-ISSN 2965-8047;
272)

1. Produção de frango de corte. 2. Aviários. 3. Controle de pragas. 4. Cascudinho. 5.
Compostos bioativos. I. Abreu, Paulo Giovanni de. II. Ramos, Ery Jonhons Nascimento.
III. Heling, LÊNIN Resmini. IV. Magro, Alexandre. V. Bach, Otávio Darlan Luís Gonzatto.
VI. Título. VII. Série.

CDD (21. ed.) 636.50839

Claudia Antunez Arrieche (CRB-14/880)

© 2026 Embrapa

Autores

Alexandre Otávio Magro

Estudante de graduação do Instituto Federal Catarinense, bolsista (iniciação científica - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Darlan Luís Gonzatto Bach

Estudante de graduação do Instituto Federal Catarinense, bolsista (iniciação científica - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Ery Jonhons Nascimento Ramos

Zootecnista, mestre em Ciência Animal, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Gilberto Silber Schmidt

Zootecnista, doutor em Melhoramento Genético Animal, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Lênin Resmini Heling

Agrônomo, bolsista de Estímulo à Inovação na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Paulo Giovanni de Abreu

Engenheiro agrícola, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Apresentação

O uso de compostos bioativos e insumos biológicos exige critérios como produção em massa, treinamento de profissionais, apoio regulatório e estratégias de conservação de habitats. Apesar de desafios como altos custos iniciais e a falta de conhecimento de alguns agricultores, os avanços tecnológicos e as inovações prometem otimizar o controle biológico, consolidando-o como uma alternativa sustentável e eficaz aos insumos químicos tradicionais.

Esse artigo aborda o potencial de diversas ferramentas como: fungos, bactérias, nematoides, óleos essenciais, extratos de plantas, feromônios e insumos minerais, com foco em bioensaios da Embrapa

Suínos e Aves. Essas substâncias, isoladas ou combinadas, demonstram grande eficácia no manejo do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) em sistemas de frangos de corte, servindo como uma alternativa viável para o Controle Integrado de Pragas (CIP).

Os resultados do presente trabalho estão alinhados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável, Consumo e Produção Responsáveis - ODS 12, Meta 12.a. Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

Paulo Giovanni de Abreu
Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

Sumário

Introdução	9
Compostos biológicos	10
Fungos entomopatogênicos	10
Mecanismo de ação	10
Potencial de controle	11
Bactérias entomopatogênicas	12
Mecanismo de ação	12
Potencial de controle	12
Efeitos aditivos e sinergismo	13
Nematoides entomopatogênicos	13
Mecanismo de ação	13
Potencial de controle	14
Efeito aditivos e sinergismo	14
Compostos orgânicos	14
Mecanismo de ação	15
Potencial de controle	15
Efeitos aditivos e de sinergismo	16
Semioquímicos	17
Mecanismo de ação	17
Potencial de controle	18
Minerais	18
Mecanismo de ação	18
Potencial de controle	19
Afeito aditivo e sinergismo	19
Conclusões	20
Referências	20

Introdução

O cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) é uma praga significativa na produção de frango de corte, causando problemas econômicos, sanitários e ambientais. O uso de insumos químicos para controlar essa praga pode ter consequências negativas para o meio ambiente, incluindo a contaminação do solo, da água e do ar. Além disso, o uso excessivo de insumos químicos pode levar ao desenvolvimento de resistência nos insetos, tornando-os mais difíceis de controlar. Existem alternativas ao uso de insumos químicos, como a utilização de métodos de controle biológico, a introdução de predadores naturais do cascudinho, ou a implementação de práticas de manejo integrado de pragas. A melhoria das condições de criação e a adoção de práticas de biossegurança podem ajudar a reduzir a incidência do cascudinho e minimizar o impacto ambiental da produção de frango de corte.

Como transmissor de doenças, a larva do cascudinho atua como vetor capaz de transmitir patógenos como *Salmonella typhimurium* para frangos de corte. O patógeno é disseminado tanto pelo contato direto com as larvas quanto pela ração contaminada, mantendo a transmissão ativa por várias semanas. (Roche et al., 2009). Estudos recentes demonstraram que o cascudinho pode ser portador de cepas de *Salmonellas entéricas* multirresistentes, tornando-o um vetor importante na disseminação de patógenos zoonóticos resistentes a antibióticos, complicando os esforços para controlar infecções em ambientes avícolas (Donoso et al., 2020). O cascudinho também desempenha papel determinante na transferência horizontal de *Salmonella* dentro dos aviários, visto que estes adquirem a bactéria da cama contaminada e dissemina entre lotes, mantendo a presença do patógeno no ambiente (Crippen et al., 2018).

Além de seu papel na transmissão de bactérias e parasitas, o cascudinho é considerado um agente potencial na disseminação de fungos toxigênicos, notadamente o *Aspergillus flavus*. Tal vetorização pode resultar na contaminação alimentar e, consequentemente, em riscos à saúde pública devido à produção de micotoxinas. Dessa forma, a gestão

desses riscos representa um desafio complexo para a segurança alimentar. Embora as larvas possam abrigar o protozoário *Histomonas meleagridis*, causador de histomoníase em aves, vários estudos têm demonstrado que é improvável que sejam vetores importantes para a sua transmissão entre lotes (Mazen, 2006).

Além de atuar como vetor na transmissão de doenças, o cascudinho causa danos significativos na estrutura dos aviários, principalmente nos materiais de isolamento. A capacidade de estabelecer túneis e danificar os materiais de isolamento, como poliestireno, poliuretano e fibra de vidro tem sido estudada, revelando que o poliestireno é suscetível à perfuração e à pupação de larvas. Os danos além de comprometerem a integridade estrutural dos aviários, reduzem a eficiência térmica, dessa forma elevando os custos de energia elétrica e a necessidade de manutenção.

Os fatores ambientais influenciam o comportamento e a dispersão do cascudinho, principalmente em função dos níveis de umidade da cama e os materiais utilizados na construção dos aviários. A maior dispersão ocorre quando os níveis de umidade aumentam e quando são utilizadas estruturas de madeira na construção, o que permite que os insetos alcancem níveis mais altos, em comparação com a utilização de estruturas de concreto. Desta forma, aviários com estruturas de madeira apresentam maior grau de infestação e danos à estrutura de isolamento, em comparação com aqueles com estruturas de concreto (Schmidt; Abreu, 2023).

O manejo biológico e sustentável de pragas reduz significativamente a dependência de insumos químicos, minimizando a poluição ambiental e os riscos à saúde. Estas alternativas mitigam efetivamente a resistência de pragas a produtos químicos e promovem o equilíbrio ecológico a longo prazo. Tecnologias emergentes, como sistemas de entrega baseados em nanopartículas, tecnologia de RNA de interferência, o uso de simbioses, modificações no microbioma intestinal de insetos e a resistência transgênica, apresentam oportunidades substanciais para o desenvolvimento de estratégias de controle inovadoras. (Gržinić et al., 2022).

Os compostos bioativos consistem em moléculas de origem natural que apresentam um vasto

potencial para a ciência médica, fundamentado, em grande parte, pelas perspectivas ainda inexploradas em seu campo de estudo. A relevância dessas substâncias é historicamente corroborada pela descoberta acidental da penicilina, sintetizada a partir de fungos do gênero *Penicillium*, que revolucionou a terapêutica antibiótica. Do ponto de vista nutricional e bioquímico, tais substâncias são constituintes químicos presentes em concentrações reduzidas em matrizes alimentares de origem vegetal e animal como frutas, hortaliças, cereais e infusões. Sua ingestão é associada à promoção de benefícios fisiológicos que transcendem o aporte nutricional básico, exercendo funções biológicas específicas no organismo.

A utilização do controle de compostos bioativos requer o cumprimento de critérios específicos, incluindo a produção em massa de bioagentes, treinamento adequado para os profissionais e apoio regulatório para garantir acessibilidade e eficácia. Estratégias de conservação, como a criação de habitats para abrigar inimigos naturais, são essenciais para a sustentabilidade desses sistemas. Apesar de desafios como altos custos iniciais e conhecimento limitado dos agricultores, os avanços tecnológicos são promissores para a otimização do controle biológico. Essas inovações ressaltam o crescente potencial como alternativa sustentável e eficaz em comparação com os insumos químicos.

Nesse artigo será apresentado o potencial de insumos biológicos (fungos entomopatogênicos, bactérias e nematoides), óleos essenciais e extratos de plantas, feromônios e insumos minerais, como terra diatomácea e silicato de magnésio. Também serão apresentados resultados obtidos em bioensaios conduzidos na Embrapa Suínos e Aves em relação ao potencial de compostos bioativos no controle do cascudinho. Esses compostos bioativos, isolados e/ou associados, demonstram potencial como uma alternativa sustentável para o manejo do *Alphitobius diaperinus* (cascudinho) em sistemas de produção de frangos de corte, constituindo uma ferramenta valiosa em estratégias de Controle Integrado de Pragas (CIP).

Compostos biológicos

O controle biológico é amplamente reconhecido como uma estratégia de elevado potencial para o manejo de diversas pragas que afetam o setor agropecuário. Este método baseia-se na utilização de

inimigos naturais que demonstrem capacidade de eliminar ou mitigar o desenvolvimento de pragas e vetores. Trata-se de uma alternativa promissora, notadamente devido à sua seletividade e à biossegurança que proporciona a aves, aos usuários e consumidores. Nesse contexto, inúmeros estudos têm sido conduzidos com o objetivo de substituir ou reduzir a aplicação de inseticidas químicos, os quais frequentemente induzem resistência cruzada, comprometendo a eficácia no controle da proliferação de pragas, como o *Alphitobius diaperinus* (cascudinho).

Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos (FE), principalmente dos gêneros *Beauveria*, *Isaria*, *Lecanicillium*, *Metarhizium* e *Paecilomyces*, são microrganismos que infectam e matam o hospedeiro, portanto, apresentam um potencial para o controle biológico de pragas. Esses fungos têm a capacidade de produzir substâncias tóxicas e enzimas que ajudam a penetrar no corpo do inseto, causando a morte. Além disso, os FE podem ser facilmente produzidos em larga escala e formulados em produtos comerciais, tornando-os uma opção viável para o controle de pragas em diferentes culturas. A utilização de FE no controle de pragas é considerada uma abordagem sustentável e ecologicamente correta, pois é específica para o alvo e não causa danos ao meio ambiente ou à saúde humana.

Mecanismo de ação

Ao contrário dos nematoides e das bactérias entomopatogênicas, que atuam pela ingestão, os FE agem por contato através da cutícula, a camada protetora externa do exoesqueleto do hospedeiro. Este mecanismo evita a necessidade de ingestão oral, facilitando a infestação direta do hospedeiro, característica que os torna agentes eficazes em diversos ecossistemas.

O processo de infecção é iniciado quando os esporos fúngicos, conhecidos como conídios, se fixam à cutícula do inseto, facilitada por interações hidrofóbicas e eletrostáticas, bem como, por proteínas adesivas especializadas na superfície dos esporos. Após a adesão, os esporos germinam em condições ambientais favoráveis, incluindo umidade e temperaturas variando entre 20 e 30 °C. A germinação envolve a produção de um tubo germinativo, que penetra na cutícula do hospedeiro por meio de uma combinação de mecanismos enzimáticos e mecânicos. Enzimas como proteases, lipases e quitinases

degradam os componentes estruturais da cutícula, enquanto a pressão mecânica das estruturas fúngicas em crescimento auxilia na penetração (Inglis et al., 2001).

Na cavidade corporal, conhecida como hemocele, o fungo prolifera e coloniza os tecidos internos, crescimento este acompanhado pela secreção de metabólitos secundários tóxicos, como destruxinas e beauvericina, que suprimem as defesas imunológicas do inseto, interrompendo os processos fisiológicos (Ortiz-Urquiza; Keyhani, 2016). Essas toxinas contribuem para infecções sistêmicas que comprometem funções biológicas vitais, levando à morte do inseto em poucos dias.

Após a morte do hospedeiro, o fungo esporula no cadáver, emergindo como um denso tapete de hifas que produz novos conídios, que são liberados no ambiente, permanecendo viáveis por longos períodos, prontos para infectar novos hospedeiros (Baek et al., 2022). Essa capacidade de produzir propágulos infecciosos garante a continuidade do ciclo de infecção, demonstrando o potencial desses fungos em estratégias sustentáveis de manejo de pragas.

Potencial de controle

Vários estudos vêm sendo desenvolvido para verificar o potencial inseticida do FE como agente bioativos no controle do cascudinho. Os fungos *M. anisopliae* (Ma) e *B. bassiana* (Bb) são considerados inimigos naturais de diversas pragas relacionadas a produção agropecuária e têm demonstrado potencial para o controle do cascudinho.

Chernaki-Leffer et al. (2007) avaliaram a patogenicidade de vários FE, incluindo *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* spp., e *Metarhizium anisopliae*, no controle de cascudinho, demonstrando que isolados de Ma (CNPSO-Ma352 e CNPSO-Ma356) se mostraram altamente eficazes contra larvas, com valores de grau de letalidade (GL50), variando de $2,2 \times 10^4$ a $4,5 \times 10^4$ conídios por larva. No entanto, os insetos adultos apresentaram maior resistência à infecção fúngica, com valores de GL50 de $1,3 \times 10^5$ a $2,1 \times 10^5$ conídios por adulto. A diferença na suscetibilidade sugere que, embora as larvas sejam mais vulneráveis, métodos de controle adicionais podem ser necessários para o manejo eficaz das populações adultas.

As cepas de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Isaria fumosorosea* e *I. farinosa* no controle do cascudinho foram avaliadas em relação ao potencial inseticida no controle de insetos adultos e larvas, sendo que os resultados demonstraram maior susceptibilidade

das larvas, quando comparado com insetos adultos. A taxa de letalidade para os insetos adultos foi de 36% para *M. anisopliae* e 26% para *B. bassiana*, enquanto que no caso das larvas foi de 100% na maioria dos isolados, exceto para *I. fumosorosea*. A cepa *B. bassiana* 3K gerou mortalidade larval alta e, demonstrou supercrescimento fúngico em larvas mortas, indicando seu potencial como bioinseticida em granjas avícolas (Popowska-Nowak et al., 2017). Em laboratório, isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* atingiram maiores eficácias (80 a 90%) e efeito residual até 14 dias após a aplicação, sendo o efeito residual prolongado benéfico, considerando dificuldades de manejo com aplicações repetidas.

Rice e Furlong (2023) avaliaram formulações granulares de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em aviários comerciais de frangos de corte. Durante 5 lotes de produção, *B. bassiana* suprimiu as populações de cascudinho em 72%, enquanto *M. anisopliae* determinou a redução de 50%, ambos superando os inseticidas químicos padrão, que alcançaram 48% de supressão. Esses resultados demonstram que os bioinseticidas à base de fungos podem ser tão eficazes quanto os inseticidas químicos, oferecendo uma opção de controle mais sustentável.

Por meio de bioensaios realizados na Embrapa Suínos e Aves, considerando o efeito da fase de desenvolvimento do inseto, Schmidt et al. (2024), verificaram que a *B. bassiana* apresentou maior grau de letalidade no controle de insetos adultos (75,34%) e menor em relação ao efeito larvicida (39,670%). No entanto, o *M. anisopliae* apresentou menor letalidade para insetos adultos (49,72%) e maior em relação à larva (46,67%), quando comparada com a *B. bassiana*. O composto associado (1:1) envolvendo ambos os fungos poderia ser uma alternativa para aumentar o grau de letalidade, com a suposição de ocorrência de efeitos aditivos. Porém, os resultados observados para letalidade em adultos (62,31%) e larvas (44,67%) indicaram a inexistência de efeito aditivo.

Além das aplicações diretas de fungos, a combinação de compostos com outros agentes de controle pode aumentar sua eficácia. Rice e Furlong (2023) exploraram os efeitos sinérgicos da combinação de *B. bassiana* com inseticidas como β -ciflutrina, imidacloprida e espinosade. A combinação com β -ciflutrina aumentou significativamente as taxas de mortalidade e conidiogênese em larvas. Esses resultados sugerem que concentrações subletais de inseticidas podem ser usadas em conjunto com tratamentos fúngicos para aumentar a eficácia do controle e reduzir a quantidade total de produtos

químicos necessários, oferecendo uma abordagem de manejo mais sustentável.

A eficácia dos fungos entomopatogênicos pode ser influenciada por condições ambientais, como temperatura e presença de cama de frango. Alexandre et al. (2006) exploraram o impacto desses fatores na germinação, crescimento e virulência de isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae*. A 26 °C, os isolados de *B. bassiana* apresentaram maior produção de conídios (até 11×10^8 conídios/cadáver larval) em comparação com *M. anisopliae*. No entanto, a 32 °C, ambos os fungos apresentaram virulência reduzida, com as larvas sendo mais sensíveis à temperaturas mais baixas. Na primeira semana de vida, as aves precisam de uma temperatura de 32–35 °C, que é gradualmente reduzida a cada semana, atingindo 22–24 °C na 6ª semana de vida dos frangos. Embora esses níveis de temperatura e as condições de umidade em aviários sejam adequados para o desenvolvimento de FE, a recomendação é que a aplicação do composto seja após 1 a 2 semanas do alojamento das aves no aviário, e assim proporcionar um controle mais eficaz dos insetos.

Os resultados disponíveis na literatura para o grau de letalidade em compostos associados envolvendo os fungos *Beauveria bassiana* (Bb) e *Metarhizium anisopliae* (Ma) e a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) sugerem a existência de efeitos de sinergismo e aditivos que possibilita a potencialização do composto bioativo no controle de cascudinho. Entretanto, os resultados da Embrapa Suínos e Aves, reportados por Schmidt et al. (2024), indicaram a ausência de efeito das combinações do *Bacillus thuringiensis* (Bt) com o *Metarhizium anisopliae* (Ma) no controle de insetos adultos e larvas de *Alphitobius diaperinus* (62,67% e 50,24%), Bb/Ma (44,67% e 62,31%) e Bb/Ma/Bt (50,67% e 52,32%) que justificasse a inclusão do Ma na formulação do composto associado.

Resultados de bioensaios realizados na Embrapa Suínos e Aves, em condições de laboratório, indicaram que o composto associado com maior potencial inseticida, em relação aos insetos larvas e adultos, respectivamente, foi Bb/Bt (73,00% e 77,61%), cuja média, considerando insetos adultos e larvas (75,31%), foi 24,94% superior ao resultado médio verificado para os insumos isolados (Bb – 57,50% e Bt – 63,04%). Essa superioridade decorre do efeito aditivo entre os patógenos: o fungo *B. bassiana* (Bb) apresentou maior letalidade em adultos (75,34%) do que em larvas, enquanto a bactéria *B. thuringiensis* (Bt) foi mais letal para as larvas (71,67%) do que para os adultos. O GL oBtido para Bt/Bb de 73,00% para larvas e 77,61% para insetos

adultos foi superior em 31,14% (larvas) e 19,63% (adultos) quando comparado aos valores médios oBtidos na avaliação dos compostos isolados (Schmidt et al., 2024).

Bactérias entomopatogênicas

As bactérias entomopatogênicas (BE) apresentam especificidade em relação a praga alvo, sendo os gêneros *Bacillus*, *Serratia*, *Pseudomonas* e *Photobacterium* os mais estudados em relação ao potencial bioinseticidas no controle de insetos. Estas bactérias ocorrem naturalmente na natureza e são patogênicas para uma ampla gama de insetos-praga, sendo que comercialmente a mais utilizada é o *Bacillus thuringiensis* (Bt), que tem sido extensivamente estudado em relação ao potencial para o controle do cascudinho.

Mecanismo de ação

As bactérias entomopatogênicas produzem toxinas que acometem diretamente as células intestinais do inseto ou desregulam seu sistema imunológico. No caso específico do *Bacillus thuringiensis*, a produção de proteínas cristalinas (Cry) e citolíticas, quando ingeridas pelo inseto, se ligam a receptores nas células epiteliais intestinais, causando o rompimento celular, desregulação do revestimento intestinal e, por fim, septicemia, levando o inseto à morte.

Outras bactérias, como *Photobacterium* e *Xenorhabdus*, são simbióticas com nematoides, sendo introduzidas nos insetos hospedeiros quando estes invadem o organismo (Forst et al., 1997; Goodrich-Blair, 2007). Uma vez no interior, essas bactérias produzem vários fatores de virulência, incluindo toxinas e enzimas, que suprimem o sistema imunológico do hospedeiro, causando mortalidade por septicemia (Castagnola; Stock, 2014).

Potencial de controle

Os diversos estudos desenvolvidos e, disponibilizados na literatura, para avaliar o potencial inseticida das BE, em relação ao controle do cascudinho, tem demonstrado resultados variáveis, principalmente, em função da cepa utilizada, das concentrações, bem como das condições em que o bioensaio foi conduzido.

As larvas de *A. diaperinus* possuem receptores para a toxina Cry3Bb, sintetizadas pelo Bt, indicando que esta bactéria tem potencial como agente de controle. Resultados demonstram que 26% de larvas de quarto instar são mortas dentro de 7 a 9 dias

após exposição a variantes de *Bt*. Porém, outros resultados são contraditórios, demonstrando que algumas cepas não são eficazes para o controle de larvas, sendo que, em concentrações de 500 ppm não são eficientes nas fases de pupação ou emergência (Koc et al., 2022).

Em Bioensaio, realizado para determinar o potencial do *Bt* em relação a um produto em desenvolvimento na Embrapa Suínos e Aves (BIOEMB – C) o grau de letalidade do *Bt* em relação a larvas e insetos adultos foram, respectivamente, 71,57 e 54,42%; sendo inferior ao controle positivo cujos valores foram de 98,09 e 98,47%. Os resultados demonstram que o *Bt* apresenta um grande potencial para ser utilizado em um programa de controle integrado, principalmente como larvicida (Schmidt et al., 2024).

Efeitos aditivos e sinergismo

A associação de insumos biológicos, orgânicos, minerais tem demonstrado a possibilidade de potencialização do grau de letalidade, por meio da exploração dos mecanismos de ação e dos efeitos aditivos e de sinergismo.

O grau de letalidade médio de *Bt*, *Bb* e *Ma* descrito na literatura, em relação a larvas e adultos, respectivamente, é da ordem de 60,00 e 80,00%, 74,40 e 40,70% e 51,20 e 49,70% (Schmidt; Abreu, 2023). Na condução de bioensaio realizado na Embrapa Suínos e Aves para avaliar o efeito isolado e associado (1:1:1) dos microrganismos anteriormente citados, foram obtidos os valores de letalidade para larvas e adultos, respectivamente, de 71,67 e 54,42% (*Bt*), 39,67 e 75,34% (*Bb*) e 46,67 e 49,72% (*Ma*), que se encontram dentro da faixa média descrito na literatura (Schmidt et al., 2024). No bioensaio em questão, não foi verificado efeito de sinergismo, sendo que a inclusão no composto associado do *Ma*, tanto em combinação dupla como tripla, não demonstrou potencialização. Por outro lado, a formulação do composto incluindo *Bt* e *Bb* determinou melhorias no grau de letalidade de larvas (73,00%) e insetos adultos (77,61%), indicando a ocorrência de efeito aditivo, que é explicada pela diferença média, respectivamente, de 63,04% (*Bt*) e 57,50% (*Bb*) em relação ao composto *Bt/Bb*, cuja média foi de 75,31%.

Pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de otimizar o potencial inseticida das toxinas de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) em larvas de coleópteros, mediante a utilização de fragmentos da proteína caderina desses insetos. Tais estudos concentram-se nas proteínas Cry3Aa, Cry3Bb e Cry8Ca, que são

produzidas por diferentes cepas de *Bt* e rotineiramente empregadas no controle de larvas de coleópteros. As caderinas, proteínas localizadas no epitélio do intestino médio do inseto, atuam como receptores para as toxinas Cry (Park et al., 2014).

Com a inserção de fragmento de caderina específico (DvCad1-CR8–10) da larva-da-raiz-do-milho (*Diabrotica virgifera*), a toxicidade das toxinas Cry3Aa, Cry3Bb e Cry8Ca para larvas de *A. diaperinus* aumenta de 3 a 5,9 vezes. Esse efeito é atribuído à capacidade do fragmento de caderina de se ligar às toxinas Cry com alta afinidade e promover a oligomerização, aumentando a eficácia das toxinas, sendo, portanto, uma estratégia promissora para aprimorar o controle biológico de *A. diaperinus* em instalações avícolas, onde o controle químico é frequentemente inadequado devido à resistência dos insetos as moléculas químicas (Koc et al., 2022).

Os estudos atuais indicam que as proteínas Cry3Aa, Cry3Bb e Cry8Ca apresentam alta especificidade no controle de coleópteros, fundamentada na interação molecular com as caderinas do intestino médio, as quais funcionam como receptores críticos que desencadeiam a formação de poros e a subsequente lise celular no inseto-alvo.

Nematoides entomopatogênicos

Os nematoides entomopatogênicos (NE) são agentes biológicos amplamente utilizados no manejo de pragas, sendo que, as primeiras descobertas ocorreram com a demonstração da patogenicidade de espécies das famílias *Steinernematidae* e *Heterorhabditidae* contra insetos-praga (Poinar Junior; Grewal, 2012). Foi observado também que os nematoides liberam bactérias (por exemplo, *Xenorhabdus* sp. e *Photorhabdus* sp.) no hospedeiro. Tais microrganismos, por sua vez, sintetizam toxinas que promovem a eliminação dos insetos (Koppenhöfer, 2010).

Espécies importantes como *Steinernema carpocapsae* são reconhecidas pelo potencial controle de pragas, aumentando o interesse comercial à medida que os avanços no manejo integrado de pragas passaram a priorizar alternativas mais sustentáveis. Ao redor de 120 espécies de NE foram identificadas e vêm sendo utilizadas com eficiência no controle de pragas agrícolas e florestais (Bhat et al., 2020).

Mecanismo de ação

A ação do NE ocorre por meio de dois mecanismos: um dependente de bactérias simbióticas e

outro através de ação direta. Muitas espécies liberam bactérias simbióticas no corpo do hospedeiro as quais se espalham pelos tecidos e causam um efeito tóxico, levando à morte do inseto. Em contraste, algumas espécies matam seus hospedeiros sem o auxílio de bactérias, danificando mecanicamente os tecidos do hospedeiro ou exaurindo nutrientes essenciais (Lewis et al., 2006).

Os NE demonstram maior eficiência em ambientes com elevada umidade, visto que dependem desta condição para sua locomoção e subsequente proliferação. A infecção ocorre pela utilização de orifícios naturais de entrada no hospedeiro, tais como boca, ânus, sistema traqueal, ou, traqueal ou penetrando diretamente na cutícula.

O ciclo de vida do nematoide inicia-se com a invasão ao hospedeiro e a subsequente liberação de bactérias simbióticas. Após a morte do hospedeiro, os nematoides se reproduzem no tecido necrosado, e a nova geração, então, se dispersa no ambiente. Este ciclo demonstra maior eficiência em ecossistemas caracterizados por elevada umidade e riqueza em matéria orgânica. O ponto positivo do NE é que não existe possibilidade dos insetos adquirirem resistência e, a letalidade, ocorre em poucos dias. Após matar o organismo-alvo, os nematoides podem se reproduzir e infectar outras pragas em ambientes úmidos (Costa et al., 2007).

Potencial de controle

Em condições de laboratório foi demonstrado êxito no uso dos NE no controle do cascudinho, com efeitos letais mais efetivos contra as larvas do que em insetos adultos. Ao adentrar no corpo do inseto, os NE colonizam os tecidos, causando morte entre 48 e 72 horas. As espécies mais estudadas de NE e com maior potencial inseticida, são o *Heterorhabditis bacteriophora*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. affine*, *S. affinis*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *H. riobrave*, *H. indica* e *H. bacteriophora* (Pezowicz; Mazurkiewicz, 2013).

As diferenças estruturais e comportamentais tornam as larvas de cascudinho mais susceptíveis à infecção, em função da maior segmentação, flexibilidade, cutícula mais fina e maior mobilidade, sendo que em contraste, o inseto adulto apresenta cutícula mais espessa e rígida e menos segmentos corporais, tornando-os mais resistentes à penetração. Alves et al. (2012) demonstraram que o *Steinernema arenarium* é altamente eficaz contra as larvas, alcançando grau de letalidade de até 99%, mas sua eficácia cai significativamente em relação aos insetos adultos, devido à menor exposição e à cutícula

mais espessa. O estudo também demonstrou que altas temperaturas e cama de aves promovem uma redução na eficácia dos nematoides, indicando que as condições ambientais desempenham um papel crítico na eficiência desses agentes. Koc et al. (2022) demonstraram esta vulnerabilidade, onde o nematoide *S. carpocapsae* foi testado contra diferentes populações de cascudinho. Os valores de GL50 para larvas variaram de 31,2 a 70,9 juvenis infecciosos (JIs) por mililitro (mL), enquanto insetos adultos exigiram concentrações significativamente maiores, com valores de GL50 entre 85,9 e 418,8 JIs/mL. Ao se realizar o bioensaio em modelos experimentais diferentes, os valores de GL50 variaram de 1,5 a 77,9 nematoides por insetos com a utilização de papel de filtro, em comparação com 5,38 a 14,6 nematoides por inseto, quando o bioensaio foi conduzido na presença de cama.

Efeito aditivos e sinergismo

Embora os nematoides apresentem baixa eficiência no controle de insetos adultos, a associação com outros compostos bioativos ou a inserção em estratégias de controle integrado podem ampliar a sua eficácia. A associação do nematoide com nanopartículas, por exemplo, prata, ouro ou cobre, pode aumentar a eficácia, particularmente em relação as larvas (Rumbos et al., 2012). No entanto, as nanopartículas de ouro afetaram negativamente a mortalidade de insetos adultos quando combinadas com *S. feltiae*. Esses resultados sugerem que, embora as larvas continuem sendo o alvo principal, abordagens sinérgicas podem ajudar a melhorar o desempenho dos nematoides contra os insetos adultos.

Compostos orgânicos

O equilíbrio entre os vários organismos vivos em um ambiente é fundamental para o correto manejo dos insetos. Tal premissa pressupõe a utilização de técnicas de manejo não poluidoras e que permitam reduzir ações prejudiciais à condução de uma avicultura sustentável. Consequentemente, estratégias alternativas de manejo têm sido propostas nos últimos anos, incluindo o uso de produtos orgânicos, como os óleos essenciais e extratos vegetais (Areña et al. 2020).

A biodiversidade da flora brasileira tem um potencial inesgotável para ser explorada na formulação de bioinseticidas para o controle de pragas, tanto na

agropecuária como em relação à saúde pública. Estes insumos, em diversas formas de processamento, vêm sendo estudados em laboratório, porém, poucos trabalhos são validados a nível de campo em relação à eficiência como agente inseticida.

A utilização de plantas e seus componentes com efeito inseticida para o controle alternativo dos insetos tem sido alvo de estudos, principalmente, em função de serem rapidamente degradados, não persistindo no ambiente. A resistência dos insetos às substâncias apresenta processo lento. Tais compostos demonstram elevada acessibilidade e não resultam em resíduos contaminantes nos alimentos, além de apresentar baixo custo de produção, tornando-se uma estratégia acessível a pequenos produtores. Desta forma, várias tentativas vêm sendo feitas com a utilização de óleos essenciais, extratos aquosos e extratos secos na forma de pó, levando-se em consideração a parte da planta que está sendo utilizada e a forma de extração do insumo (Marcomini, et al., 2009).

Com relação ao controle do cascudinho vários estudos vêm sendo realizados para avaliar o efeito inseticida, repelente, inibidor de consumo (apetite), entre outras ações, de diversos substratos obtidos a partir de plantas. Na literatura, existe um grande número de plantas que vêm sendo testadas, porém, na maioria das vezes com resultados inconsistentes, principalmente decorrente da metodologia utilizada no bioensaio, metodologia de extração composição durante o ano e parte da planta utilizada, bem como os adjuvantes utilizados na formulação do produto comercial.

Mecanismo de ação

Os compostos bioativos presentes nos vegetais atuam direta e (ou) indiretamente no controle de insetos por meio de diversos modos de ação, que em conjunto, podem ser utilizados como estratégia para o manejo e controle de pragas de importância econômica. Metabólitos secundários como compostos fenólicos, quinonas, cumarinas, terpenóides, alcaloides, polifenóis, flavonas, taninos, lecitina, polipeptídeos, entre outros; cuja presença e composição varia entre as espécies, causam a inibição de ingestão de alimento, redução de consumo, retardo no desenvolvimento, deformações, menor taxa de oviposição, esterilidade de adultos e mortalidade (Cowan, 1999; Cavalcante et al., 2006).

O alvo dos compostos bioativos, são os canais iônicos, interrompendo a sinalização neurotransmissora em insetos. Ao inibir o fluxo de íons como

sódio e potássio, causam disfunção neural, paralisia e eventual mortalidade, além disso, a natureza lipofílica dos óleos essenciais (OEs) permite a penetração na cutícula hidrofóbica do inseto, determinando o rompimento da camada lipídica que preserva a umidade, levando à desidratação e à dessecação, sendo este o principal modo de ação de muitos OEs, contribuindo significativamente para suas propriedades inseticidas.

Associado a este mecanismo, os OEs apresentam propriedades antimicrobianas, suprimindo bactérias intestinais simbióticas em insetos como o *A. diaperinus*, bactérias estas essenciais para digestão e absorção de nutrientes, causando inanição e desnutrição do inseto alvo. Alguns destes compostos também inibem o hormônio juvenil e a ecdisona, dois reguladores vitais para o crescimento e reprodução de insetos, como é o caso do eugenol, que interrompe as vias do hormônio, prejudicando a muda e os ciclos reprodutivos de pragas (Kim et al., 2015).

O desequilíbrio hormonal reduz a fertilidade e o desenvolvimento, propiciando o controle das populações de inseto. Compostos fenólicos, como eugenol e cinamaldeído, geram condições reativas de oxigênio nas células dos insetos, que induzem ao estresse oxidativo, danificando componentes celulares como proteínas, lipídios e DNA, que com o tempo, sobrecarrega as defesas antioxidantes do inseto, levando à morte celular (Kim et al., 2015).

Além disso, os metabólitos dos OEs interferem na respiração celular, prejudicando a função mitocondrial, que leva à redução da produção de ATP, uma fonte de energia crítica para os processos celulares. O acúmulo de compostos voláteis em insetos com pequenas aberturas espiraculares, como o cascudinho, agrava esse efeito, resultando em esgotamento de energia e morte (Gaire et al., 2017).

Potencial de controle

Os compostos bioativos provenientes dos vegetais tem sido considerados como potencial valioso no desenvolvimento de estratégias de controle integrado em diversas cadeias produtivas, tanto na agricultura como pecuária, principalmente pela redução dos riscos quando comparados à utilização de insumos químicos, tornando-os uma alternativa mais segura e sustentável.

Por meio de bioensaios realizados na Embrapa Suínos e Aves foi avaliado o potencial inseticida de diversos extratos de plantas, em relação ao grau de letalidade, no controle de cascudinho (Schmidt et al., 2024). Foram testados a Coroa de Cristo (*Euphorbia*

mili), Canela líquida e em pó (*Cinnamomum verum*), Timbó (*Derris urucu*), “Comigo Ninguém Pode” (*Dieffenbachia seguine*), óleo, pó e torta de Neem (*Azadirachta indica*) e mamona (*Ricinus communis*). O grau de letalidade observado para as fases adulta e larval, respectivamente, demonstraram que os extratos de coroa de cristo (12,90 e 5,90%), canela em pó (8,07 e 8,49%), “comigo ninguém pode” (2,78 e 0,66%), pó (1,33 e 1,68%) e torta (3,78 e 0,99%) de neem e, mamona (1,33 e 1,00%) não demonstraram potencial inseticida. Maior potencial de letalidade foi o Bfido para óleo de neem (54,31 e 59,00%), canela líquida (98,35 e 99,34%) e timbó (99,34 e 99,34%), indicando que estes extratos podem ser utilizados isoladamente ou na formulação de compostos associados. Em relação ao Timbó, os princípios ativos são a rotenona, os saponáceos, os glucósidos cardíacos, os alcaloides, os taninos, os compostos cianogênicos e o ictiotereol. Para a Canela, os princípios ativos são o eugenol, safrol, felandreno, ácido cinâmico e taninos. No Óleo de Neem, um dos extratos mais utilizados no controle de insetos, os princípios ativos são a azadiractina e limonóides, compostos secundários que agem como supressores de apetite ou inibidor de crescimento. Importante relatar que estes extratos, segundo a literatura, não apresentam toxidez, tanto para a ave quanto para seres humanos e, portanto, podem ser utilizados sem restrições (Marcomini, et al., 2009). A azadiractina, funciona como regulador de crescimento de insetos e atua reduzindo a ingestão de alimento (antialimentar). Este é o composto bioativo mais estudado no controle de pragas, incluindo o controle de ácaros, cascudinho, pulgões, moscas, lagartas, mosquitos e outros insetos-praga (Schmidt et al., 2024).

Vários OEs apresentam propriedades repelentes, entre eles o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), orégano (*Origanum vulgare*) e *Dysphania ambrosioides*, que apresentam até 95% de efeito sobre cascudinhos, os quais chegam a evitar as áreas tratadas. Quando adicionados à ração das aves, o *O. vulgare* e o *S. aromaticum* mantêm suas atividades repelentes, impedindo que até 78% dos insetos consumam a ração tratada em 24 horas, sugerindo que a incorporação de OEs à ração ou na cama pode ser uma estratégia valiosa para o controle de *A. diaperinus* em aviários (Velusamy et al., 2023).

O óleo de orégano, rico em carvacrol, inibe o crescimento das larvas de cascudinho, reduzindo o desenvolvimento corporal. Em contraste, o óleo de estragão, com metileugenol como principal componente, apresenta menor atividade inseticida. (Szczepanik et al., 2020).

Um estudo investigou o impacto de grânulos de amido enriquecidos com carvacrol (3%, 5% e 10%) misturados com pellets de palha como cama de frango na mortalidade de *A. diaperinus* e no desempenho de crescimento de frangos de corte expostos à cama tratada. Em bioensaios simulando as condições do aviário, grânulos e pellets foram misturados em proporções de 30:70%, 40:60% e 50:50% e testados contra larvas jovens, larvas mais velhas e larvas adultas a 29 °C. O tratamento mais eficaz foi o uso de grânulos enriquecidos com 10% de carvacrol na proporção de 40:60%, com letalidade total entre 3 a 4 dias (Szczepanik et al., 2020).

Efeitos aditivos e de sinergismo

A combinação de diferentes extratos vegetais é uma alternativa para aumentar a eficácia inseticida, principalmente quando ocorre efeito aditivo e (ou) sinérgico. Além disso, a inclusão de insumos biológicos e minerais, em formulações de compostos associados é uma alternativa com potencial para a inclusão em protocolos de controle integrado de pragas, possibilitando ampliar a sustentabilidade do setor produtivo.

Os efeitos combinados dos óleos de Neem e Citronela sobre *A. diaperinus* vêm sendo testados, demonstrando que a Citronela na concentração de 20% pode determinar até 81% de mortalidade após 10 dias, enquanto o óleo de Neem na concentração de 9% resulta em 59% de mortalidade. Quando combinados, os óleos apresentaram um efeito aditivo, potencializando ainda mais suas propriedades inseticidas, demonstrando que a formulação de compostos de OEs é uma alternativa eficaz para a substituição, pelo menos parcial, dos inseticidas sintéticos. (Marques et al., 2013).

Formulações inovadoras como nanoemulsões, que possibilitam, principalmente, a ampliação do efeito residual do composto bioativo têm sido estudadas em relação ao controle de pragas. Os efeitos inseticidas do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) foram testados, tanto em sua forma pura quanto em formulações nanoestruturadas. Na concentração de 10%, o óleo de canela puro atingiu 100% de mortalidade em larvas e adultos em 11 dias (Volpato et al., 2016). Nanoemulsões e nanocápsulas de óleo de canela também apresentaram alta eficácia, embora ligeiramente inferior à forma pura, com taxas de mortalidade de até 80% e 85%, respectivamente, para larvas e adultos.

Os resultados sugerem que a nanoencapsulação de OEs pode reduzir a toxicidade ambiental,

mantendo as propriedades inseticidas. A compatibilidade de espécies de mentas com o fungo entomopatogênico *B. bassiana* vem sendo avaliada. Óleos essenciais de *Mentha arvensis*, *Mentha spicata* e *Mentha piperita* foram considerados altamente tóxicos para larvas, permanecendo compatíveis com agentes de biocontrole fúngico. Essas descobertas sugerem que o procedimento operacional padronizado (PEO) pode ser incorporado em programas de controle integrado, sem reduzir a eficácia de outros métodos de controle biológico (Gebauer et al., 2024)

Semioquímicos

O uso de semioquímicos, que afetaram o comportamento dos insetos, como metodologia de manejo tem aumentado nos últimos anos. As estratégias de “empurrar e puxar” e “atrair e matar”, entre outras, baseiam-se na necessidade dos insetos seguirem sinais químicos para encontrar alimento, acasalamento ou local de oviposição, ou evitar situações desfavoráveis. Os semioquímicos são geralmente eficazes em baixas concentrações e podem ser detectados à distância. A sua atividade é específica e seletiva, e não há mecanismos de resistência a eles associados e sua inclusão nas práticas de manejo resulta em impacto ambiental minimizado.

Foi comprovado a influência de compostos semioquímicos na taxa de oviposição das fêmeas. Alguns hidrocarbonetos são repelentes às fêmeas. Os óleos de sassafrás e de eucalipto podem ser promissores pois apresentam compostos similares, podendo influenciar na oviposição das fêmeas, proporcionando expressiva redução dos problemas ocasionados no setor produtivo (Aziza Yasmin et al., 2016).

Esses compostos desempenham papel crucial na regulação de comportamentos importantes, como reprodução, alimentação e defesa. Ao imitar ou interferir nesses sinais naturais, os feromônios podem ser usados para manipular o comportamento das pragas, incluindo a atração por armadilhas ou a interrupção dos processos de acasalamento, levando à redução populacional.

Mecanismo de ação

As pistas químicas pelas quais os cascudinhos se encontram ainda são desconhecidas. Componentes de isca de feromônios sintéticos de agregação, para

avaliar a atratividade, têm sido testados de maneira individual ou associado, entre eles: limoneno, beta-ocimeno, linalol, dauceno, e nonanona, além dos compostos voláteis presentes nas fezes das aves. A avaliação em condições de campo, realizada em aviários com populações larvais que variavam entre baixa, moderada e alta infestação, demonstrou que a combinação de fezes frescas e a isca de feromônio resultou em uma maior atração de larvas e adultos de cascudinho. Em contraste, a combinação dos compostos voláteis isolados das fezes com a isca de feromônio não apresentou atratividade estatisticamente significativa. A baixa atração dos feromônios limoneno e linalol em bioensaios sugere que estes não apresentam efeito de atração em baixo nível de concentração. Maiores populações de adultos e larvas de cascudinho foram encontradas em armadilhas tratadas com isca de feromônio em comparação com controles não tratados em experimentos de campo (Singh; Johnson, 2011).

O feromônio é liberado por glândulas especializadas, podendo alcançar distâncias consideráveis, as vezes até 2 a 3 km, afetando outros indivíduos. Apesar de ser liberado em quantidades minúsculas, mesmo traços podem desencadear fortes respostas comportamentais, como atração, acasalamento ou dispersão. Um dos aspectos mais valiosos do controle de pragas baseado em feromônios é que tem alvo específico, sem prejudicar organismos não alvo, além de não determinar acúmulo de resíduos, o que os torna opção de controle mais sustentável.

Os cascudinhos machos produzem feromônios de agregação, que atraem machos e fêmeas para áreas específicas, auxiliando na sua concentração, desta forma, facilitando estratégias direcionadas de controle. Estes compostos são quimicamente complexos, com misturas e proporções específicas que determinam sua eficácia em atrair os cascudinhos para armadilhas.

Feromônios de alarme também foram identificados, os quais podem dispersar populações de insetos em áreas críticas e fornecer um método adicional para o manejo, baseado no comportamento, podendo também ser usado para alcançar o controle de insetos usando um sistema “empurra-puxa”. Nesse sistema, o feromônio de agregação (que atrai pragas) é utilizado em combinação com o de alarme (que repele pragas) para criar uma abordagem de dupla ação (Hassemer et al., 2019).

Potencial de controle

As armadilhas à base de feromônios podem ser integradas a agentes de controle biológico (fungos, bactérias e nematoides), orgânico (extratos e OEs), insumos minerais (silicato de magnésio, terra diatomácea) e químicos, na forma isolada ou associadas. Essa combinação aprimora o controle da praga, pois além de capturar, coloca o inseto em contato com o agente controlador, resultando em impactos em toda a colônia.

O cascudinho macho libera um feromônio de agregação contendo seis componentes, consistindo em (R) - limoneno, (E) - ocimeno, 2-nonanona, (S) - linalol, (R) - dauceno e (E, E) - α -farneseno, que foram identificados como atrativos potentes, especialmente quando combinados em proporções específicas, e são eficazes na captura de larvas e insetos adultos, portanto valiosos em estratégias de controle integrado (Bartelt et al., 2009).

A composição dos feromônios pode apresentar variações entre populações geográficas. Um exemplo notável é o componente (E,E)- α -farneseno, que é exclusivo das populações de cascudinhos encontradas no Brasil (Hassemer et al., 2016). Essa especificidade ressalta a necessidade imperativa de se compreender as variações regionais na composição feromonal para o desenvolvimento de estratégias de manejo que sejam eficazes em contextos locais. Hassemer et al., (2019) conduziram um ensaio de agregação sintética de P (incluindo (R) - limoneno, 2-nonanona, (E) - ocimeno e outros), bem como feromônios de alarme (1,4-benzoquinona e seus derivados). Em testes de laboratório e de campo, a agregação de feromônio atraiu com sucesso os insetos adultos para as armadilhas, enquanto o feromônio de alarme os repeliu de certas áreas. Essa combinação aumentou as taxas de captura e forneceu uma alternativa ecológica aos inseticidas.

O desafio do uso de feromônios no manejo de pragas é garantir sua liberação sustentada ao longo do tempo. Mweresa et al. (2020) exploraram o desenvolvimento de um composto orgânico-inorgânico de carbonato de cálcio e lignina Kraft como material carreador para a liberação controlada de limoneno, um componente-chave da agregação de feromônios do cascudinho. O estudo mostrou que o composto associado permitiu a liberação lenta de limoneno ao longo de 30 dias, indicando o potencial para armadilhas de feromônios por longa duração em sistemas de manejo de pragas. Essa tecnologia de liberação lenta pode melhorar a eficácia das armadilhas à base de feromônios, reduzindo a necessidade de

reaplicação frequente e mantendo o controle consistente de pragas.

A atratividade de uma isca de agregação de feromônios combinada com fezes de galinha para adultos e larvas de *A. diaperinus*, em teste à campo, demonstrou que as armadilhas com isca de feromônios capturaram significativamente mais insetos em comparação aos controles, destacando o potencial do feromônios em programas de controle integrado para o manejo eficaz de populações de larvas de cascudinho (Singh; Johnson, 2012).

Minerais

Os minerais, embora pouco estudados, apresentam potencial, pelo efeito de contato, no controle, principalmente, de larvas de diversos insetos. A utilização de condicionadores químicos na cama de aviário, como a cal hidratada, a cal virgem, o sulfato de alumínio e o gesso agrícola, entre outros, associada à fermentação por enleiramento e enlonamento no vazio sanitário, revelam-se alternativas para o controle de cascudinho (Schmidt; Abreu, 2023).

Os condicionadores químicos têm efeitos relacionados a mudanças nos gradientes de umidade na cama, produção de gases no interior dos aviários, controle de micro-organismos de interesse epidemiológico e alteração das propriedades do adubo residual da atividade. A cal hidratada, especificamente, tem sido utilizada como dessecante, absorvendo o excesso de umidade e promovendo a secagem, criando assim um ambiente hostil para insetos e patógenos (Bonfim, 2015).

Mecanismo de ação

Embora apresente potencial inseticida, principalmente para o controle de larvas, os insumos minerais, por exemplo, pós de rocha, cálcio, silicato de magnésio, terra diatomácea, entre outros, tem sido pouco explorada, principalmente na formulação de compostos associados para o controle do cascudinho. O uso destes insumos inertes, como agentes inseticidas foi uma técnica utilizada pelos agricultores familiares para o controle de pragas antes do advento dos inseticidas sintéticos e, atualmente vem ressurgindo como importante alternativa para o controle de insetos-praga no armazenamento de grãos. Estes insumos agem fisicamente, por meio da abrasão no corpo do inseto, o que leva à destruição da camada lipídica que forma a superfície

externa da cutícula, facilitando a perda de água e, assim, provocando sua morte por desidratação.

A terra diatomácea (TD), um pó natural e não tóxico, composto por restos fossilizados de diatomáceas, um tipo de alga de casca dura, tem recebido uma atenção na utilização em programas integrados de pragas, devido ao baixo impacto ambiental e baixos riscos ao plantel, produtor e consumidor, quando utilizada com o objetivo de reduzir a utilização de insumos químicos.

Como os insetos não conseguem desenvolver resistência a essa ação mecânica, a TD permanece eficaz por longos períodos. No entanto, sua eficácia depende de condições ambientais, como umidade e tipo de substrato, pois o pó precisa permanecer seco para agir com eficiência (Alves et al., 2022).

Controle de *A. diaperinus* com a TD tem sido objeto de estudo, sendo considerada alternativa para o controle do cascudinho, podendo ser utilizada em conjunto com o enleiramento da cama do aviário e aplicação de inseticidas químicos (Japp et al., 2010; Libera, 2020). A ação inseticida se dá pelo contato e adsorção das partículas do pó ao corpo do inseto, quando ocorre abrasão e remoção da cera epicuticular, resultando na perda excessiva de água, estresse e morte do inseto (Alves et al., 2008). Outros pós de rocha, como o basalto e a bentonita, ricos em silício, que estão associados a resistência de pragas em plantas, tem o potencial pouco explorado como agente inseticida.

Potencial de controle

Estudos mais detalhados sobre a utilização de compostos minerais no controle de cascudinho são necessários, não só do ponto de vista do potencial inseticida, mas também do ponto de vista de disponibilidade, relação custo x benefício, bem como o impacto ambiental de sua utilização.

A terra diatomácea tem sido o substrato mais estudado como inseticida no controle do cascudinho, porém fatores como volume e custo tem sido um dos principais entraves para a sua utilização. A persistência da terra diatomácea na cama pode chegar até 8 meses mantendo uma atividade inseticida de 60%, além disso, pode exibir forte repelência contra *A. diaperinus*, causando reduções significativas na captura de insetos em áreas tratadas em comparação com áreas não tratadas. A repelência pode ser benéfica para direcionar os insetos para longe de áreas críticas. A eficiência da TD é influenciada por diversos fatores, temperatura, dosagem, umidade, tipo de substrato e a capacidade repelente.

Melhores desempenhos são obtidos em temperaturas mais altas (32 °C), substratos secos e limpos, como ração, onde as taxas de mortalidade podem atingir 95% (Alves et al., 2022).

Em contraste, sua eficácia é significativamente reduzida quando aplicada na cama de frango úmida, provavelmente devido à absorção e remoção de partículas de TD pela cama, demonstrando a importância da aplicação em áreas menos propensas à umidade. Portanto, é essencial garantir que seja aplicada em áreas secas ou combinada com outros métodos de controle mais eficazes em ambientes úmidos. Além disso, a ação mecânica do pó requer contato direto com os insetos, portanto, a aplicação estratégica é necessária para garantir que os insetos encontrem as superfícies tratadas.

O potencial inseticida de diversos insumos inorgânicos quanto, ao grau de letalidade, no controle de cascudinho foi avaliado, por meio de bioensaio, realizado por Abreu et al. (Prelo). Foram testados o gesso (GE), terra diatomácea (TD), silicato de magnésio (SM), basalto (BS) e Bentonita (BT), na forma isolada e associada (GE/TD, GE/SM, TD/SM e GE/TD/SM). Considerando os efeitos isolados, os compostos minerais apresentaram baixa eficiência no controle de insetos adultos, sendo que, o maior potencial inseticida foi proporcionado pelo SM (22,00%) seguido do BS e BT (10%).

Em relação a atividade como larvicida, o SM (92,00%) e a TD (50%) foram os minerais que apresentaram maior potencial inseticida, portanto, com maior potencial para o uso direto ou associado no controle de larvas. Já o BS (12,00%) e BT (24,00%) não apresentaram potencial, enquanto GE (0,00%) não demonstrou nenhum efeito no controle de larvas. A TD não se mostrou eficiente para o controle de insetos adultos, discordando da maioria dos trabalhos citados na literatura, como os obtidos por Alves et al. (2006) que observaram mortalidade de 78,10 e 49,1%, respectivamente para as dosagens de 172 e 86 g/m².

Afeito aditivo e sinergismo

A utilização de insumos minerais tem como principal objetivo explorar os efeitos aditivos e de sinergismo quando estes são incorporados em compostos bioativos associados, principalmente pelo maior potencial destes insumos como larvicida. Esta é uma nova estratégia que vem sendo estudada, principalmente no desenvolvimento de programas integrados de controle de pragas.

Efeitos aditivos e de sinergia, envolvendo a combinação da TD e a *B. bassiana* são relatados em diversas publicações, sendo que esta combinação aumenta a taxa de letalidade, quando comparada à ação isolada. Contudo, a presença de microrganismos eficazes limita a ação do componente fúngico. Isso indica que o controle integrado deve considerar cuidadosamente essas interações biológicas.

Conclusões

O uso de compostos bioativos como fungos, nematoides, extratos vegetais, feromônios e minerais, representa uma alternativa sustentável e eficaz ao controle químico tradicional do cascudinho na avicultura. Essas ferramentas, quando integradas, potencializam a mortalidade das pragas e reduzem impactos ambientais, promovendo um manejo mais equilibrado e seguro para a produção. No entanto, a transição dos resultados promissores de laboratório para a eficácia prática nos aviários enfrenta barreiras complexas. Embora a ciência comprove o potencial desses bioativos, a "vida real" de uma granja impõe desafios físicos, biológicos e logísticos que os métodos químicos tradicionais (mesmo com resistência) ainda conseguem contornar mais facilmente. Os principais motivos para essa lacuna entre a pesquisa e o campo estão na hostilidade do ambiente, complexidade de aplicação e formulação, comportamento do inseto, barreiras econômicas e de registro e velocidade de resposta.

Referências

- ALEXANDRE, T. M.; ALVES, L. F.; NEVES, P. M.; ALVES, S. B. Effect of temperature and poultry litter in *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) virulence against the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 75–82, 2006.
- ALVES, L. F. A.; BUZARELLO, G. D.; OLIVEIRA, D. G. P.; ALVES, S. B. Ação da terra de diatomácea contra adultos do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, n. 1, 2006.
- ALVES, L. F. A.; OLIVEIRA, D. G. P.; NEVES, P. M. O. J. Fatores que afetam a eficiência da Terra de Diatomácea no controle de adultos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 6, 2008.
- ALVES, L. F. A.; OLIVEIRA, D. G. P.; PARES, R. B. Liquid preparation of diatomaceous earth against the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, n. 89, p. 1–9, 2022.
- ALVES, V. S.; NEVES, P. M. J. O.; MOINO, A.; HOLZ, N. Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: *Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*) screening for lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) control. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 38, p. 76–80, 2012.
- ARENA, J. S.; MERLO, C.; DEFAGÓ, M. T.; ZYGADLO, J. A. Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest *Alphitobius diaperinus* and its associated microorganisms. **Journal of Pest Science**, v. 93, p. 403–414, 2020.
- AZIZA YASMIN, A.; GHORAI, N. C.; ISLAM, A. Effects of Phytochemicals in the Post Embryonic Development of the Lesser Mealworm - *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). **Internacional Journal of Recent Research in Life Sciences**, v. 3, n. 1, p. 25–33, 2016.
- BAEK, S.; NOH, M. Y.; MUN, S.; LEE, S. J.; ARAKANE, Y.; KIM, J. S. Ultrastructural analysis of beetle larva cuticles during infection with the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. **Pest Management Science**, v. 78, p. 3356–3364, 2022.
- BARTELT, R. J.; ZILKOWSKI, B. W.; COSSÉ, A. A.; STEELMAN, N.; SINGH, N. Male-Produced aggregation pheromone of the Lesser Mealworm beetle, *Alphitobius diaperinus*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, p. 422–434, 2009.
- BHAT, A. H.; CHAUBEY, A. K.; ASKARY, T. H. Global distribution of entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, p. 1–15, 2020.
- BONFIM, G. Cascudinho: impactos econômicos e técnicos. **Ourofino Saúde Animal**, 2015.
- CASTAGNOLA, A.; STOCK, S. P. Common virulence factors and tissue targets of entomopathogenic bacteria for biological control of lepidopteran pests. **Insects**, v. 5, p. 139–166, 2014.

- CAVALCANTE, G. M.; CARRANO, A. F.; VASCONCELOS, M. S. D. Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 9-14, 2006.
- CHERNAKI-LEFFER, A. M.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ALMEIDA, L. M. Selection for entomopathogenic fungi and LD50 of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. for the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, p. 187–191, 2007.
- COSTA, J. C. R.; DIAS, R. J. P.; MORENZ, M. J. F. Determining the adaptation potential of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis riobravus* and *Steinernema carpocapsae* in larvae of *Alphitobius diaperinus* and *Galleria mellonella*. **Parasitology Research**, v. 102, p. 139-144, 2007.
- COWAN, M. M. Plant Products as Antimicrobial Agents. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, n. 4, p. 64-582, 1999.
- CRIPPEN, T. L.; SHEFFIELD, C. L.; BEIER, R. C.; NISBET, D. J. The horizontal transfer of *Salmonella* between the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and poultry manure. *Zoonoses Public Health*, v. 65, e. 23–33, 2018.
- DONOSO, A.; N. PAREDES, N.; RETAMAL, P. Detection of antimicrobial resistant *Salmonella* Enterica strains in larval and adult forms of lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) from industrial poultry farms. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, n. 736, p. 1-6, 2020.
- FORST, S.; DOWDS, B.; BOEMARE, N.; STACHEBRANDT, E. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp.: Bugs that kill bugs. **Annual Review of Microbiology**, v. 51, p. 47–72, 1997.
- GAIRE, S.; O'CONNELL, M.; HOLGUIN, F. O.; AMATYA, A.; BUNDY, S.; ROMERO, A. Insecticidal properties of essential oils and some of their constituents on the Turkestan cockroach (Blattodea: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 110, p. 584–592, 2017.
- GEBAUER, S.; POMPERMAYER, K.; OLIVEIRA, D. G. P.; SILVA, F. G. P.; ROSSET, J.; BANDEIRA, D. M.; SOUZA, G. T.; OLIVEIRA, M. S.; SILVA, G. H.; ALVES, L. F. A.; ET AL. *Mentha* spp. essential oils: Toxicity to *Alphitobius diaperinus*, activity against poultry pathogenic bacteria, and *Beauveria bassiana* compatibility. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 31, 34010–34027, 2024.
- GOODRICH-BLAIR, H. They've got a ticket to ride: *Xenorhabdus* nematophila–*Steinernema carpocapsae* symbiosis. **Current Opinion in Microbiology**, v. 10, p. 225–230, 2007.
- GRŽINIĆ, G.; PIOTROWICZ-CIEŚLAK, A.; KLIMKOWICZ-PAWLAS, A.; GÓRNY, R. L.; ŁAWNICZEK-WAŁCZYK, A.; PIECHOWICZ, L.; OLKOWSKA, E.; POTRYKUS, M.; TANKIEWICZ, M.; KRUPKA, M. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. **Science of the Total Environment**, v. 850, 160014, 2022.
- HASSEMER, M. J.; BORGES, M.; WITHALL, D. M.; PICKETT, J. A.; LAUMANN, R. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Development of pull and push-pull systems for management of Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus*, in poultry houses using alarm and aggregation pheromones. **Pest Management Science**, v. 75, n. 4, p. 1107-1114, 2019.
- HASSEMER, M. J.; SANT'ANA, J.; BORGES, M.; WITHALL, D.; PICKETT, J. A.; OLIVEIRA, M. W. M.; LAUMANN, R. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Revisiting the male-produced aggregation pheromone of the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera, Tenebrionidae): Identification of a six-component pheromone from Brazilian populations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 64, p. 6809–6818, 2016.
- INGLIS, G. D.; GOETTEL, M. S.; BUTT, T. M.; STRASSER, H. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (ed.). **Fungi as biocontrol agents**: progress, problems, and potential. Wallingford: CABI Publishing, 2001.
- JAPP, A. K.; BICHO, C. L.; da SILVA, A. V. F. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. **Ciência Rural**, v. 7, n. 40, 2010.
- KIM, J. R.; JEONG, I. H.; LEE, Y. S.; LEE, S. G. Insecticidal activity of cinnamon essential oils, constituents, and (E)-cinnamaldehyde analogues against *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) nymphs and adults. **Korean Journal of Applied Entomology**, v. 54, p. 375–382, 2015.
- KOC, S.; POLAT, B.; CENGİZ, A.; KAHRAMAN, S.; TUFAN-CETIN, O.; CETIN, H. Effectiveness of some microbial biopesticides based on *Bacillus* against lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 31, p. 1537–1540, 2022.
- KOPPENHÖFER, H. S. Bacterial symbionts of *Steinernema* and *Heterorhabditis*. In: NGUYEN, K. B.; HUNT, D. J. (ed.). **Entomopathogenic nematodes**: systematics, phylogeny and bacterial symbionts. Leiden: Brill, 2010. p. 735–808.
- LEWIS, E. E.; CAMPBELL, J.; GRIFFIN, C.; KAYA, H.; PETERS, A. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. **Biological Control**, v. 38, p. 66–79, 2006.

- LIBERA, R. Controle de cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) como importância no controle das *Salmonellas*. **CINERGES**, Saúde e Nutrição Animal, 1 jun. 2020.
- MARCOMINI, A. M.; ALVES, L. F. A.; BONINI, A. K.; MERTZ, N. R.; SANTOS, J. C. Atividade inseticida de extratos vegetais e do óleo de Neem sobre adultos de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera, Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n.3, p. 409-416, 2009.
- MARQUES, C. R. G.; MIKAMI, A. Y.; PISSINATI, A.; PIVA, L. B.; SANTOS, J. A. P.; VENTURA, A. Y. Mortalidade de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) por óleo de Neem e Citronela. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2565-2574, 2013.
- MAZEN, N. A. M. *Alphitobius diaperinus* as an intermediate host for cestodes and its role in the transmission of toxigenic fungi. **Egyptian Journal of Experimental Biology**, v. 2, p. 129–136, 2006.
- MWERESA, C. K.; MUKABANA, W. R.; VAN LOON, J. J. A. Use of semiochemicals for surveillance and control of hematophagous insects. **Chemoecology**, v. 30, p. 277–286, 2020.
- ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. O. Molecular genetics of *Beauveria bassiana* Infection of Insects. **Advances in Genetics**, v. 94, p. 165-249, 2016.
- PARK, Y.; HUA, G.; TAYLOR, M. D.; ADANG, M. J. A coleopteran cadherin fragment synergizes toxicity of *Bacillus thuringiensis* toxins Cry3Aa, Cry3Bb, and Cry8Ca against lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 123, p. 1–5, 2014.
- PEZOWICZ, E.; MAZURKIEWICZ, A.; TUMIALIS, D. Sensitivity of imago and larvae of the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* in a sawdust litter to selected species and strains of *Steinernematidae* and *Heterorhabditidae* under laboratory conditions. **Annals of Warsaw University of Life Sciences**, v. 52, p. 161–166, 2013.
- POINAR JUNIOR, G. O.; GREWAL, P. S. History of entomopathogenic nematology. **Journal of Nematology**, n. 44, p. 153, 2012.
- POPOWSKA-NOWAK, E.; TUMIALIS, D.; PEZOWICZ, E. Susceptibility of lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) to entomopathogenic fungi isolated from poultry houses litter and nearby soil. **Studia Ecologiae et Bioethicae**, v. 15, n. 4, p. 31–39, 2017.
- RICE, S. J.; FURLONG, M. J. Synergistic interactions between three insecticides and *Beauveria bassiana* in lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 200, 107974, 2023.
- ROCHE, A. J.; COX, N. A.; RICHARDSON, L. J.; BUHR, R. J.; CASON, J. A.; FAIRCHILD, B. D.; HINKLE, N. C. Transmission of *Salmonella* to broilers by contaminated larval and adult lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*). **Poultry Science**, v. 88, p. 44–48, 2009.
- RUMBOS, C. I.; ATHANASSIOU, C. G. Insecticidal effect of six entomopathogenic nematode strains against *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 50, p. 21–26, 2012.
- SCHMIDT, G. S.; ABREU, P. G. Manejo integrado para o controle do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) na produção de frangos de corte. **Avicultura Industrial**, n. 5, 2023.
- SCHMIDT, G. S.; ABREU, P. G. de; CUNHA JÚNIOR, A.; BASTOS, A. P.; DEQUIGIOVANI, D.; HELING, L. R. **Compostos orgânicos e biológicos associados para controle de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (cascudinho) na produção de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2024, 23 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 253).
- SINGH N., JOHNSON D. T. Baseline susceptibility and cross-resistance in adult and larval *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) collected from poultry farms in Arkansas. **Journal Economic Entomology**, v. 108, p. 1994–1999, 2011.
- SINGH, N.; JOHNSON, D. T. Attractiveness of an aggregation pheromone lure and chicken droppings to adults and larvae of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 2196-2206, 2012.
- SZCZEPANIK, M.; RASZKOWSKA-KACZOR, A.; OLKIEWICZ, D.; BAJER, D.; BAJER, K. Use of starch granules enriched with carvacrol for the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, control in chicken houses: effects on insects and poultry. **Journal of Poultry Science**, v. 57, p. 168–174, 2020.
- VELUSAMY, R.; LATCHUMIKANTHAN, A.; VIJAYASARATHI, M. K. The lesser mealworm beetle (*Alphitobius diaperinus*) as an intermediate host for poultry tapeworm *Raillietina cesticillus*. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, v. 44, p. 72–77, 2023.

VOLPATO, A.; BARETTA, D.; ZORTÉA, T.;
CAMPIGOTTO, G.; GALLIA, M.; GLOMBOWSKY, P.;
SANTOS, R. C. V.; QUATRIND, P. M.; OURIQUE, A.
F.; BALDISSERA, M. D.; STEFANIA, C. M.; SILVA, A.
S. Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against Mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental. **Journal of Ásia-Pacific Entomology**, v. 19, n. 4, p. 1159-1165, 2016.

