



RAFAEL CARVALHO DE RESENDE

**SELETIVIDADE DE *BEAVERIA BASSIANA* E
METARHIZIUM ANISOPLIAE AO PREDADOR *DORU*
LUTEIPES (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

**LAVRAS-MG
2022**

RAFAEL CARVALHO DE RESENDE

**SELETIVIDADE DE *BEAUVERIA BASSIANA* E *METARHIZIUM ANISOPLIAE* AO
PREDADOR *DORU LUTEIPES* (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Lavras, área de concentração em Entomologia, linha de pesquisa Manejo Integrado de Pragas e Controle Biológico, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Prof^ª Dr.^a. Rosangela Cristina Marucci

**LAVRAS-MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Resende, Rafael Carvalho de.

Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*
ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) /
Rafael Carvalho de Resende. - 2022.

62 p. : il.

Orientador(a): Rosangela Cristina Marucci.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Compatibilidade. 2. Controle-Biológico. 3. Fungos-
entomopatogênicos. I. Marucci, Rosangela Cristina. II. Título.

RAFAEL CARVALHO DE RESENDE

**SELETIVIDADE DE *BEAUVERIA BASSIANA* E *METARHIZIUM ANISOPLIAE* AO
PREDADOR *DORU LUTEIPES* (SCUDDER) (DERMAPTERA: FORFICULIDAE)**

**SELECTIVITY OF *BEAUVERIA BASSIANA* AND *METARHIZIUM ANISOPLIAE* TO
THE PREDATOR *DORU LUTEIPES* (SCUDDER) (DERMAPTERA:
FORFICULIDAE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Lavras, área de concentração em Entomologia, linha de pesquisa Manejo Integrado de Pragas e Controle Biológico, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 27 de Julho de 2022.

Prof. Dr. Alcides Moino Junior

UFLA

Dra. Simone Martins Mendes

EMBRAPA

Prof^ª Dr^ª. Rosangela Cristina Marucci

Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por nunca se esquecer de mim e estar sempre ao meu lado, enchendo de paz e acalmando o meu coração, me guardando durante todo o tempo, de maneira especial no período de realização dos experimentos, onde enfrentamos a pandemia e todas as preocupações se intensificaram.

Aos meus familiares, por sempre me apoiarem e incentivarem a continuar. Márcio, Lucimara, Margarete, Alex, Daniel, Miguel, Ludmyla e Davi, meu muito obrigado.

À minha namorada, Vitória. Por sempre estar ao meu lado nos momentos difíceis, por me ouvir e me apoiar, além de compreender as várias vezes que precisei estar ausente.

À UFLA e de maneira especial ao Departamento de Entomologia (DEN), pelo acolhimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

À Professora Rosangela Cristina Marucci, pela orientação. Por sempre me apoiar e estimular a dar o meu melhor. Por toda a paciência, carinho e atenção para comigo.

Ao Professor Alcides Moino Junior, pela aquisição e fornecimento dos isolados que foram utilizados, por ceder um espaço em seu laboratório para o desenvolvimento dos experimentos e por toda a receptividade que teve para comigo.

A Fernanda Soares Sales e ao Pedro Guedes Chagas, pelo apoio durante toda a realização do projeto, desde o treinamento para o preparo dos meios de cultura até a montagem dos experimentos. Sem vocês este trabalho nunca teria sido concluído.

Ao Edson Luís Resende (Edinho), pelo apoio no preparo das concentrações e auxiliar na identificação e confirmação dos fungos.

A Karolina Gomes de Figueiredo e ao Marvin Mateo Pec Hernández, por todo o apoio com as análises estatísticas.

Aos meus amigos do LCBiol e do DEN (alunos e técnicos), por todos os momentos de descontração e as conversas durante o momento do café. Todos vocês foram essenciais nesta minha caminhada.

Obrigado!

RESUMO GERAL

Doru luteipes (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) é um predador voraz que desempenha importante papel ecológico na regulação de artrópodes-praga. Com ampla ocorrência natural em sistemas de cultivo agrícolas neotropicais, possui hábito noturno e durante o dia busca abrigo em locais estreitos, úmidos e escuros, como por exemplo o cartucho da planta de milho. Além disso, é um inseto onívoro, com capacidade de utilizar recursos complementares como pólen de milho e esporos de fungos fitopatogênicos, o que auxilia no estabelecimento em campo. Fêmeas de *D. luteipes* apresentam o comportamento peculiar de cuidar dos ovos, denominado cuidado maternal, por meio do qual garantem a sobrevivência, potencial reprodutivo e, possivelmente, protegem a prole contra entrada de patógenos e posterior infecção. Visando integrar estratégias de controle de insetos-praga mais sustentáveis, a utilização de produtos microbiológicos à base de fungos está cada vez mais frequente, com destaque para *Beauveria bassiana* (Balsamo), Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae). No campo, tais fungos podem apresentar interações diretas ou indiretas com este predador, ainda não foram mensuradas. Pensando na atuação conjunta de agentes macro e microbiológicos, avaliou-se primeiramente se os isolados IBCB 66 (*B. bassiana*) e IBCB 425 (*M. anisopliae*) são patogênicos aos diferentes estágios de *D. luteipes* e, posteriormente, se a manipulação dos ovos, realizada pelas fêmeas durante o cuidado maternal, evita ou reduz a infecção microbiana. Para o teste de patogenicidade foi utilizado exposição tópica e em filme seco dos insetos e suspensões fúngicas nas concentrações crescentes de 10^4 a 10^8 conídios.mL⁻¹. Os resultados indicaram que estes isolados, nas concentrações e formas de exposição testadas não são patogênicos a *D. luteipes* e, portanto, são compatíveis para utilização em conjunto. Adicionalmente, foi manipulada a presença ou ausência do cuidado maternal após exposição total e parcial dos ovos aos mesmos isolados, na concentração de 10^8 conídios.mL⁻¹. Os resultados evidenciaram que o cuidado maternal exercido por fêmeas de *D. luteipes* reduz os efeitos da exposição dos ovos aos esporos de fungos entomopatogênicos e garante o sucesso do desenvolvimento embrionário e da prole.

Palavras chave: Compatibilidade. Controle-Biológico. Fungos-entomopatogênicos. Cuidado-maternal. Patogenicidade.

GENERAL ABSTRACT

Doru luteipes (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) is a voracious predator that plays an important ecological role in the regulation of pest arthropods. With wide natural occurrence in neotropical farming systems, it has a nocturnal habit and during the day it seeks shelter in narrow, humid and dark places, such as the corn plant cartridge. In addition, they are omnivorous insects, with the ability to use complementary resources such as corn pollen and spores of phytopathogenic fungi, which corroborates their establishment in the field. Females of *D. luteipes* have the peculiar behavior of caring for the eggs, called maternal care, through which they guarantee survival, reproductive potential and, possibly, protect the offspring against the entry of pathogens and subsequent infection. In order to integrate more sustainable insect pest control strategies, the use of fungal-based microbiological products is increasingly frequent, with emphasis on *Beauveria bassiana* (Balsamo), Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) and *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae). In the field, such fungi may present direct or indirect interactions with this predator, but they have not yet been measured. Considering the joint action of macro and microbiological agents, we first evaluated if the isolates IBCB 66 (*B. bassiana*) and IBCB 425 (*M. anisopliae*) are pathogenic to the different stages of *D. luteipes* and, later, if the manipulation of the eggs, carried out by the females during maternal care, prevents or reduces microbial infection. For the pathogenicity test, we used topical and dry film exposure of insects and fungal suspensions at increasing concentrations from 10^4 to 10^8 conidia.mL⁻¹. Our results indicated that these isolates, at the concentrations and exposure methods tested, are not pathogenic to *D. luteipes* and, therefore, are compatible for use together. Additionally, we manipulated the presence or absence of maternal care after total and partial exposure of eggs to the same isolates, at a concentration of 10^8 conidia.mL⁻¹. Our results showed that maternal care exercised by females of *D. luteipes* reduces the effects of exposure of eggs to entomopathogenic fungal spores and ensures successful embryonic and offspring development.

Keywords: Compatibility. Biological control. Entomopathogenic fungi. Maternal care. Pathogenicity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	12
1. ARTIGO	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	19
Obtenção e manutenção de insetos e dos isolados	19
<i>Doru luteipes</i>	19
Isolados	20
Patogenicidade dos isolados de <i>M. anisopliae</i> e de <i>B. bassiana</i> sobre o predador <i>Doru luteipes</i>	20
Exposição dos Ovos	21
Exposição das ninfas	21
Exposição dos adultos	22
Análise estatística e correção da eficiência de mortalidade	22
RESULTADOS	23
Isolado IBCB 66 de <i>Beauveria bassiana</i>	23
Isolado IBCB 425 de <i>Metarhizium anisopliae</i>	24
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29
2. ARTIGO	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	43
Obtenção de <i>Doru luteipes</i>	43
Obtenção dos isolados e preparo das suspensões	44
Efeito do cuidado maternal com e sem exposição aos fungos entomopatogênicos	44
Análise estatística	46
RESULTADOS	47
DISCUSSÃO	51
CONCLUSÃO	54

REFERÊNCIAS.....	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

INTRODUÇÃO GERAL

Insetos da ordem Dermaptera, popularmente conhecidos como tesourinhas, desempenham papel ecológico como predador de diversas espécies de insetos-praga, como ovos e pequenas larvas de Lepidoptera (Noctuidae e Crambidae) (Cruz et al., 1995; Pasini et al., 2007; Sueldo et al., 2009; Naranjo-Guevara et al., 2017), tripes (Silva et al., 2022 b), pulgões (Cruz, 2007) e moscas-das-frutas (Hennessey, 1997).

A tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), muito abundante em áreas agrícolas, se destaca como agente entomófago de controle biológico, principalmente em função da voracidade de predação e relativa facilidade de criação massal, por meio de dieta artificial. Ocorre em regiões neotropicais e, ao contrário de outros predadores, possui hábito noturno (Naranjo-Guevara et al., 2017), se abriga em locais estreitos, úmidos e escuros (Oliveira et al., 2011; Silva et al., 2018). No entanto, apresenta um ciclo de vida longo, de aproximadamente 220 dias (fase jovem e adulto) (Cruz; et al., 1995; Silva et al., 2010, 2018).

No milho, a incidência de *D. luteipes* coincide com a ocorrência de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuide) e os dois compartilham o mesmo micro-habitat, o cartucho do milho (Marucci et al., 2019 b), local de elevada umidade e fator de vital importância para o desenvolvimento embrionário do predador (Cruz, 1995). Quando adultos, podem ser observados também nas espigas e pendões do milho (Pasini et al., 2007), contribuindo para o controle biológico natural. Além disso, apresentam capacidade de utilizar recursos alimentares complementares como pólen de milho (Marucci et al., 2019 a e b) e esporos de fungos fitopatogênicos (Silva et al., 2022 a).

Embora nos últimos anos os produtos microbiológicos estejam sendo incorporados às estratégias de manejo integrado de pragas nas lavouras de milho (Michereff et al., 2009; Bolzan et al., 2019), não há informações a respeito da seletividade ao predador *D. luteipes*.

Dentre os fungos entomopatogênicos mais utilizados destacam-se, pela versatilidade, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae). O gênero *Metarhizium* de distribuição mundial (Alves, 1998; Zimmermann, 2007)), possui capacidade de infectar naturalmente mais de 300 espécies de artrópodes das mais variadas ordens, incluindo insetos-praga de importância para a agropecuária, como a cigarrinha da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae).

Já o gênero *Beauveria*, foi relatado infectando mais de 200 espécies de insetos, pertencentes a diversas ordens (Gomes et al., 2004). Produtos à base de *B. bassiana* são utilizados para o

controle de diversos artrópodes-praga, com destaque para a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), cuja infestação tem aumentado progressivamente nas últimas safras (Oliveira e Frizzas, 2022). Como a aplicação é direcionada ao cartucho do milho, local onde *D. luteipes* se abriga (Cruz et al., 1995), o produto pode atingir diretamente os ovos e os demais estágios do inseto.

Entre os isolados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* mais efetivos e com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso como inseticida microbiológico destacam-se os isolados IBCB 425 e IBCB 66, respectivamente (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2022), sendo esses selecionados para esta pesquisa.

No caso de se verificar interação direta ou indireta entre os agentes entomopatogênicos e os entomófagos, efeitos deletérios podem ocorrer nos diferentes estágios de desenvolvimento do predador. Maior vulnerabilidade aos entomopatógenos quanto às defesas físicas e químicas normalmente são observadas nas fases iniciais de desenvolvimento, como efeitos ovicidas (Alves, 1998; Rampelotti et al., 2007; Pena et al., 2009). No caso dos dermápteros, considerados insetos subsociais, existe um diferencial, pois as fêmeas realizam cuidado parental ou maternal (Lamb e Wellington, 1975), por meio do qual não somente asseguram a sobrevivência e/ou potencial reprodutivo da prole (Greer et al., 2020), possivelmente, protegem e removem patógenos microbianos dos ovos (Costa, 2006; Trumbo, 2012). Curiosamente, qualquer distúrbio sofrido pelas fêmeas pode resultar em canibalismo dos próprios ovos (Matzke e Klass, 2005). Assim, as fêmeas por meio das mandíbulas manipulam e rotacionam os ovos a determinados intervalos de tempo, o que é decisivo para o sucesso do desenvolvimento embrionário (Costa, 2006).

É comum em várias espécies de Dermaptera, caso as posturas estejam em ambiente inóspito, as fêmeas transportam os ovos para um local mais adequado, com mais umidade, condição fundamental para assegurar alta viabilidade. As fêmeas, além de movimentar e reorganizar os ovos, provavelmente aplicam secreções com função de umidificação e desinfecção dos mesmos (Matzke e Klass, 2005), porém em muitos casos não se sabe se a defesa é química ou apenas de remoção mecânica (Costa, 2006).

Resultados experimentais indicam que, durante a limpeza, ocorre salivagem no cório do ovo, o que evita a infecção por fungos com menor investimento tanto em tempo, quanto em energia no cuidado da prole (Butnariu et al., 2013; Silva et al., 2018; Greer et al., 2020). Há também evidências de que possa ocorrer transferência vertical de microrganismos simbiotes das fêmeas para a superfície dos ovos durante a limpeza, visando evitar ou reduzir infecções por fungos. Adicionalmente, a presença da fêmea associada ao manuseio dos ovos parece estar

associada à reposição destes microrganismos, mantendo-os em níveis ideais para proteção dos ovos (Greer et al., 2020).

O cuidado maternal parece ser restrito aos ovos e ninfas jovens, porém a relação com as ninfas varia de espécie para espécie (Matzke e Klass, 2005). Butnariu et al. (2013) observaram que quando as ninfas de *Doru lineare* (Eschs) (Dermaptera: Forficulidae) saem do abrigo, as fêmeas carregam-nas de volta visando mantê-las agrupadas e próximas de si. Fêmeas de *Anisolabis maritima* (Borelli) (Dermaptera: Labiduridae) protegem tanto os ovos quanto as ninfas de primeiro ínstar, principalmente do canibalismo de coespecíficos. Elas constroem os ninhos, se posicionam próximas aos ovos e, por meio das mandíbulas, passam grande parte do tempo higienizando-os e movimentando-os (Butnariu et al., 2013; Silva et al., 2018; Greer et al., 2020).

Costa (2006), cita vários exemplos de espécies de tesourinhas cujas fêmeas foram isoladas de parte da massa de ovos, o que resultou em redução da viabilidade, contaminação por fungos e canibalismo. Dessa forma, quando os ovos são mantidos na presença das fêmeas ocorre: *i*) remoção mecânica dos esporos do patógeno, *ii*) aplicação de um agente antimicrobiano (secreção salivar antibiótica) ou *iii*) ambos. Porém, não se sabe qual estratégia é adotada por *D. luteipes* no cuidado da prole.

Para compatibilizar o uso de agentes macro e microbiológicos é importante compreender as interações e as estratégias utilizadas pelas fêmeas de *D. luteipes* durante o cuidado maternal para cuidar e proteger os ovos e ínstars iniciais contra fungos entomopatogênicos.

Dessa forma, o primeiro objetivo foi verificar se os isolados de *B. bassiana* IBCB 66 e de *M. anisopliae* IBCB 425 são patogênicos aos diferentes estágios de *D. luteipes*, e o segundo investigar se a manipulação dos ovos realizada pelas fêmeas durante o cuidado maternal, evita ou reduz a infecção microbiana.

Com base no exposto, hipotetizou-se que por meio do cuidado maternal, as fêmeas de *D. luteipes* podem reduzir os efeitos negativos que os fungos entomopatogênicos podem exercer sobre os ovos e ninfas de primeiros ínstars, o que pode viabilizar o uso conjunto desses agentes.

Os resultados obtidos na pesquisa foram utilizados na elaboração de dois manuscritos, os quais serão apresentados na sequência.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: (Coord.). In: ALVES, S. B **Controle microbiano de insetos**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, p.147-176. 1998.
- BOLZAN, F. T.; FOLMANN, N.D.; MENEGHETTI, B.C; PICON, C.L.; RIBEIRO, P.L.A. Biological Pest Control in Maize Crop in Brazil: A Review. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 187. 2019.
- BUTNARIU, A. R.; PASINI, A.; REIS, S.F.; BESSA, E. Maternal Care by the Earwig *Doru lineare* Eschs. (Dermaptera: Forficulidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 26, n. 5, p. 667–678. 2013.
- COSTA, J.T. The other insect societies. Cambridge (MA): Harvard University Press. p. 49–80. 2006.
- CRUZ, I. Manejo integrado de pragas com ênfase para o controle biológico. p. 48–92. 1995.
- GOMES, E. A.; CARNEIRO, A.A.; NONATO, L.F.V.; BRITTO, W.M.A.; FERNANDES, F.T.; CARNEIRO, N.P.; GUIMARAES, C.T.; CRUZ, I. Caracterização Molecular de Fungos Entomopatogênicos Utilizados no Controle Biológico de Pragas do Milho – *Beauveria bassiana* versus *Spodoptera frugiperda*. 10 p. **Comunicado Técnico 93**, Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2004.
- GREER, J. A.; SQEI, A.; VREDENBURG T. V.; ZINK, G.A. Parental Care Alters the Egg Microbiome of Maritime Earwigs. **Microbial Ecology**, v. 80, n. 4, p. 920–934. 2020.
- HENNESSEY, M.K. Predation on wandering larvae and pupae of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava and carambola grove soils. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v. 14, n. 2, p. 129–138. 1997.
- LAMB, R.; WELLINGTON, W. História de vida e características da população da tesoura europeia, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), em Vancouver, British Columbia. **The Canadian Entomologist**, v. 107, n. 8, 819-824. 1975.
- MARUCCI, R. C.; SOUZA, L.I; SILVA, O.L.; AUAD, M.A.; MENDES. M.S. Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 584–588. 2019.
- MATZKE, D.; KLASS, K.D. Reproductive biology and nymphal development in the basal earwing *Tagalina papua* (Insecta:Dermaptera:Pygidicranidae) with a comparison of brood care in Dermaptera and Embioptera. **Entomologische Abhandlungen**, v. 62, n. 2, p.99-116,2005.
- MICHEREFF FILHO, M.; FARIA.M; WRAIGHT, S.P; SILVA, K.F.A.S. MicoInseticidas E Micoacaricidas No Brasil: Como Estamos Após Quatro Décadas? **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 4, p. 769–779. 2009.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br>>. Acesso em: 1 maio. 2022.
- NARANJO-GUEVARA, N.; PEÑAFLORES, G.V.F.M.; CABEZAS-GUERRERO, F.M.; BENTO, S.M.J. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **The Science of Nature**, v. 104, n. 9–10, p. 77. 2017.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. "Eight Decades of *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What We Know and What We Need to Know." **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 1-17. 2021.

OLIVEIRA, F. Q.; BATISTA, L.J.; MALAQUIAS, B.J.; BRITO, H.C.; SANTOS, P.E. Susceptibility of the predator *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) to microinsecticides. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 37, n. 2, p. 234–237. 2011.

PASINI, A.; PARRA, J. R. P.; LOPES, J. M. Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), predador da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 2, p. 1-4. 2007.

PENA, M. R.; SILVA, M.N.; BENTES, J.L.S.; ALVES, B.S.; BEZERRA, E.J.S.; VENDRAMIM, J.D.; LOURENÇÃO, A.L; HUMBER, R.A. Inibição Do Desenvolvimento De *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) Por *Aschersonia* Cf. *Aleyrodia webber* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 4, p. 619–625. 2009.

RAMPELOTTI, F. T.; FERREIRA, A.; PRANDO, H.F.; GRÜTZMACHER, A.D; MARTINS, J.F.S.; TCACENCO, F.A.; MATTOS, M.L.T. Patogenicidade De *Metarhizium Anisopliae* (Metsch.) Sorokin Sobre As Fases Do Desenvolvimento De *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) Em Condições De Laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 74, n. 2, p. 141–148. 2007.

SILVA, L. P. **Compatibilidade da combinação de *Doru luteipes* (Hemiptera, Anthocoridae) para regulação de Tripes-Praga (Thysanoptera , Thripidae)**. Dissertação de Mestrado em Entomologia – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 52 p. 2019.

SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Aspectos biológicos de *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) alimentada com o pulgão *Hyadaphis foeniculi* (Hemiptera: Aphididae). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 21–27. 2010.

SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Biological development of *Euborellia annulipes* reared with artificial diets and *Ephestia kuehniella* eggs. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 48, n. 3, p. 295–298. 2018.

SILVA, D. D.; MENDES, S.M.; PARREIRA, D.F.; PACHECO, R.C.; MARUCCI, R.C.; COTA, L.V.; COSTA, R.V.; FIGUEIREDO, J.E.F. et al. Fungivory: A new and complex ecological function of *Doru Luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. e238763. 2022.

SILVA L.P., SOUZA I.L., MARUCCI R.C., GUZMAN-MARTINEZ M. *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) as Nocturnal and Diurnal Predators of Thrips. **Neotropical Entomology**, 2022.

SUELDO, R.; GLADYS, M.; VIRLA, E. G. Datos biológicos de *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) en plantaciones de caña de azúcar y consumo de huevos de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) en condiciones de laboratorio. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 68, n. 4, p. 359–363. 2009.

TRUMBO S.T. Patterns of parental care in invertebrates. In: Royle NJ, Smiseth PT, Kolliker M, editors. The evolution of parental care. 1st ed. Oxford: Oxford University Press. p. 81–93. 2012.

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 9, p. 879–920. 2007.

1. ARTIGO

TÍTULO: *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) é suscetível a *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*?

Rafael Carvalho de Resende, Pedro Guedes Chagas, Fernanda Soares Sales, Karolina Gomes de Figueiredo, Rosangela Cristina Marucci, Alcides Moino Junior

Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Lavras, MG, Brasil.
E-mail: rcresende7@gmail.com

O artigo será transcrito para língua inglesa e seguirá as normas da Revista Neotropical Entomology a qual será encaminhado para publicação.

RESUMO

O predador noturno *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) ocorre naturalmente em lavouras de milho e busca abrigo durante o dia no cartucho destas plantas. Para garantir sua permanência em campo é importante priorizar a adoção de soluções sustentáveis como aplicação de produtos microbiológicos. Dentre os fungos entomopatogênicos mais utilizados, *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) se destacam pela versatilidade e capacidade de infectar naturalmente diversos insetos-praga. O objetivo deste trabalho foi verificar se os isolados IBCB 66 de *B. bassiana* e IBCB 425 de *M. anisopliae* são patogênicos aos diferentes estágios do predador *D. luteipes*. Os insetos foram expostos de forma tópica e em filme seco às concentrações crescentes de 10^4 a 10^8 conídios.mL⁻¹ de cada isolado. Foram obtidos baixos valores de mortalidade confirmada pela infecção dos isolados (< 15%) e alta viabilidade dos ovos e estádios ninfais sob exposição tópica e em filme seco para ambos os isolados nas concentrações testadas. Diferenças significativas com prolongamento da duração do 3º e 4º ínstars foram observadas apenas para *B. bassiana* na concentração de 10^8 conídios.mL⁻¹ e para o número de ovos depositados por fêmeas expostas a *M. anisopliae* na concentração de 10^6 conídios.mL⁻¹. Os resultados mostram que os isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* nas concentrações utilizadas, tanto sob exposição tópica, como em filme seco, são seletivos a *D. luteipes* e apresentam compatibilidade para utilização conjunta.

Palavras chave: Tesourinha. Entomopatógeno. Controle-Biológico. Fungos. Compatibilidade. Seletividade.

ABSTRACT

The nocturnal predator *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) occurs naturally in maize crops and seeks shelter during the day in the cartridge of these plants. To ensure their permanence in the field, it is important to prioritize the adoption of sustainable solutions such as the application of microbiological products. Among the most used entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) and *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) stand out for their versatility and ability to naturally infect several insect pests. The objective of this work was to verify if the isolates IBCB 66 of *B. bassiana* and IBCB 425 of *M. anisopliae* are pathogenic to different stages of the predator *D. luteipes*. The insects were exposed topically and on dry film to growing suspensions of 10^4 to 10^8 conidia.mL⁻¹ of each isolate. Low values of mortality effectively confirmed by the infection of the isolates (< 15%) and high viability of eggs and nymphal stages were obtained under topical and dry film exposure for both isolates at the concentrations tested. Significant differences with prolonged duration of the 3rd and 4th instars were observed only for *B. bassiana* at a concentration of 10^8 conidia.mL⁻¹ and for the number of eggs laid by females exposed to *M. anisopliae* at a concentration of 10^6 conidia.mL⁻¹. Our results show that the isolates of *B. bassiana* and *M. anisopliae* at the concentrations used, both under topical exposure and in dry film, are selective for *D. luteipes* and are compatible for joint use.

Key-words: Earwig. Entomopathogen. Biological control. Fungi. Compatibility. Selectivity.

INTRODUÇÃO

A tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) é um predador onívoro cuja ocorrência está relacionada aos países da América do Sul e comumente encontrada na cultura do milho, principalmente, nos estádios iniciais de desenvolvimento (Cruz et al., 1995). Possui hábito noturno (Lamb e Wellington 1975; Sueldo et al. 2010; Naranjo-Guevara et al., 2017; Haas 2018) e comportamento tigmotátil (Jarvis et al. 2005), o que permite abrigar-se durante o dia no cartucho das plantas de milho (Pasini et al., 2007), onde além de encontrar presas (Waquil et al., 2016; Zambiazzi et al., 2016), tem acesso a alimentos complementares como esporos de fungos (Silva et al., 2022 a) e pólen de milho (Marucci et al., 2019 a e b).

Para assegurar a sobrevivência e manutenção de *D. luteipes* na cultura do milho é importante associar o manejo de pragas e doenças com a utilização de produtos de origem biológica. Por meio dessa estratégia, é possível minimizar o uso de inseticidas químicos e reduzir a seleção de indivíduos resistentes (Bayu e Prayogo, 2018; Ahmed e Freed, 2021).

Dentre os produtos de origem biológica, os mais utilizados nas culturas agrícolas são os microbiológicos (Croplife Brasil, 2021). No entanto, há uma lacuna na literatura em relação à compatibilidade entre agentes microbiológicos e os agentes macrobiológicos (Dias et al., 2019) de ocorrência natural, como *D. luteipes*.

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), estão entre os fungos entomopatogênicos mais pesquisados e comercializados (Mcguire e Northfield, 2020). Ambos apresentam versatilidade, boa capacidade de multiplicação e dispersão no ambiente e possibilidade de serem empregados em conjunto com os agentes macrobiológicos ou entomófagos (Sayed et al., 2019; Ahmed e Freed, 2021).

Metarhizium anisopliae é comumente utilizado para o controle da cigarrinha da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) (Mateus et al., 2020) e *B. bassiana* para o controle de *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) (Cota et al., 2021). Como a aplicação de inseticidas químicos ou microbiológicos é direcionada ao cartucho do milho, local onde *D. luteipes* se abriga (Cruz et al., 1995), os ovos e demais estádios do inseto são os alvos atingidos.

Os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, dependendo do isolado, concentração e forma de exposição podem afetar direta ou indiretamente predadores como *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) (Mohamed, 2019), *Adalia bipunctata* (L.) e *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) (Roy et al., 2008), *Gaeolaelaps gillesspiei* (Beaulieu) (Acarina: Acaridae) (Saito e Brownbridge, 2016). No

entanto, são compatíveis para uso em conjunto com *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (Castro et al., 2019; Dias et al., 2020), *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) (Gao et al., 2012) e *Orius albidipennis* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) (Pourian et al., 2010).

Embora a sobrevivência da tesourinha *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae), não tenha sido afetada por esses fungos, efeitos na taxa de eclosão de ninfas deste predador após exposição a *B. bassiana* foram observados (Oliveira et al., 2011). No entanto, não há informações sobre os efeitos desses agentes microbianos sobre *D. luteipes*.

Entre os isolados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* mais efetivos e com registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso como inseticida microbiológico destacam-se o IBCB 425 e o IBCB 66, respectivamente (Almeida, 2020). De acordo com a última atualização do MAPA para o isolado IBCB 425 há 49 produtos comerciais registrados para a agricultura orgânica e para isolado IBCB 66, 42 produtos comerciais, sendo esses os dois isolados selecionados para esta pesquisa.

Com base no exposto, o objetivo desta dissertação foi verificar se os isolados IBCB 425 de *M. anisopliae* e IBCB 66 de *B. bassiana*, são patogênicos aos diferentes estágios do predador *D. luteipes* por meio da exposição tópica e em filme seco. Com base nos resultados obtidos será possível verificar se há seletividade para utilização conjunta desses agentes microbianos e *D. luteipes*. Dessa forma, foi elaborado a hipótese de que os isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae*, dependendo da concentração e da forma de exposição, testados em condições de laboratório, podem ser compatíveis com atuação conjunta de *D. luteipes*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados nos Laboratório de Controle Biológico de Pragas e de Patologia e Controle Microbiano de Insetos, do Departamento de Entomologia (DEN) da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG.

Obtenção e manutenção de insetos e dos isolados

Doru luteipes

Os insetos foram obtidos da criação mantida em sala climatizada (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas) conforme procedimentos descritos por Pacheco et al. (2023). A dieta artificial a base de 35% de ração de gato @MaxCat; 27% de farelo de trigo; 23% de levedo

de cerveja; 14% de leite em pó; 0,5% de Nipagin; 0,5% de ácido sórbico os quais foram triturados e homogeneizados em liquidificador (Cruz, 2009). Semanalmente, fêmeas alojadas em abrigo de oviposição com posturas foram retiradas das gaiolas de criação e transferidas para recipientes plásticos (1,8 L), contendo algodão umedecido, papel sanfonado e dieta artificial, os quais foram vedados com tecido voil. Os abrigos de oviposição foram constituídos por pipetas Pasteur cortadas e preenchidas com algodão umedecido em uma das extremidades. As fêmeas foram retiradas dos recipientes plásticos, à medida que as ninfas eclodiam e abandonavam a pipeta, em busca de abrigo no papel sanfonado, finalizando assim o período de cuidado maternal.

Para obtenção de indivíduos com idade padronizada, acompanhou-se diariamente a eclosão dos ínstares ninfais e, posteriormente, a emergência dos adultos.

Isolados

Os isolados IBCB 425 de *M. anisopliae* e IBCB 66 de *B. bassiana* foram obtidos da Coleção de Microrganismos Entomopatogênicos do Laboratório de Controle Biológico do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo. Discos de micélio foram armazenados a -5 °C em freezer, no Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos do Departamento de Entomologia (DEN) da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG.

Para a realização dos bioensaios, cada isolado foi multiplicado, inoculando-se os conídios em placas de Petri (90 × 15 mm) contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-água) e incubados em câmara climatizada (25±1 °C, ± 10% de UR e fotofase de 12 horas) até plena esporulação e colonização do meio de cultura. A cada 15 a 20 dias foram realizadas novas repicagens para renovação do estoque dos isolados (Mascarin e Quintela, 2013).

Patogenicidade dos isolados de *M. anisopliae* e de *B. bassiana* sobre o predador *Doru luteipes*

Os isolados foram testados por meio de aplicação tópica (ovos, ninfas e adultos), sendo que as suspensões foram aplicadas diretamente sobre o corpo dos insetos, e em filme seco (ninfas e adultos). As suspensões foram preparadas de acordo com os procedimentos descritos por Alves e Faria (2010) adicionando 5 mL de solução aquosa 0,01% de Tween 80 em seis placas de Petri contendo o fungo em meio de cultura. Cuidadosamente, com o auxílio de uma alça de platina

raspou-se os conídios transferindo-os para um Erlenmeyer de 1L contendo solução 0,01% de Tween 80 obtendo-se a suspensão aquosa concentrada.

Os conídios foram quantificados em câmara Neubauer e, em seguida, preparadas suspensões aquosas com concentrações crescentes de 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹, as quais se constituíram nos cinco tratamentos testados. Como tratamento controle, foi utilizada água destilada + 0,01% de Tween 80.

Exposição dos Ovos

Todos os bioensaios foram conduzidos em condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas). Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições e cada unidade experimental foi composta por uma postura com média de ($28,97 \pm 1,47$) e ($33,11 \pm 1,69$) ovos para os bioensaios com *B. bassiana* e *M. anisopliae*, respectivamente, além de sua fêmea progenitora. Para avaliar o efeito dos isolados por meio da exposição tópica, os ovos com até 24 horas de idade contidos no abrigo de oviposição foram quantificados e mantidos juntamente com as fêmeas progenitoras em recipientes plásticos (500 mL). O fundo do recipiente foi forrado com papel filtro, contendo dieta em forma de papel e algodão umedecido e o topo foi vedado com tecido voil. Antes das aplicações, as fêmeas foram retiradas do abrigo e uma alíquota de 0,5 mL de cada suspensão aquosa foi aplicada sobre a postura, de tal forma a cobrir por completo a massa de ovos, sendo o excesso do líquido drenado pelo algodão. Posteriormente, as fêmeas foram cuidadosamente transferidas de volta ao abrigo na presença dos ovos, dando prosseguimento ao cuidado maternal. As posturas foram observadas diariamente até a eclosão das ninfas e avaliada a viabilidade dos ovos e das ninfas de 1º ínstar.

Exposição das ninfas

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por dez ninfas de 2º, 3º e 4º ínstars com idade entre 24 a 48 horas, as quais foram mantidas em recipientes plásticos conforme descrito anteriormente.

Antes da aplicação as ninfas foram transferidas para placas de Petri (90 × 15 mm) forradas com papel de filtro e mantidas em freezer a -21° C por um período de 50 segundos. Uma alíquota de 2 mL foi aplicada por meio de um pulverizador de pressão acumulada (Strong), com capacidade de 1,5 litros, sobre a face dorsal das ninfas, sendo a seguir transferidas para os

recipientes plásticos (500 mL) já descritos. Após a aplicação da suspensão aquosa fúngica, as ninfas permaneceram nos recipientes até a mudança para o ínstar seguinte ou para a fase adulta.

Para exposição em filme seco foi aplicada uma alíquota de 2 mL de cada suspensão aquosa dos isolados no ambiente (papel filtro + pote de 500 mL). Aguardou-se cerca de 2 horas até a suspensão aquosa secar e, a seguir, as ninfas foram liberadas para que caminhassem sobre o papel filtro ou se abrigassem, permanecendo nos recipientes até a mudança para o ínstar seguinte ou para a fase adulta.

Foram avaliadas a duração e viabilidade de cada estágio de desenvolvimento.

Exposição dos adultos

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições. Cada unidade experimental foi composta por cinco machos e cinco fêmeas aproximadamente, com idade entre 24 a 48 horas após emergência. Os adultos foram mantidos em recipientes plásticos (500 mL) conforme descrito anteriormente acrescidos de abrigo para oviposição. Adotaram-se os mesmos procedimentos utilizados com as ninfas para exposição tópica e em filme seco. Após a aplicação fúngica, os insetos permaneceram nos recipientes até a realização da primeira postura, quando cada abrigo contendo as fêmeas e as posturas foi transferido para outro recipiente plástico.

Foram avaliados a mortalidade de fêmeas e machos, o número de ovos por posturas, e a viabilidade dos ovos durante o cuidado maternal.

Para confirmação da causa da mortalidade, ovos inviáveis, ninfas e adultos mortos foram lavados em álcool a 70%, hipoclorito de sódio a 1% e água destilada esterilizada por 10 segundos e colocados em câmara úmida para verificação da possível extrusão do patógeno.

Análise estatística e correção da eficiência de mortalidade

As análises foram realizadas utilizando o Software R versão 4.2.0 (R Core Team, 2022). Os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($\alpha = 0,05$) foram aplicados para verificação dos pressupostos de normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias e como não assumiram distribuição normal, os dados foram analisados por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Dados referentes à viabilidade de ovos e ninfas seguiram a distribuição quasibinomial, com função de ligação log usando o pacote Multcomp e teste razão de verossimilhança, seguida por comparações pelo teste Tukey ($P=0,05$). Dados referentes à duração do ínstar e número de ovos seguiram distribuição Poisson, com função de ligação log

por meio do pacote Multicomp e teste razão de verossimilhança, seguida por comparações pelo teste Tukey ($P=0,05$). Os dados referentes aos dois isolados e às duas formas de exposição foram analisados separadamente.

Os dados referentes a mortalidade de *D. luteipes* sob o efeito dos dois isolados foram submetidos a fórmula de Abbott (1925) de correção da mortalidade.

$$\text{Mortalidade corrigida} = \frac{(Mt - Mc)}{(100 - Mc)} \times 100$$

Onde:

Mt: porcentagem de mortalidade no tratamento.

Mc: mortalidade na testemunha (controle).

RESULTADOS

De modo geral, baixa mortalidade corrigida pela fórmula de Abbot foi observada em todos os estágios de desenvolvimento de *D. luteipes* e não houve diferença significativa para os dois isolados submetidos à exposição tópica e em filme seco nas concentrações crescentes de conídios utilizadas (Tabelas 1 e 4). Quanto à viabilidade de ovos e ninfas, não houve diferença significativa para todos os ínstar avaliados, independente do isolado e da forma de exposição, e a viabilidade foi superior a 75% em todos os tratamentos.

Isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*

A porcentagem de viabilidade dos ovos (GLM; $F = 1,35$, g.l. = 5, $P = 0,27$) variou de 76,89 a 94,24% e das ninfas de 1º ínstar (GLM; $F = 1,04$, g.l. = 5, $P = 0,41$) de 75,87 a 91,20% para as diferentes concentrações testadas.

Com relação à duração de cada ínstar, houve diferença significativa para o terceiro (GLM; $\chi^2 = 18,00$, g.l. = 5, $P < 0,001$) e quarto ínstar (GLM; $\chi^2 = 23,22$, g.l. = 5, $P < 0$) em relação aos tratamentos controle, quando foram submetidos a exposição tópica na concentração de 10^8 conídios.mL⁻¹, com prolongamento na duração do ínstar. Para o 3º ínstar a duração foi de 10,56 dias e para o 4º ínstar 12,30 dias, enquanto nos tratamentos controle foi de 8,59 e 9,78 dias, respectivamente. Para o segundo ínstar não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 22,62$, g.l. = 5, $P = 0,52$) em relação a duração nas diferentes concentrações (Tabela 2).

Não houve diferenças significativas para a duração do 2º (GLM; $\chi^2 = 28,31$, g.l. = 5, $P = 0,99$), 3º (GLM; $\chi^2 = 20,10$, g.l. = 5, $P = 0,99$) e 4º (GLM; $\chi^2 = 30,70$, g.l. = 5, $P = 0,99$) ínstar de *D. luteipes*, quando submetidas à exposição em filme seco (Tabela 2).

A porcentagem de viabilidade das ninfas sob exposição tópica foi alta, variando de 92 a 100% para ninfas de 2° ínstar (GLM; $F = 1,41$, g.l. = 5, $P = 0,26$), de 96 a 100% para o 3° ínstar (GLM; $F = 1,38$, g.l. = 5, $P = 0,27$) e para o 4° ínstar (GLM; $F = 2,38$, g.l. = 5, $P = 0,07$) de 92 a 100%.

Quando as ninfas foram expostas em filme seco, a porcentagem de viabilidade variou de 96 a 100% para ninfas de 2° ínstar (GLM; $F = 1,87$, g.l. = 5, $P = 0,14$), de 98 a 100% para as de 3° ínstar (GLM; $F = 0,96$, g.l. = 5, $P = 0,46$) e de 96 a 100% para as de 4° ínstar (GLM; $F = 0,89$, g.l. = 5, $P = 0,50$).

Com relação ao número de ovos colocados pelas fêmeas após exposição tópica aos isolados não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 393,24$, g.l. = 5, $P = 0,39$), assim como para exposição em filme seco (GLM; $\chi^2 = 287,42$, g.l. = 5, $P = 0,19$) (Tabela 3). Também não houve diferença significativa em relação a viabilidade dos ovos para a exposição tópica (GLM; $F = 0,93$, g.l. = 5, $P = 0,46$) que variou de 80,08 a 85,87% e para o filme seco (GLM; $F = 0,60$, g.l. = 5, $P = 0,73$) que variou de 80,31 a 86,49%.

Isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*

A porcentagem de viabilidade dos ovos (GLM; $F = 1,31$, g.l. = 5, $P = 0,29$) variou de 90,39 a 97% e das ninfas de 1° ínstar (GLM; $F = 0,85$, g.l. = 5, $P = 0,53$) de 90,39 a 97,56%.

Não houve diferença significativa na duração do 2° (GLM; $\chi^2 = 22,50$, g.l. = 5, $P = 0,74$), 3° (GLM; $\chi^2 = 16,23$, g.l. = 5, $P = 0,74$) e 4° ínstars (GLM; $\chi^2 = 20,91$, g.l. = 5, $P = 0,17$), quando as ninfas foram submetidas a exposição tópica ao isolado de *M. anisopliae*, assim como para exposição em filme seco (GLM; $\chi^2 = 29,93$, g.l. = 5, $P = 0,98$), (GLM; $\chi^2 = 19,23$, g.l. = 5, $P = 1$), (GLM; $\chi^2 = 21,50$, g.l. = 5, $P = 0,99$) para os mesmos ínstars.

A porcentagem de viabilidade das ninfas de 2° ínstar submetidas a exposição tópica variou de 92 a 96% (GLM; $F = 0,60$, g.l. = 5, $P = 0,71$), para o 3° ínstar (GLM; $F = 3,45$, g.l. = 5, $P = 0,02$) de 90% a 100% e para o 4° ínstar (GLM; $F = 2,46$, g.l. = 5, $P = 0,06$) de 92 a 100%.

Quando as ninfas foram expostas em filme seco, a porcentagem de viabilidade variou de 78 a 96% para o 2° ínstar (GLM; $F = 1,39$, g.l. = 5, $P = 0,26$), de 96 a 100% para o 3° ínstar (GLM; $F = 4,32$, g.l. = 5, $P < 0,001$) e de 92 a 98% para o 4° ínstar (GLM; $F = 0,85$, g.l. = 5, $P = 0,53$).

Com relação ao número de ovos postos pelas fêmeas após exposição tópica dos adultos aos isolados houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 318,66$, g.l. = 5, $P < 0$) com maior

número de ovos para os adultos expostos a suspensão aquosa 10^6 conídios.mL⁻¹ em relação ao tratamento controle e as suspensões aquosas de 10^4 e 10^5 conídios.mL⁻¹. Para exposição em filme seco não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 355,26$, g.l. = 5, $P = 0,89$) (Tabela 5). Não houve diferença para viabilidade dos ovos depositados pelas fêmeas submetidas a exposição tópica (GLM; $F = 0,19$, g.l. = 5, $P = 0,96$) com variação de 80,86 a 84,72% e na exposição em filme seco (GLM; $F = 0,24$, g.l. = 5, $P = 0,95$) de 80,97 a 84,94%.

DISCUSSÃO

Para garantir a atuação conjunta de *D. luteipes* e agentes microbiológicos no campo é importante compreender os possíveis efeitos que os fungos entomopatogênicos podem exercer e, assim determinar a compatibilidade entre eles (Souza et al., 2015). Neste trabalho, verificamos apenas efeito na duração do 3º e 4º ínstaes de *D. luteipes* pelo isolado IBCB 66 de *B. bassiana* e no número de ovos depositados por fêmeas expostas ao isolado IBCB 425 de *M. anisopliae*, levando-se em consideração i) concentração da suspensão aquosa e ii) forma de exposição, como fatores que podem influenciar a compatibilidade. Com o intuito de simular situações em que o predador entraria em contato com o fungo no ambiente, adotamos as duas formas mais utilizadas de exposição: pulverização sobre o inseto (tópica) (Rohde et al., 2006) e tratamento da superfície com a suspensão aquosa de conídios (filme seco) (Batista et al., 1992).

A baixa mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott em todos os estádios de desenvolvimento de *D. luteipes* avaliados neste trabalho (2º, 3º, 4º ínstaes e adulto) demonstra a reduzida patogenicidade de ambos os isolados a *D. luteipes* sob exposição tópica e em filme seco. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Oliveira et al. (2011) para as ninfas de 1º e 2º ínstar de *E. annulipes*, quando submetidas a aplicação tópica de *M. anisopliae* e *B. bassiana*, com sobrevivência de 100% para as concentrações testadas ($5,00 \times 10^9$; $7,50 \times 10^9$; $10,00 \times 10^9$; $12,50 \times 10^9$ conídios.mL⁻¹.) Para o estágio adulto, os autores observaram que a sobrevivência dos insetos testados para *M. anisopliae* foi de 96,02% a 100% e para *B. bassiana* de 95% a 100%.

Dias et al. (2020) observaram baixa mortalidade (< 30%) 120 horas após aplicação tópica e em filme seco em todos os ínstaes de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), expostos às concentrações de 10^7 , 10^8 e 10^9 conídios.mL⁻¹ de *M. anisopliae* (cepa ESALQ E9), *Metarhizium rileyi* (Farlow) Samson (cepa UFMS 03) e *B. bassiana* (cepa ESALQ PL63), indicando seletividade às larvas deste predador, reforçando que entomopatógenos podem apresentar baixa virulência a alguns artrópodes de importância ecológica.

Contudo, Roy et al. (2008) obtiveram resultados diferentes para os predadores *Harmonia axyridis* (Pallas), *Adalia bipunctata* (L.) e *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) em relação à susceptibilidade a *B. bassiana* (sob três concentrações). Enquanto *H. axyridis* apresentou menor infecção por este fungo, nas outras duas espécies a mortalidade variou de 70 a 80%. Para o predador *Perillus bioculatus* (F) (Hemiptera: Pentatomidae), cinco isolados à base de *B. bassiana* foram patogênicos e causaram mais de 77% de mortalidade (TODOROVA, et al., 2002). Assim sendo, diferentes artrópodes, podem apresentar uma susceptibilidade variável a entomopatógenos.

Vale ressaltar que foi constatada mortalidade natural ligeiramente maior para o estágio de adultos deste predador (*D. luteipes*). Observou-se durante as avaliações que ocorre competição entre alguns indivíduos machos que por meio dos cercos dividiam outros machos e fêmeas na região de transição entre o tórax com o abdômen. Comportamentos mais agressivos já foram relatados em diversas espécies de tesourinha como Forficulidae, Labiidae, Carcinophoridae e Pygidicranidae, e seguem um padrão de intensidade de acordo com a frequência de interação que ocorre entre os indivíduos, que utilizam seus cercos para defesa contra ameaças (Briceño e Eberhard., 1995).

Com o intuito de se realizar uma correção envolvendo as mortes naturais nos tratamentos, calculou-se a mortalidade corrigida por meio da fórmula de Abbott (Abbott, 1925), a partir da mortalidade total em relação à mortalidade da testemunha, enquanto que a mortalidade confirmada corresponde a porcentagem de insetos mortos que apresentaram esporos dos isolados dos fungos utilizados.

Não houve diferença para a viabilidade dos ovos expostos a aplicações tópicas dos isolados, tampouco sobre as ninfas de 1º ínstar, sob o cuidado maternal da fêmea. O cuidado maternal é uma característica comportamental das fêmeas de Dermaptera, que aumenta a sobrevivência e/ou potencial reprodutivo da prole e protege os ovos de infecção microbiana. Essa proteção pode ocorrer por meio de transferência vertical de microrganismos com função antifúngicas (Greer et al., 2020), deposição de hidrocarbonetos sobre a superfície dos ovos e consumo de esporos (Boos et al., 2014), indicando que o cuidado dos ovos pelas fêmeas de *D. luteipes* pode ser um mecanismo que permite eliminar os esporos dos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* testados.

A viabilidade dos ovos de *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae) expostos a um fungo do gênero *Mucor* foi de 77% na presença e 4% na ausência da fêmea progenitora, indicando o papel do cuidado maternal na proteção da prole (Boos et al., 2014).

Entre todas as características biológicas de *D. luteipes* avaliadas houve efeito apenas do isolado IBCB 66 (*B. bassiana*) após exposição tópica, na concentração de 10^8 conídios.mL⁻¹ com prolongamento da duração do 3º e 4º ínstar ninfal quando comparado ao tratamento controle.

Entomopatógenos podem trazer consequências prejudiciais aos inimigos naturais, principalmente na biologia com modificações no ciclo de vida (Magalhães et al., 1998). Efeitos na duração do 3º ínstar de larvas de *C. externa* foram observados por Pessoa et al. (2005), após exposição tópica a *B. bassiana* com prolongamento do ciclo de desenvolvimento de *Coleomegilla maculata* De Geer (Coleoptera: Coccinellidae) (Todorova et al., 1998). Já em relação ao fungo *M. anisopliae*, observou-se redução na duração dos três ínstares das larvas de *C. externa* quando comparado com o tratamento controle (Souza et al., 2015).

Contudo, para esta mesma espécie de crisopídeo, Dias et al. (2020) observaram que não houve variação na duração dos estádios de larva, pré-pupa e pupa em decorrência dos tratamentos com os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* (ESALQ PL63), *M. anisopliae* (ESALQ E9) e *M. rileyi* (UFMS 03) e suas concentrações utilizadas.

Da mesma forma como sob exposição em filme seco não se verificou diferença significativa na duração do ínstar, o mesmo ocorreu para duração do período larval de *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) sob exposição ao isolado (ARSEF 6430) do fungo *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) Gams e Zare (Hypocreales: Cordycipitaceae) e o isolado E9 de *M. anisopliae* (Cardoso et al., 2007).

Altas viabilidades dos estádios ninfais de *D. luteipes* foram observadas para ambos os isolados e nas duas formas de exposição. Resultados similares foram observados por Souza et al. (2015) para a fase larval de *C. externa*, utilizando o produto comercial Metarril® à base de *M. anisopliae* (isolado IBCB 425), obtendo viabilidade entre 95% e 100%. Thungrabeab e Tongma (2007) verificaram que *B. bassiana* (isolado Bb.5335) foi seletivo para larvas de 1º ínstar de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) até a mudança de ínstar, por meio de aplicação direta na concentração de 10^8 conídios.mL⁻¹. Já *M. anisopliae* (isolado Ma. 7965) apresentou efeito negativo sobre *C. carnea*. É importante ressaltar que diferentes isolados podem apresentar virulência e patogenicidade distintas sobre determinado inseto e suas espécies, e tais diferenças são uma indicação da variabilidade genética natural que existe dentro das espécies (Diodato., 1992; Paccola-Meirelles., 1998; Loureiro e Monteiro., 2005; Castilho et al., 2010; Potrich et al., 2011).

Embora não tenha havido diferenças significativas na viabilidade das larvas de segundo e terceiro ínstares de *C. externa*, uma maior patogenicidade foi observada no terceiro ínstar

deste predador, quando as larvas foram expostas a *B. bassiana*, nas concentrações de 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹ (Pessoa et al., 2005).

Importante destacar que apenas na aplicação tópica de *M. anisopliae*, na concentração de 10^6 conídios.mL⁻¹ houve aumento no número de ovos depositados por *D. luteipes* em relação ao controle e concentrações menores. No entanto, em termos numéricos a diferença foi de cerca de cinco a seis ovos. Redução na fecundidade de fêmeas de *H. axyridis* também foi observada por Roy et al. (2008), quando expostas a *B. bassiana* nas concentrações de 10^5 , 10^7 e 10^9 conídios.mL⁻¹.

Esses resultados são inéditos e indicam que os isolados IBCB 425 de *M. anisopliae* e IBCB 66 de *B. bassiana* são compatíveis com os diferentes estádios da tesourinha *D. luteipes* após exposição tópica e em filme seco. Foram encontrados apenas efeitos subletais do isolado IBCB 66 de *B. bassiana* com prolongamento da duração de ínstars e pequeno aumento no número de ovos quando os adultos foram expostos ao isolado IBCB 425 de *M. anisopliae*. Importante destacar que foram utilizados nesta pesquisa os isolados dos dois fungos e não os produtos comerciais, o que deverá ser avaliado em futuras pesquisas. Além disso, como esses insetos são considerados subsociais (Lamb e Wellington, 1975) e o comportamento maternal ocorre de forma generalizada, cabe investigar se para *D. luteipes*, assim como ocorre para outras espécies de Dermaptera (Lamb, 1976; Matzke e Klass, 2005; Costa, 2006; Trumbo, 2012; Diehl e Meunier, 2018) o cuidado maternal executado pelas fêmeas no início do desenvolvimento embrionário dos ovos é responsável por garantir a imunidade da prole aos dois isolados.

CONCLUSÃO

Os isolados IBCB 66 de *B. bassiana* e IBCB 425 de *M. anisopliae* nas suspensões aquosas de concentração crescentes de 10^4 a 10^8 conídios.mL⁻¹ tanto sob exposição tópica como em filme seco apresentaram baixa virulência sobre o predador *D. luteipes*, podendo ser observados apenas efeitos subletais, e, portanto, são compatíveis para utilização em conjunto.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT WS (1925) Um método para calcular a eficácia de um inseticida. *Journal of Economic Entomology*. College Park 18: 265-267.
- Ahmed R, Freed, S (2021) Virulence of *Beauveria bassiana* Balsamo to red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 31: 77. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00422-5>.
- Almeida JEM (2020) Biofábricas para produção de micopesticidas no Brasil: oportunidades de negócio e inovações / Bio-factories for the production of mycopesticides in Brazil: business opportunities and innovations. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 3: 2544–2557.
- Alves RT, Faria M (2010) Pequeno Manual sobre Fungos Entomopatogênicos Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 286: 1-47. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-162>.
- Batista Filho A, Alves LFA, Muniz JP (1992) Determinação da eficiência de três concentrações de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no controle de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). *Revista de Agricultura*.67: 167-170. <https://doi.org/10.37856/bja.v67i2.933>.
- Bayu MSYI, Prayogo Y (2018) Field efficacy of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo.) for the management of mungbean insect pests. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 102: 1–9. <https://doi:10.1088/1755-1315/102/1/012032>
- Boos S et al (2014) Maternal care provides antifungal protection to eggs in the European earwig. *Behavioral Ecology*.25: 754–761. <https://doi.org/10.1093/beheco/aru046>.
- Briceño RD, Eberhard WG (1995) The functional morphology of male cerci and associated characters in 13 species of tropical earwigs (Dermaptera: Forficulidae, Labiidae), Carcinophoridae, Pygiditeranidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*. Washington. 64: 1-63.
- Cardoso ER, Freitas S, Nunes HT, Pessoa LGA (2007) Seletividade de *Lecanicillium lecanii* e *Metarhizium anisopliae* para larvas de primeiro ínstar de *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. *Acta Scientiarum Agronomy*.29: 1-6.
- Castilho AMC, Fraga ME, Aguiar-Menezes EL, Rosa CAR (2010) Seleção de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* patogênicos a soldados de *Atta bisphaerica* e *Atta sexdens rubropilosa* em condições de laboratório. *Ciência Rural*. 40:1243–1249. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000100>.
- Castro López MA, Martínez Osorio JW (2019) Compatibility of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with *Chrysoperla externa* depredator of *Trialeurodes vaporariorum*. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*. 35: 38–48. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104>.
- Costa JT (2006) *The other insect societies*. Cambridge (MA): Harvard University Press. p. 49–80.
- Cota LV, Oliveira IR, Silva DD, Mendes SM, Costa RV, Souza IRP, Silva AF (2021) Manejo da Cigarrinha e dos Enfezamentos do Milho. Cartilha desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo e Sistema Faep/Senar-PR. p. 17.

Croplife Brasil. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/?gclid=CjwKCAiAo uD_BRBIEiwALhJH6I-sphouoyjw-5RyeSaK1-TYPLbRhD_pObjgEIf4mbZZgBFZO kJbxoCLDEQAvD_BwE>. Acesso em: 1 mar. 2022.

Cruz I (1995) Manejo integrado de pragas com ênfase para o controle biológico. In: CICLO DE PALESTRA SOBRE O CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS. Campinas, SP. Anais. Campinas: SEB/Instituto Biológico. p: 48–92.

Cruz I (2009) Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In: V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. UFLA, Lavras. p: 237-275.

Dias PM, Loureiro ES, Pessoa LGA, Neto FMO, Tosta RAS, Teodoro PE (2019) Interactions between fungal-infected *Helicoverpa armigera* and the predator *Chrysoperla externa*. *Insects*. 10: 1–11. <https://doi.org/10.3390/insects10100309>.

Dias PM, Loureiro ES, Pessoa LGA, Devoz GLR, Barbosa Junior GB, Werner AM, Nacarrete AA, Teodoro PE (2020) Selectivity of entomopathogenic fungi to *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Insects*. 11: 1–14. <https://doi.org/10.3390/insects11100716>.

Diehl JMC, Meunier J (2018) Surrounding pathogens shape maternal egg care but not egg production in the European earwig. *Behavioral Ecology*. 29: 128–136. <https://doi.org/10.1093/beheco/arx140>.

Diodato MA (1992) Ocorrência natural, ensaio de laboratório e de campo de *Beauveria bassiana* (bals.) Vuill, em *Sirex noctilio* f., praga de *Pinus taeda* L. Curitiba. 83p. (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

Gao Y, Reitz SR, Wang J, Tamez-Guerra P, Wang E, Xu X, Lei Z (2012) Potential use of the fungus *Beauveria bassiana* against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* without reducing the effectiveness of its natural predator *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology*. 22: 803–812. <http://doi.org/10.1080/09583157.2012.691158>.

Greer JA, Swei A, Vredenburg VT, Zink AG (2020) Parental Care Alters the Egg Microbiome of Maritime Earwigs. *Microbial Ecology*. 80: 920–934. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01558-x>.

Haas F (2018) Biodiversity of Dermaptera. In: *Insect Biodiversity*. John Wiley, Sons, Ltd, pp 315–334. <https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch12>.

Jarvis KJ, Haas F, Whiting MF (2005) Phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) based on molecular and morphological evidence: Reconsidering the classification of Dermaptera. *Systematic Entomology* 30: 442–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2004.00276.x>.

Lamb R, Wellington W (1975) História de vida e características da população da tesoura europeia, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), em Vancouver, British Columbia. *The Canadian Entomologist*. 107: 819-824. doi:10.4039/Ent107819-8. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2004.00276.x>.

Lamb RJ (1976) Parental Behavior In The Dermaptera With Special Reference To *Forficula Auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). *The Canadian Entomologist* 108: 609–619.

<https://doi.org/10.4039/Ent108609-6>.

Loureiro ES, Monteiro AC (2005) Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera : Formicidae). *Revista Árvore*. 29: 553–561. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400007>.

Magalhães BP, Monnerat R, Alves SB (1998) Interações entre entomopatógenos, parasitóides e predadores, p. 207-210. In: S.B. Alves (ed.), *Controle microbiano de insetos*. 2^a. ed. Piracicaba, FEALQ, p. 1163.

Marucci RC, Mendes SM, Souza IL (2019a). Maize. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 329-339). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1>.

Marucci RC, Souza IL, Silva LO, Auad AM, Mendes SM (2019)b Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). *Brazilian Journal of Biology*. 79: 584-588. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.184072>.

Mascarin GM, Quintela ED (2013) Técnica de Produção do Fungo Entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para Uso em Controle Biológico. *Embrapa Arroz e Feijão Documentos* 289: 1-18.

Mateus MPB, Loureiro ES, Pessoa LGA, Adão DV (2020) Estudo comparativo de bioinseticidas a base de *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Clavicipitaceae) no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). *Research, Society and Development*. 9: e1579108322. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8322>

Matzke D, Klass KD (2005) Reproductive biology and nymphal development in the basal earwig *Tagalina papua* (Insecta: Dermaptera: Pygidicranidae), with a comparison of brood care in Dermaptera and Embioptera. *Entomologische Abhandlungen*. 62: 99–116.

Mcguire AV, Northfield TD (2020) Tropical Occurrence and Agricultural Importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4: 29. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00006>.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br>>. Acesso em: 1 maio. 2022.

Mohamed GS (2019) The virulence of the entomopathogenic fungi on the predatory species, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 29: 42. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0146-4>.

Naranjo-Guevara N, Peñaflor MFGV, Cabezas-Guerrero MF, Bento JMS (2017) Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. *The Science of Nature*. 104: 77. <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1498-9>.

OLIVEIRA FQ, Batista JLB, Malaquias JB, Brito CH, Santos EP (2011) Susceptibility of the predator *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) to mycoinsecticides. *Revista Colombiana de Entomologia*. 37: 234–237.

Paccola-Meirelles LD (1998) Genética e melhoramento de fungos agentes de controle biológico, p.171-200. In I.S. Melo, J.L. Azevedo (eds.), Controle biológico. Jaguariúna, EMBRAPA, p262.

Pasini A, Parra JRP, Lopes JM (2007) Dieta artificial para criação de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), predador da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology. 36: 4. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000200020>.

Pessoa LGA, Cavalcanti RS, Moino Júnior A, Souza B (2005) Notas Científicas Compatibilidade entre *Beauveria bassiana* e o predador *Chrysoperla externa* em laboratório. Symposium A Quarterly Journal In Modern Foreign Literatures. 40: 617–619. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600014>.

Potrich M, Neves PMOJ, Alves LFA, Silva ERL Luckmann D, Gouvea A, Roman JC (2011) Virulência de fungos entomopatogênicos a ninfas de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). Semina: Ciências Agrárias. 32: 1783–1792. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32Suplp1783>.

Pourian HR, RTH, AKP (2010) Laboratory investigation on the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* on *Thrips tabaci* and its predator, *Orius albidipennis*. Journal of Entomological Society, 30: 15–32.

R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2016.

Rohde C, Alves LFA, Neves PMOJ, Alves SB, Silva ERL, Almeida JEM (2006) Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. contra o cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). Neotropical Entomology. 35: 231–240. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000200012>.

Roy HE, Brown PMJ, Ware RL, Majerus MPT (2008) Interactions between the fungal pathogen *Beauveria bassiana* and three species of coccinellid: *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata*. BioControl, 53: 265–276. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9122-0>.

Saito T, Brownbridge M (2016) Compatibility of soil-dwelling predators and microbial agents and their efficacy in controlling soil-dwelling stages of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Biological Control. 92: 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.003>.

Sayed SM, Ali EF, Al-Otaibi SS (2019) Efficacy of indigenous entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, isolates against the rose aphid, *Macrosiphum rosae* L. (Hemiptera: Aphididae) in rose production. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 29: 19. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0123-y>.

Souza ECS, Toscano LC, Schlick GDS, Peres AJA, Dias PM, Maryama WI (2015) Compatibilidade de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) com *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). EntomoBrasilis. 8: 189–195. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v8i3.468>.

Silva DD, Mendes SM, Parreira DF, Pacheco RC, Marucci RC, Cota LV, Costa RV,

- Figueiredo JEF (2022) Fungivory: A new and complex ecological function of *Doru Luteipes* (Scudder) (dermaptera: Forficulidae). Brazilian Journal of Biology. 82: e238763. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.238763>.
- Sueldo MR, Bruzzone OA, Virla EG (2010) Characterization of the Earwig, *Doru lineare*, as a Predator of Larvae of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*: A Functional Response Study. J Insect Sci. 10:1–10. <https://doi.org/10.1673/031.010.3801>.
- Thungrabeab M, Tongma S (2007) Effect of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (BALSAM) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on non-target insects. KMITL Sci. Tech. J. 7: 1-5.
- Todorova SI, Coderre D, Duchesne RM, Côté JC (1998) Compatibility of *Beauveria bassiana* With Selected Fungicides and Herbicides. Environmental Entomology. 27: 427–433. <https://doi.org/10.1093/ee/27.2.427>.
- Todorova SI, Côté JC, Coderre C (2002) Pathogenicity of six isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromyotina: Hyphomycetes) to *Perillus bioculatus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Applied Entomology. 126: 182-185. <http://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00632.x>
- Trumbo ST (2012) Patterns of parental care in invertebrates. In: Royle NJ, Smiseth PT, Kolliker M, editors. The evolution of parental care. 1st ed. Oxford: Oxford University Press. p. 81–93. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199692576.003.0005.
- Waquil MS, Pereira EJG, Carvalho SSS, Pitta RM, Waquil JM, Mendes SM (2016) Índice de adaptação e tempo letal da lagarta-do-cartucho em milho Bt. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 51: 563–570. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500017>.
- Zambiazzi EV, Guilherme SR, Corassa JS, Bonaldo SM, Zuffo AM, Soares IO, Oliveira DCS (2016) Patogenicidade de *Beauveria bassiana* no controle in vitro da lagarta-da-espiga do milho (*Helicoverpa zea*). Revista de Ciências Agrárias. 39: 89–94. <https://doi.org/10.19084/RCA15002>.

Tabelas

Tabela 1 Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott nos diferentes estádios de *Doru luteipes* submetidos a exposição tópica e filme seco ao isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana* em diferentes concentrações (conídios.mL⁻¹).

Estádio	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
<u>Mortalidade Corrigida (tópica)</u>					
2° ínstar	4,00	4,00	4,00	6,12	8,16
3° ínstar	2,04	0,00	2,04	2,04	2,04
4° ínstar	2,04	0,00	2,04	2,04	2,04
Adulto	1,74	4,42	2,07	6,98	0,00
<u>Mortalidade Corrigida (filme seco)</u>					
2° ínstar	2,00	0,00	4,00	4,00	2,00
3° ínstar	2,04	0,00	2,04	0,00	0,00
4° ínstar	0,00	2,04	2,04	2,04	0,00
Adulto	2,04	4,44	2,22	0,00	2,22

Tabela 2 Duração média (\pm erro padrão) (dias) das ninfas de 2°, 3° e 4° ínstar de *Doru luteipes* após exposição tópica e em filme seco de diferentes concentrações do isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*.

<u>Exposição tópica (conídios.mL⁻¹)</u>						
	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
2° ínstar	8,02 \pm 0,12 A	8,27 \pm 0,12 A	8,35 \pm 0,12 A	8,78 \pm 0,11 A	8,97 \pm 0,10 A	8,04 \pm 0,12 A
3° ínstar	8,68 \pm 0,09 A	8,69 \pm 0,09 A	8,7 \pm 0,11 A	10,04 \pm 0,13 AB	10,56 \pm 0,11 B	8,59 \pm 0,09 A
4° ínstar	9,81 \pm 0,12 A	9,78 \pm 0,15 A	9,84 \pm 0,12 A	11,47 \pm 0,11 AB	12,30 \pm 0,14 B	9,78 \pm 0,13 A
<u>Exposição a filme seco (conídios.mL⁻¹)</u>						
	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
2° ínstar	8,06 \pm 0,13 A	8,10 \pm 0,11 A	8,18 \pm 0,13 A	8,22 \pm 0,11 A	8,28 \pm 0,12 A	8,06 \pm 0,13 A
3° ínstar	8,68 \pm 0,11 A	8,66 \pm 0,11 A	8,68 \pm 0,11 A	8,77 \pm 0,11 A	8,81 \pm 0,11 A	8,55 \pm 0,10 A
4° ínstar	9,69 \pm 0,12 A	9,62 \pm 0,14 A	9,76 \pm 0,14 A	9,89 \pm 0,16 A	9,87 \pm 0,16 A	9,65 \pm 0,13 A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 Média (\pm erro padrão) do número de ovos depositados por fêmeas de *Doru luteipes* após exposição tópica e em filme seco aos isolados IBCB 66 de *Beauveria bassiana* em diferentes concentrações

Tópica					
Suspensões (conídios.mL ⁻¹)					
10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
32,36 \pm 1,71 A	32,46 \pm 1,83 A	32,85 \pm 2,61 A	35,45 \pm 1,40 A	33,36 \pm 1,85 A	32,23 \pm 2,46A

Filme Seco					
Suspensões (conídios.mL ⁻¹)					
10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
29,45 \pm 1,50 A	29,23 \pm 1,79 A	32,63 \pm 2,07 A	31,72 \pm 2,48 A	30,26 \pm 0,96 A	29,27 \pm 1,11A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott nos diferentes estádios de *Doru luteipes* submetidos a exposição tópica e filme seco ao isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae* em diferentes concentrações (conídios.mL⁻¹).

Estádio	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
<u>Mortalidade Corrigida (tópica)</u>					
2° ínstar	0,00	0,00	4,51	2,21	6,46
3° ínstar	4,00	6,00	6,00	4,00	12,00
4° ínstar	6,12	2,00	6,00	8,00	8,16
Adulto	0,00	2,22	4,44	6,67	4,44
<u>Mortalidade Corrigida (filme seco)</u>					
2° ínstar	2,04	4,44	2,22	0,00	2,22
3° ínstar	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
4° ínstar	4,21	2,13	2,13	1,13	1,13
Adulto	8,51	8,51	4,26	6,38	8,51

Tabela 5 Média (\pm erro padrão) do número de ovos depositados por fêmeas de *Doru luteipes* após exposição tópica e em filme seco aos isolados IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae* em diferentes concentrações.

Tópica					
Suspensões (conídios.mL ⁻¹)					
10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
27,34 \pm 1,18 A	27,31 \pm 2,09 A	32,54 \pm 1,32 B	30,95 \pm 1,80 AB	31,04 \pm 2,19 AB	26,54 \pm 1,43A
Filme Seco					
Suspensões (conídios.mL ⁻¹)					
10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	Controle
30,10 \pm 1,77 A	30,33 \pm 1,37 A	31,43 \pm 2,20 A	31,14 \pm 1,40 A	31,54 \pm 2,17 A	30,08 \pm 2,15A

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fig. 1 Adultos de *Doru luteipes* infectados por *Beauveria bassiana* (isolado IBCB 66). Fonte: Arquivo pessoal (Rafael Resende).

Fig. 2 Adultos de *Doru luteipes* infectados por *Metarhizium anisopliae* (isolado IBCB 425). Fonte: Arquivo pessoal (Rafael Resende).

Figura 1.



Figura 2.



2. ARTIGO

TÍTULO: O papel do cuidado maternal de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) na proteção da prole contra fungos entomopatogênicos

Rafael Carvalho de Resende¹, Fernanda Soares Sales¹, Marvin Mateo Pec Hernández²
Rosângela Cristina Marucci¹, Alcides Moino Junior¹

¹Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Entomologia, Avenida Doutor Sylvio Menicucci, 1001, Kennedy, 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

²Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

E-mail: rresende7@gmail.com

O artigo será transcrito para língua inglesa e seguirá as normas da Revista Journal of Insect Behavior ao qual será encaminhado para publicação.

RESUMO

Doru luteipes (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) apresenta comportamento de proteção e cuidado da prole, denominado cuidado maternal, porém não se sabe se a fêmea desta forma consegue evitar a infecção dos ovos por microrganismos, como fungos entomopatogênicos. Foi avaliado o efeito do cuidado maternal dos ovos no desenvolvimento embrionário e eclosão das ninfas e de fêmeas ao cuidar dos ovos podem protegê-los contra fungos entomopatogênicos. Para isso manipulou-se a presença/ausência do cuidado maternal e a exposição total/parcial dos ovos aos fungos. Diferenças significativas foram observadas na viabilidade dos ovos quando manipulada a exposição aos isolados de *Beauveria* e *Metarhizium*, porém não houve diferença significativa para a infecção dos ovos quando comparado a exposição total e parcial. A viabilidade dos ovos diferiu significativamente, sendo superior na presença da fêmea em comparação com sua ausência. Na ausência das fêmeas a taxa de infecção dos ovos foi de $(47,6 \pm 13\%)$ para *Beauveria* e $(54,5 \pm 13,1\%)$ para *Metarhizium*. Não houve diferença significativa para a infecção das ninfas por *Beauveria* quando manipulada a exposição e na ausência da fêmea a porcentagem de ninfas infectadas foi de $(34,2 \pm 14,2\%)$. Contudo, para *Metarhizium*, houve diferença significativa entre a exposição parcial e total. O cuidado maternal reduziu a porcentagem de ninfas infectadas, na presença da fêmea foi de $(11,74 \pm 0,05\%)$ e na ausência $(78,41 \pm 0,14\%)$. Portanto, os resultados mostram que o cuidado maternal exercido por fêmeas de *D. luteipes* reduz os efeitos da exposição dos ovos aos esporos garantindo sucesso no desenvolvimento embrionário.

Palavras chave: *Doru luteipes*. Dermaptera. *Beauveria bassiana*. *Metarhizium anisopliae*. Ovo.

ABSTRACT

Doru luteipes (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) shows typical behavior of protection and care of the offspring, called maternal care, but it is not clear whether the female through this can avoid infection of eggs by microorganisms, such as entomopathogenic fungi. Our objective was to verify the beneficial effect of maternal care of eggs on embryonic development and hatching of nymphs and whether females caring for eggs can directly or indirectly protect them against entomopathogenic fungi. For this we manipulated the presence/absence of maternal care and the total or partial exposure of eggs to these isolates. Significant differences were observed in egg viability when we manipulated the exposure to *Beauveria* and *Metarhizium* isolates, but there was no significant difference for egg infection when compared to total and partial exposure of both isolates. Egg viability differed significantly and was higher in the presence of the female compared to her absence for the two isolates. In the absence of females, the egg infection rate was ($47.6 \pm 13\%$) for *Beauveria* and ($54.5 \pm 13.1\%$) for *Metarhizium*. There was no significant difference for the infection of the nymphs by *Beauveria* when we manipulated the exposure of the eggs and in the absence of the female the percentage of infected nymphs was ($34.2 \pm 14.2\%$). However, for *Metarhizium*, there was a significant difference between partial and total exposure of eggs. Maternal care reduced the percentage of infected nymphs, which in the presence of the female was ($11.74 \pm 0.05\%$) and in the absence ($78.41 \pm 0.14\%$). Therefore, our results show that maternal care exercised by females of *D. luteipes* reduces the effects of exposure of eggs to spores and ensures successful embryonic and offspring development.

Key-words: *Doru luteipes*. Dermaptera. *Beauveria bassiana*. *Metarhizium anisopliae*. Egg.

INTRODUÇÃO

Na classe Insecta, é comum alguns indivíduos se utilizarem de respostas imunológicas, técnicas de autolimpeza e outros artifícios para reduzir riscos de parasitismo e patogenicidade, advindos de outros organismos (Hoffmann et al., 1996; Rosengaus et al., 2010; Boos et al., 2014). Outra estratégia de defesa bastante estudada é a imunidade social, a qual pode ser expressa por meio do “grooming” (auto-limpeza), “allogrooming” (limpeza entre indivíduos da colônia) e secreção de substâncias antibióticas (Hughes et al., 2002; Walker e Hughes, 2009). Hughes et al. (2002) relataram que, quando formigas *Acromyrmex echinator* Forel (Hymenoptera: Formicidae) são expostas ao fungo entomopatogenico *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), a sobrevivência é maior quando essas são mantidas em grupo, do que isoladas. No caso das abelhas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), o comportamento de higiene social é comumente associado à remoção do ácaro parasita *Varroa destructor* Anderson e Trueman (Mesostigmata: Varroidae) das colônias (Morfin et al., 2020).

No entanto, há escassas pesquisas sobre os mecanismos de defesa em sistema não social ou subsocial, como no caso de insetos da ordem Dermaptera. Fêmeas de tesourinhas apresentam o comportamento peculiar de cuidar e proteger a prole, denominado cuidado parental ou maternal, por meio do qual as fêmeas, utilizando as mandíbulas, manipulam e rotacionam os ovos a determinados intervalos de tempo. Esse comportamento é decisivo para o sucesso da eclosão das ninfas por garantir a sobrevivência e/ou potencial reprodutivo dos descendentes (Greer et al., 2020). Curiosamente, qualquer distúrbio sofrido pelas fêmeas pode resultar em canibalismo dos próprios ovos (Costa 2006).

Embora o cuidado parental dos descendentes seja expresso de maneira generalizada entre as diversas espécies de tesourinhas, não foi completamente elucidada a função protetiva exercida pela fêmea contra a infecção dos ovos por fungos e bactérias (Lamb, 1976, Costa, 2006, Trumbo 2012). O contato do aparelho bucal com os ovos parece ser uma estratégia antimicrobiana que pode ser universal entre as tesourinhas. Esta característica faz os dermápteros serem considerados modelos para estudos do cuidado maternal, porém não se sabe se a defesa é química ou apenas de remoção mecânica (Costa 2006).

Estudos com a tesourinha europeia, *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae) demonstraram que a presença da fêmea progenitora aumentou a eclosão das ninfas que foram expostas a um fungo do gênero *Mucor*, indicando função de defesa antifúngica do cuidado maternal (Boos et al., 2014). Esses autores sugerem que o cuidado maternal pode servir tanto para a remoção mecânica dos esporos sobre os ovos, quanto pela salivação de substâncias

químicas sob a superfície dos mesmos. Além disso, essa tesourinha, quando exposta ao fungo *Metarhizium brunneum* Petch (Hypocreales: Clavicipitaceae), intensificou o investimento no cuidado maternal, reduzindo o tempo em que se ausentava do abrigo visando proteger e limpar os ovos (Diehl e Meunier, 2018).

Adicionalmente, Greer et al. (2020) sugerem que fêmeas de *F. auricularia* depositam substâncias químicas, como hidrocarbonetos, sobre a superfície dos ovos, o que pode protegê-los por tornar casão cório impróprio para o desenvolvimento de fungos, porém essas informações ainda são incipientes e requerem estudos para sua confirmação.

Com relação às espécies de tesourinhas que ocorrem no Brasil, há duas espécies mais importantes na cultura do milho. *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) não somente é a mais abundante, mas a mais eficaz como predadora de *Spodoptera frugiperda* (Smith) e *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e também apresenta hábito micófago (Silva et al., 2022). *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae), é conhecida por ser predadora de outras espécies de Lepidoptera (Marucci et al., 2019a).

A incidência de *D. luteipes* em milho coincide com a ocorrência de *S. frugiperda* e os dois compartilham o mesmo micro-habitat, o cartucho do milho (Naranjo-Guevara et al., 2017; Marucci et al., 2019 b), local de elevada umidade e fator de vital importância para o desenvolvimento embrionário do predador (Cruz, 1995, Jarvis et al., 2005). Contraditoriamente, esse ambiente acaba por favorecer a ocorrência de fungos oportunistas (Butnariu et al., 2013), mas de modo geral por meio do cuidado maternal acredita-se que assim como acontece com outras espécies de Dermaptera, as fêmeas dessa espécie protegem os ovos e garantem a alta viabilidade das ninfas (Costa, 2006).

Na criação dessa espécie em laboratório são utilizadas pipetas Pasteur com uma das extremidades cortada e preenchida com algodão umedecido como abrigo de oviposição, obtendo-se alta viabilidade ninfal, cerca de 75%. Dessa forma, acredita-se que por meio da manipulação dos ovos pelas fêmeas, a chance de infecção microbiana dos mesmos em função do ambiente úmido seja minimizada. Apesar dos estudos envolvendo fungos entomopatogênicos e espécies de Dermaptera serem escassos, são muito pertinentes para compreender melhor o papel do cuidado maternal sobre a defesa da prole.

Dessa forma, foram utilizados de experimentos comportamentais para testar a função antimicrobiana contra entomopatógenos, onde, objetivou-se investigar o potencial do cuidado dos ovos e ninfas na limpeza mecânica e proteção dos descendentes.

Nós manipulamos a presença/ausência do cuidado maternal, assim como a exposição total e parcial dos ovos a dois fungos entomopatogênicos, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *M. anisopliae* para testar os pressupostos: i) efeito benéfico do cuidado maternal dos ovos no desenvolvimento embrionário e eclosão das ninfas e ii) fêmeas ao cuidar dos ovos podem diretamente ou indiretamente protegê-los contra fungos entomopatogênicos.

Doru luteipes é uma espécie ideal para responder a esses questionamentos porque i) fêmeas cuidam das posturas dispostas em abrigos, inclusive expostas a fungos oportunistas e outros microrganismos (Lamb, 1976; Suzuki, 2010); ii) esta espécie apresenta hábito micófago (Silva et al., 2022 a); iii) fêmeas apresentam comportamento característico de manusear e limpar os ovos (Matzke e Klass, 2005); iv) estudos prévios indicam que o cuidado maternal é requerimento fundamental para o desenvolvimento embrionário dos ovos e v) as características biológicas dessa espécie são conhecidas (Cruz et al., 1995).

Com base no exposto, foi estudado a hipótese de que por meio do cuidado maternal, as fêmeas de *D. luteipes* reduzam os eventuais efeitos negativos que os fungos entomopatogênicos possam causar sobre os ovos e ninfas de primeiro ínstar, o que pode viabilizar o uso conjunto desses agentes biológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados nos Laboratórios de Controle Biológico de Pragas e de Patologia e Controle Microbiano de Insetos, do Departamento de Entomologia (DEN) da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG.

Obtenção de *Doru luteipes*

Os insetos foram obtidos da criação mantida em sala climatizada (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas), conforme procedimentos descritos por Pacheco et al. (2023). A dieta artificial foi composta por 35% de ração de gato ®MaxCat; 27% de farelo de trigo; 23% de levedo de cerveja; 14% de leite em pó; 0,5% de nipagin; 0,5% de ácido sórbico os quais foram triturados e homogeneizados em liquidificador (Cruz, 2009). Semanalmente, fêmeas alojadas em abrigo de oviposição com posturas foram retiradas das gaiolas de criação e transferidas para recipientes plásticos (1,8 L), contendo algodão umedecido, papel sanfonado e dieta artificial, os quais foram vedados com tecido voil. Os abrigos de oviposição foram

constituídos por pipetas Pasteur cuja extremidade foi cortada e vedada com algodão umedecido. As fêmeas foram retiradas dos recipientes plásticos, à medida que as ninfas eclodiam e abandonavam a pipeta, em busca de abrigo no papel sanfonado, finalizando assim o período de cuidado maternal.

Para padronizar a idade dos ovos, pipetas Pasteur devidamente identificadas foram inseridas na gaiola de criação de manutenção e diariamente observadas para separação das posturas.

Obtenção dos isolados e preparo das suspensões

Os isolados IBCB 425 de *M. anisopliae* e IBCB 66 de *B. bassiana* foram obtidos da Coleção de Microrganismos Entomopatogênicos do Laboratório de Controle Biológico do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo. Discos de micélio foram armazenados a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ em freezer, no Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos do Departamento de Entomologia (DEN) da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG.

Para a realização do bioensaio, cada isolado foi multiplicado, inoculando os conídios em placas de Petri ($90 \times 15\text{ mm}$) contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) e incubados em câmara climatizada ($25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas) até plena esporulação e colonização do meio de cultura. A cada 15 a 20 dias foram realizadas novas repicagens para renovação do estoque dos isolados seguindo os procedimentos de Mascarin e Quintela (2013). Utilizou-se a suspensão aquosa na concentração de 10^8 conídios. mL^{-1} a qual foi preparada de acordo com os procedimentos descritos por Alves e Faria (2010) adicionando 5 mL de solução 0,01% de Tween 80 em seis placas de Petri contendo o fungo em meio BDA. Cuidadosamente com o auxílio de uma alça de platina raspou-se os conídios transferindo-os para um Erlenmeyer de 1L de solução 0,01% de Tween 80 obtendo-se a suspensão aquosa concentrada, a qual foi ajustada para concentração de 10^8 conídios. mL^{-1} . Como tratamento controle, foi aplicado água destilada + 0,01% de Tween 80.

Efeito do cuidado maternal com e sem exposição aos fungos entomopatogênicos

Os efeitos do cuidado maternal dos ovos e exposição aos isolados de fungos no sucesso do desenvolvimento embrionário e produção de ninfas sadias foi testado em cerca de 90 posturas, as quais foram separadas em duas porções (Figura 1). Dois fatores foram estudados: *i*) exposição total ou parcial dos ovos aos esporos de dois isolados de fungos entomopatogênicos e *ii*) presença e ausência do cuidado maternal. A exposição parcial dos ovos aos fungos visou

verificar se as fêmeas conseguem reconhecer imediatamente os ovos contaminados e descartá-los (canibalismo) ou, se os mantém junto aos não contaminados e executam o cuidado maternal. As unidades experimentais foram constituídas por ovos e fêmeas progenitoras mantidos em recipientes plásticos (500 mL) revestidos por papel filtro, forma de papel (3 cm) com dieta e algodão umedecido. Os recipientes foram vedados com tecido voil e mantidos em condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas).

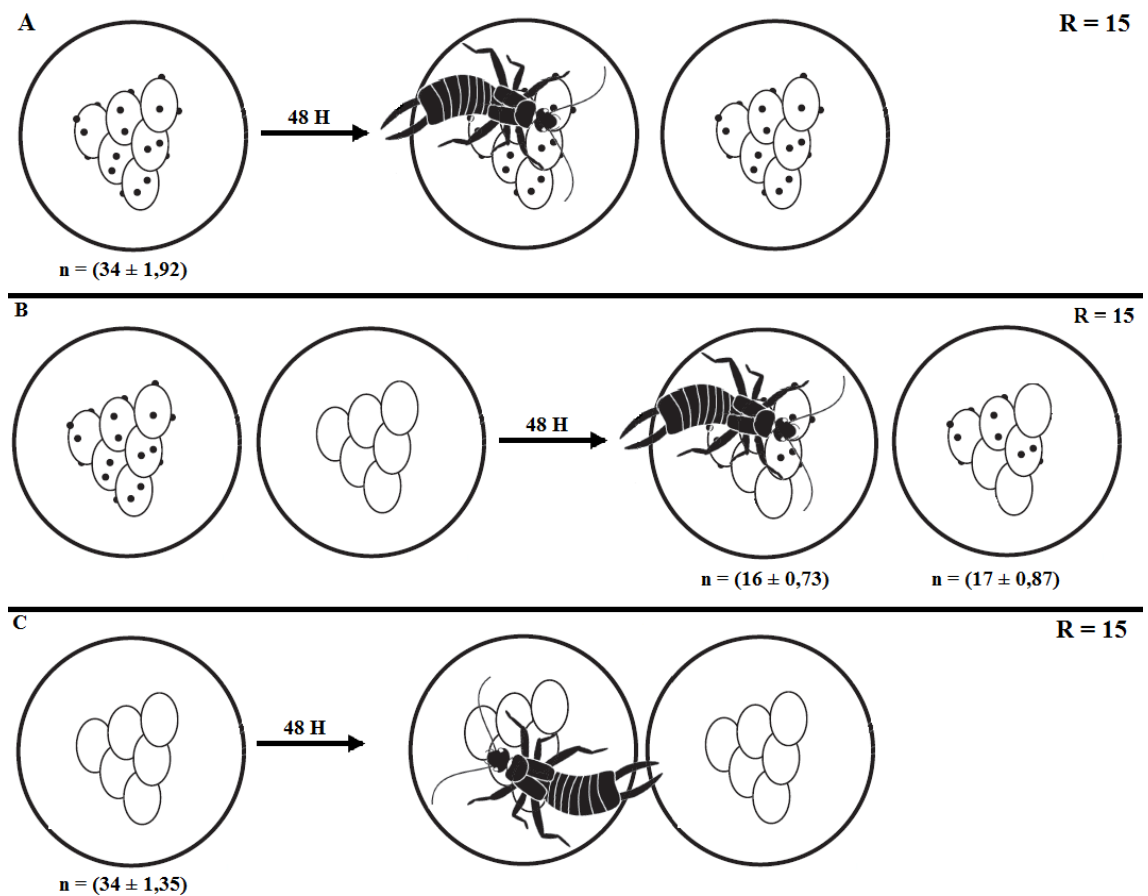


Figura 1 Ilustração adaptada de (Boos et al., 2014), que representa o desenho experimental. Cada postura foi dividida em duas porções com aproximadamente metade dos ovos A) todos os ovos receberam os esporos, B) metade dos ovos receberam os esporos e C) sem exposição aos esporos. Posturas com pontuações pretas simbolizam exposição aos esporos e presença da tesourinha cuidado maternal. n refere-se ao número médio de ovos (\pm erro padrão) e R ao número de repetições

As posturas contidas nos abrigos com cerca de 24 horas após oviposição foram expostas aos isolados ou a água + Tween (tratamento controle). Antes das aplicações, as fêmeas foram retiradas do abrigo e uma alíquota de 0,5 mL da suspensão aquosa ou água + Tween foi aplicada sobre a postura utilizando uma micropipeta, de tal forma a cobrir por completo a massa de ovos, sendo o excesso do líquido drenado pelo algodão. No caso da exposição total, todos os ovos foram expostos aos isolados e no caso da exposição parcial, cerca da metade foi exposta. Neste

caso, utilizando um pincel de cerdas macias os ovos foram retirados do abrigo, transferidos para uma placa de Petri (90 × 15 mm) e a massa de ovos foi dividida e os ovos quantificados. Na sequência, a primeira metade dos ovos foi cuidadosamente transferida para a parede de uma pipeta Pasteur e a segunda metade para outra, as quais foram devidamente identificadas.

Para cada um dos três tratamentos utilizaram-se 15 repetições, no entanto, algumas repetições foram perdidas, pois em função da manipulação algumas fêmeas se alimentaram dos próprios ovos (canibalismo). Após exposição aos esporos ou água, os ovos foram mantidos na presença das fêmeas por um período de 48 h, as quais no caso de exposição parcial tiveram a oportunidade de buscar os ovos e os transportar para um mesmo o abrigo. A média (\pm erro padrão) do número de ovos por postura foi de 35 (\pm 1,28) e 32,6 (\pm 1,29) ovos para os bioensaios com *B. bassiana* e *M. anisopliae*, respectivamente. Após 48 horas, cada postura foi dividida em aproximadamente metade dos ovos (17,37 \pm 0,50) para *B. bassiana* e (16 \pm 0,49) para *M. anisopliae* com auxílio de um pincel de cerdas macias, sendo metade mantida na presença e metade na ausência da respectiva fêmea progenitora.

Durante cerca de dez dias acompanhou-se o desenvolvimento embrionário dos ovos e eventual infecção por fungos. Um dia após o início da eclosão, o total de ninfas eclodidas foi quantificado, assim como o número de ninfas contaminadas, além de ocorrência de canibalismo.

Os ovos inviáveis, ninfas e adultos mortos foram lavados em álcool 70%, hipoclorito de sódio a 1% e água destilada esterilizada, por 10 segundos, e mantidos em câmara úmida para verificação da possível extrusão do patógeno, para sua posterior identificação e confirmação se de fato a morte foi causada pelo isolados dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*.

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se o Software R versão 3.4.1 (R Core Team, 2021) e o seguintes pacotes emmeans (Searle et al., 1980) e hnp (Moral et al., 2017). Os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($\alpha = 0,05$) foram aplicados para verificação dos pressupostos de normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias, respectivamente, e como não assumiram distribuição normal, os dados foram analisados por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial sendo o fator 1 as diferentes exposições ao fungo e o fator 2 a presença ou ausência da fêmea. Os experimentos foram realizados em duas datas diferentes, o que foi considerado na análise dos dados. As variáveis proporção de ovos, ninfas infectadas pelo fungo e viabilidade de ovos foram analisadas utilizando o Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição

quasibinomial, link logit e teste razão de verossimilhança, seguida por comparações pelo teste Tukey ($P=0,05$), com ajuste de Bonferroni. A qualidade do ajuste foi determinada através de um gráfico semi-normal com um envelope de simulação.

RESULTADOS

Para os isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* não houve interação entre os fatores cuidado maternal e exposição dos ovos, quando avaliados viabilidade dos ovos e infecção dos ovos e ninfas.

Para o isolado IBCB 66, houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 12,03$; *g.l.* = 2; $P < 0,001$), na porcentagem de viabilidade dos ovos entre os que não foram expostos ao isolado ($60,56 \pm 0,038\%$) e os que foram expostos total ($45,16 \pm 0,042\%$) ou parcialmente ($41,71 \pm 0,045\%$) (Figura 2), porém, não houve diferença significativa entre exposição total e parcial.

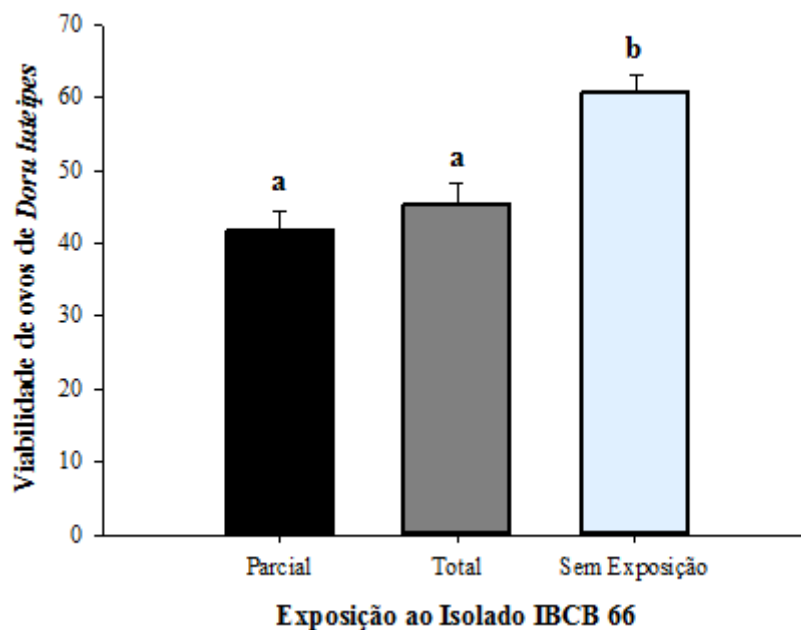


Figura 2 Viabilidade média (\pm erro padrão) dos ovos de *Doru luteipes* sob exposição (parcial e total) e sem exposição dos ovos ao isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Adicionalmente, não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 0,06$; *g.l.* = 1; $P = 0,80$) para a infecção dos ovos quando comparadas a exposição total ($39,1 \pm 16\%$) e parcial ($36,9 \pm 17,4\%$). Para o controle, não houve infecção dos ovos.

Com relação à manipulação da presença e ausência da fêmea progenitora, a viabilidade dos ovos de *D. luteipes* diferiu significativamente, quando a fêmea efetuou o cuidado maternal

(GLM; $\chi^2 = 222,65$; g.l. = 1; $P < 0$), obtendo-se alta viabilidade ($78,50 \pm 0,024\%$), enquanto na ausência da fêmea, houve redução ($20,40 \pm 0,023\%$) (Figura 3).

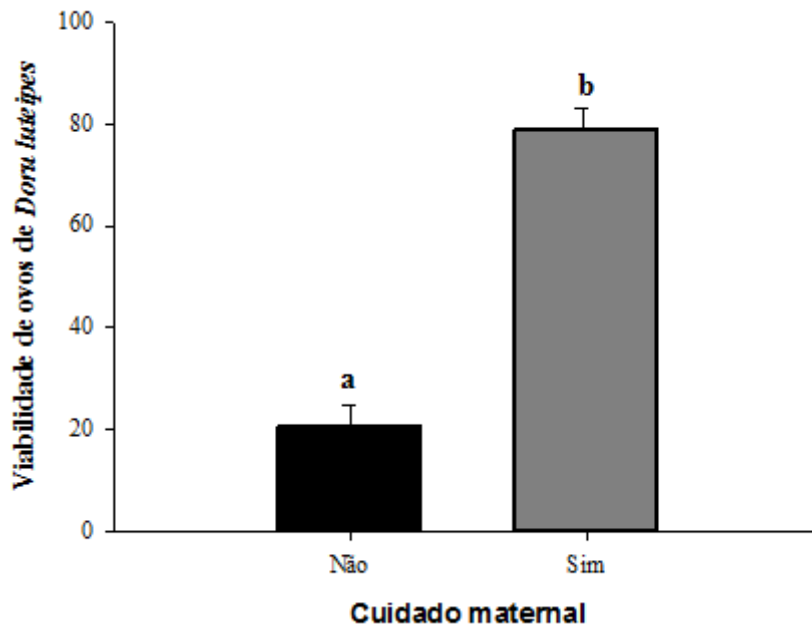


Figura 3 Viabilidade média (\pm erro padrão) dos ovos de *Doru luteipes* sob o efeito ou não do cuidado maternal, após exposição dos ovos ao isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em relação à porcentagem de ovos infectados, quando a fêmea estava presente efetuando o cuidado maternal, não houve infecção, porém na ausência da fêmea progenitora, ($47,6 \pm 13\%$) dos ovos foram infectados (Figura 4).

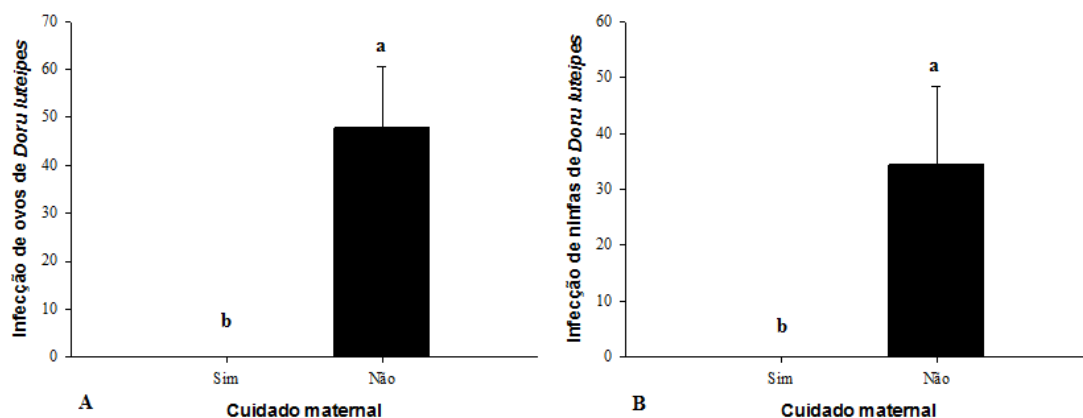


Figura 3 Porcentagem de infecção média (\pm erro padrão) dos ovos (A) e ninfas (4) de *Doru luteipes* sob a presença ou não do cuidado maternal, após exposição dos ovos ao isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto à infecção das ninfas, não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 0,78$; g.l. = 1; $P = 0,37$), entre exposição total e parcial dos ovos ao isolado, sendo que a porcentagem de ninfas infectadas foi de $(26,4 \pm 16,4\%)$ e $(26,9 \pm 17,4\%)$; respectivamente. Com relação ao cuidado maternal, quando a fêmea progenitora esteve presente não houve infecção e em sua ausência $(34,2 \pm 14,2\%)$ das ninfas foram infectadas (Figura 4).

Para o isolado IBCB 425, houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 39,05$; g.l. = 2; $P < 0$) em relação à exposição ou não dos ovos. A viabilidade dos ovos no tratamento controle foi superior a $(67,16 \pm 0,03\%)$, e sob exposição total $(44,44 \pm 0,039\%)$ e parcial $(33,70 \pm 0,037\%)$ (Figura 5), porém não houve diferença entre exposição total e parcial dos ovos ao isolado.

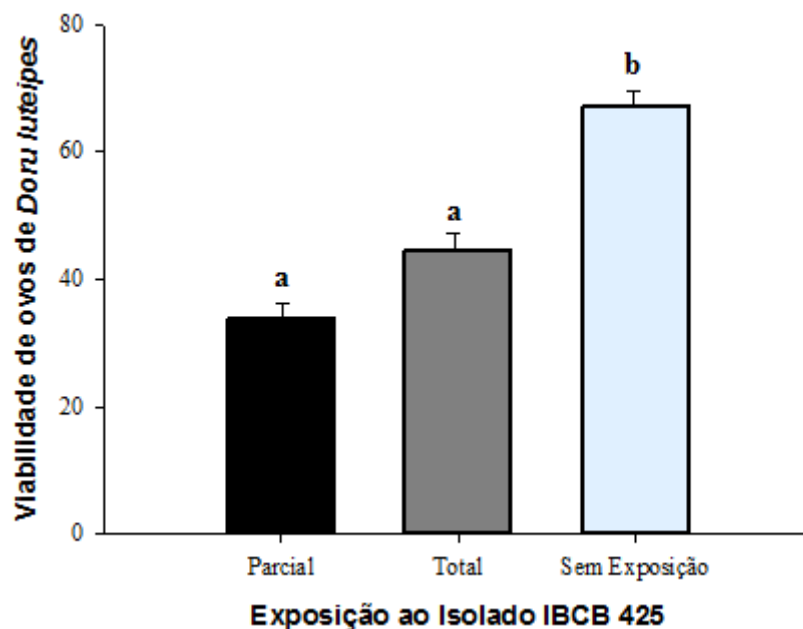


Figura 4 Viabilidade média (\pm erro padrão) dos ovos de *Doru luteipes* sob exposição (parcial, total) e sem exposição dos ovos ao isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Da mesma forma como ocorreu para *B. bassiana*, não houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 0,68$; g.l. = 1; $P = 0,40$) para a infecção dos ovos quando comparado a exposição total e parcial, sendo que os valores foram $(40,8 \pm 16,7\%)$ e $(43 \pm 17,2\%)$; respectivamente. Para o controle, não houve infecção dos ovos.

Em relação à viabilidade dos ovos, o cuidado maternal foi efetivo. Houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 272,17$; g.l. = 1; $P < 0$) quando manipuladas a presença ($79,29 \pm 0,021\%$) e a ausência ($18,76 \pm 0,020\%$) da fêmea (Figura 6).

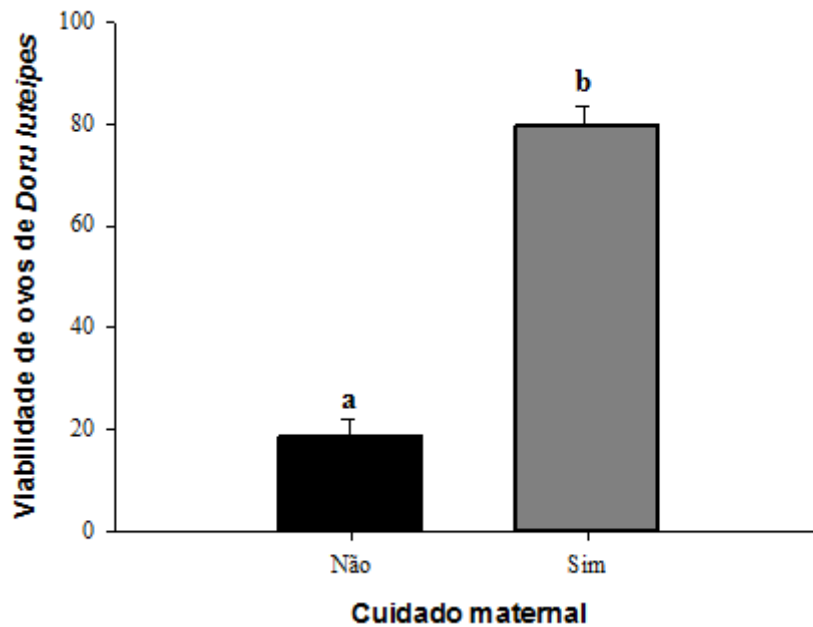


Figura 6 Viabilidade média (\pm erro padrão) dos ovos de *Doru luteipes* sob presença ou não do cuidado maternal, após exposição dos ovos ao isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na presença da fêmea não houve infecção dos ovos, porém na ausência ($54,5 \pm 13,1\%$) dos ovos foram infectados (Figura 7).

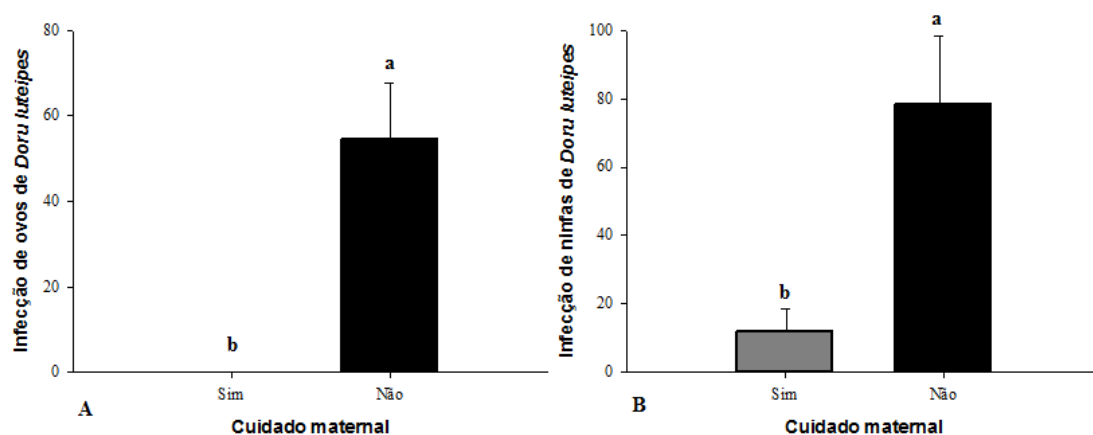


Figura 7 Porcentagem de infecção média (\pm erro padrão) dos ovos (A) e ninfas (B) de *Doru luteipes* sob presença ou não do cuidado maternal, após exposição dos ovos ao isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

No entanto, houve diferença significativa (GLM; $\chi^2 = 6,44$; g.l. = 1; $P < 0,01$), entre exposição total e parcial dos ovos em relação a infecção das ninfas. A porcentagem de ninfas infectadas sob exposição parcial dos ovos ao isolado foi ($65,85 \pm 0,14\%$) e, portanto, superior a exposição total de ($20,05 \pm 0,10\%$) (Figura 8). O cuidado maternal foi significativo (GLM; $\chi^2 = 12,8$; g.l. = 1; $P < 0$) e proporcionou redução na porcentagem de ninfas infectadas, que na presença da fêmea progenitora foi de ($11,74 \pm 0,05\%$) e na ausência ($78,41 \pm 0,14\%$) (Figura 7).

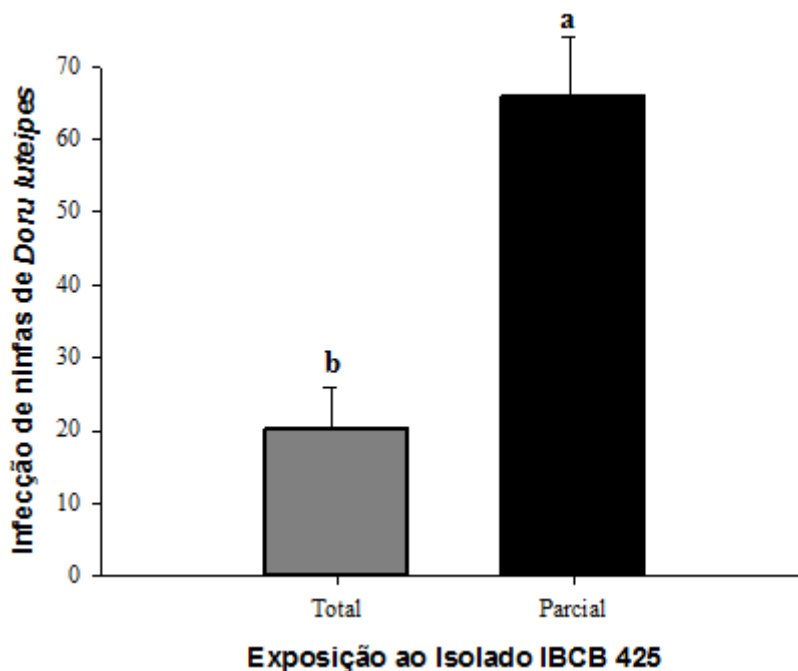


Figura 8 Porcentagem de infecção média (\pm erro padrão) de ninfas de *Doru luteipes* após exposição parcial ou total dos ovos ao isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

DISCUSSÃO

Estudos prévios indicam que por meio do cuidado maternal, fêmeas de tesourinhas (Dermaptera) garantem a sobrevivência e defesa da prole (Butnariu et al., 2013; Gómez; Kölliker, 2013; Suzuki, 2014, 2018; Van Meyel et al., 2019; Greer et al., 2020; Van Meyel e Meunier, 2020). No entanto, esta característica comportamental parece ser expressa diferentemente em função da espécie de Dermaptera e, além disso, poucos estudos visaram elucidar o papel do cuidado maternal na proteção contra infecções causadas por fungos (Lamb, 1976, Matzke e Klass, 2005; Costa, 2006; Trumbo 2012; Diehl e Meunier, 2018). Fêmeas progenitoras de *Doru lineare* (Eschs) (Dermaptera: Forficulidae), não discriminam os ovos de outras fêmeas e independente do estágio de desenvolvimento em que os ovos se encontram,

cuidam de um número maior do que elas conseguiam ovipositar (Butnariu et al., 2013), porém assim como para *D. luteipes* não há informação sobre o papel da manipulação dos ovos pelas fêmeas na proteção contra fungos. Neste trabalho, demonstramos a importância do cuidado maternal, onde a fêmea progenitora atuou para *i*) garantir alta viabilidade de ovos e *ii*) proteger ovos e ninfas contra infecção por fungos entomopatogênicos.

Por meio da exposição dos ovos aos dois isolados de fungo entomopatogênicos, observou-se que os fungos afetam a viabilidade dos ovos, independente dos ovos serem expostos total ou parcialmente, sugerindo que as fêmeas não distinguem ovos contaminados de não contaminados logo após a exposição, cuidando ou manipulando todos os ovos indistintamente. Foi obtida viabilidade de ovos superior a 60% nos tratamentos controle (sem exposição ao fungo) com queda tanto sob exposição total quanto parcial na viabilidade dos ovos aos isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae*. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2011) para viabilidade dos ovos da tesourinha *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) (Dermaptera: Anisolabididae) após exposição ao produto comercial Boveril®, observando-se viabilidade de 31,13% ($12,50 \times 10^9$) e 60,06% ($5,0 \times 10^9$). Já para Metarril®, altas viabilidades foram observadas.

Demonstrou-se que a presença da fêmea progenitora, por meio do cuidado maternal, garantiu a viabilidade dos ovos, mesmo quando estes foram expostos aos isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae*, indicando que a fêmea por meio da manipulação dos ovos remove os esporos o que garante a viabilidade dos ovos. Em contraste, os ovos que permaneceram na ausência da fêmea de *D. luteipes* tiveram o desenvolvimento embrionário comprometido com acentuada redução na viabilidade. Resultados similares foram observados por Boos et al. (2014) para a tesourinha *F. auricularia* sob exposição prévia dos ovos a um fungo do gênero *Mucor*, sendo que a viabilidade dos ovos foi de 77% e 4% na presença e ausência da fêmea progenitora, respectivamente.

Adicionalmente, os ovos que ficaram sob o cuidado maternal não apresentaram sinais de infecção por ambos os isolados, enquanto que na ausência da fêmea os ovos foram infectados pelos isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae*. Fica evidente que o cuidado maternal realizado por fêmeas de *D. luteipes*, assim como o “grooming” (auto-limpeza), “allogrooming” (limpeza entre indivíduos da colônia) que comumente ocorre em insetos sociais (Hughes et al., 2002; Walker e Hughes, 2009) apresenta ação antifúngica e garante viabilidade e sobrevivência da progênie (Hughes et al., 2002). Entretanto, por meio destes resultados com *D. luteipes* não é possível afirmar qual estratégia é utilizada por esta espécie. Estudos prévios com outras espécies de Dermaptera sugerem a deposição de hidrocarbonetos sobre a superfície dos ovos, os quais

integram a saliva da fêmea e o consumo de esporos ou outra forma de eliminação de estruturas patogênicas (Boos et al., 2014; Greer et al., 2020; Körner et al., 2020).

Em relação à infecção das ninfas proveniente dos ovos expostos aos isolados, estas foram avaliadas até o momento da saída do abrigo, o que marca o fim do cuidado maternal. No tratamento controle, não houve sinal de infecção pelos dois isolados. Embora para exposição ao isolado de *B. bassiana*, não observou-se diferença significativa em relação a infecção das ninfas tanto para exposição total quanto parcial dos ovos, para *M. anisopliae*, foram observadas diferenças significativas com acentuada infecção das ninfas na exposição parcial dos ovos, o que não foi observado em relação aos ovos, cuja infecção foi similar tanto para exposição total e quanto parcial dos ovos ao isolado de *M. anisopliae*. Essa diferença observada na infecção das ninfas por *M. anisopliae*, pode ter ocorrido devido a uma maior agressividade deste fungo (França et al., 2006; Loureiro e Moino Jr, 2007; Potrich et al., 2009) quando cerca de metade dos ovos apenas foram expostos, o qual se manifestou apenas na fase de ninfas.

Potrich et al. (2009), observaram que quando ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), foram pulverizados por *B. bassiana* e *M. anisopliae*, a emergência dos adultos foi afetada apenas por *Metarhizium*. Os autores destacaram que mesmo aplicando o fungo previamente ao parasitismo, o desenvolvimento das fases jovens do parasitoide, foi afetado. Dessa forma, é possível que os conídios de *M. anisopliae* tenham infectado os ovos expostos parcialmente, mas somente foram capazes de causar a mortalidade nas ninfas no 1º ínstar, contudo, mais estudos são necessários para compreender melhor tal efeito patogênico sobre ovos e ninfas contaminadas por este patógeno.

França et al. (2006) avaliaram os efeitos da aplicação tópica de *M. anisopliae* e *B. bassiana* sobre ninfas de 5º ínstar e adultos do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) e verificaram diferença na susceptibilidade de *P. nigrispinus* em função da espécie de entomopatógeno.

Embora o comportamento de cuidar dos ovos seja generalizado em Dermaptera (Rankin et al., 1996; Butnariu et al., 2013; Van Meyel et al., 2019; Greer et al., 2020; Van Meyel et al., 2021; Xiong et al., 2021), qualquer estresse pode gerar canibalismo dos ovos pela própria fêmea progenitora (Brown, 2007; Van Meyel e Meunier, 2020). Quando utilizada a exposição total dos ovos aos isolados, considerou-se que a fêmea não tinha direito de escolha e, dessa forma, teria que cuidar da massa de ovos totalmente contaminada. Porém, quando somente metade dos ovos foi exposta aos isolados, havia a possibilidade da fêmea, que dessa vez tinha direito a escolha, descartar os ovos contaminados e cuidar apenas dos não expostos aos isolados ou vice-

versa. No entanto, as fêmeas juntaram os ovos expostos e não expostos e cuidaram dos mesmos, sendo que o índice de canibalismo foi muito baixo, 13,33% para *Metarhizium* e 20% para *Beauveria*. Apenas para o isolado de *M. anisopliae* foi possível detectar diferença na proporção de ninfas infectadas, a qual foi duas vezes superior na exposição parcial em relação à total. Esse resultado pode estar relacionado ao comportamento das fêmeas ao reagrupar os ovos expostos parcialmente, após a exposição e precisa ser melhor investigado levando-se em consideração os custos e investimento da fêmea no cuidado maternal (Choe e Crespi, 1997).

Em resumo esses resultados mostram que se os ovos de *D. luteipes* forem expostos aos isolados dos fungos *Beauveria* e *Metarhizium*, as fêmeas contribuem para o sucesso da taxa de eclosão das ninfas e, conseqüentemente, aumentam a aptidão dos descendentes. A fêmea, independente da exposição dos ovos aos isolados ser total ou parcial, por meio do cuidado maternal, consegue efetuar a limpeza de ovos e ninfas contaminados por fungos. Contudo, estudos complementares devem ser realizados para compreender melhor este mecanismo de proteção da prole efetuado por *D. luteipes*, uma vez que poucos trabalhos envolvendo espécies tropicais de tesourinha (Butnariu et al., 2013) foram realizados, o que dificulta uma melhor compreensão da evolução do comportamento de cuidado maternal.

CONCLUSÃO

O cuidado maternal exercido por fêmeas de *D. luteipes* reduz os efeitos da exposição dos ovos aos esporos dos fungos entomopatogênicos, *M. anisopliae* e *B. bassiana* e garante o sucesso do desenvolvimento embrionário e da prole.

REFERÊNCIAS

- Alves RT, Faria M (2010) Pequeno Manual sobre Fungos Entomopatogênicos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 286: 1-47
- Brown GS (2007) Sperm competition and male forceps dimorphism in the European earwig *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulina). Thesis (PhD) – University of St. Andrews. Disponível em: <<https://research-repository.st-andrews.ac.uk/handle/10023/409>>. Acesso em: 23 de maio de 2022
- Butnariu AR, Pasini A, Reis FS, Bessa E (2013) Cuidado Materno pela Earwig *Doru lineare* Eschs. (Dermaptera: Forficulidae). *Journal of Insect Behavior* 26:667–678. <https://doi.org/10.1007/s10905-013-9377-5>
- Boos S et al (2014) Maternal care provides antifungal protection to eggs in the European earwig. *Behavioral Ecology* 25:754–761. <https://doi.org/10.1093/beheco/aru046>
- Costa JT (2006) The other insect societies. Cambridge (MA): Harvard University Press. p. 49–80
- Cruz I (1995) Manejo integrado de pragas com ênfase para o controle biológico. In: CICLO DE PALESTRA SOBRE O CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS. Campinas, SP. Anais. Campinas: SEB/Instituto Biológico. p: 48–92
- Cruz I, Alvarenga CD, Figueiredo PE (1995) Biologia de *Doru Luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa Zea* (Boddie). *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil* 24:21–27
- Cruz I (2009) Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), pp. 237-275. In: V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. UFLA, Lavras.
- Diehl JMC, Meunier J (2018) Surrounding pathogens shape maternal egg care but not egg production in the European earwig. *Behavioral Ecology* 29:128–136. <https://doi.org/10.1093/beheco/arx140>
- França ÍWB, Marques EJ, Torres JB, Oliveira JV (2006) Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 35:349–356. <https://doi.org/10.1093/beheco/arx140>
- Greer JA, Swee A, Vredenburg VT, Zink AG (2020) Parental Care Alters the Egg Microbiome of Maritime Earwigs. *Microbial Ecology* 80:920–934. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01558-x>
- Gómez Y, Kölliker M (2013) Maternal care, mother-offspring aggregation and age-dependent coadaptation in the European earwig. *Journal of Evolutionary Biology* 26:1903–1911. <http://doi.org/10.1111/jeb.12184>
- Hughes WOH, Eilenberg J, Boomsma JJ (2002) Trade-offs in group living: transmission and disease resistance in leaf-cutting ants. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 269:1811–1819. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2113>
- Hoffmann JA, Reichhart JM, Hetru C (1996) Innate immunity in higher insects. *Current Opinion in Immunology* 8:8–13. [https://doi.org/10.1016/S0952-7915\(96\)80098-7](https://doi.org/10.1016/S0952-7915(96)80098-7)

- Jarvis KJ, Haas F, Whiting MF (2005) Phylogeny of earwigs (Insecta: Dermaptera) based on molecular and morphological evidence: reconsidering the classification of Dermaptera. *Systematic Entomology* 30:442–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2004.00276.x>
- Körner M et al (2020) Offspring reverse transcriptome responses to maternal deprivation when reared with pathogens in an insect with facultative family life. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287:1:10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0440>
- Loureiro ES, Moino Júnior A (2007) Patogenicidade de Fungos Entomopatogênicos a *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). *BioAssay* 2:8-15. <http://doi.org/10.14295/BA.v2.0.15>
- Lamb RJ (1976) Parental Behavior In The Dermaptera With Special Reference To *Forficula Auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). *The Canadian Entomologist* 108:609–619. <https://doi.org/10.4039/Ent108609-6>
- Marucci RC, Mendes SM, Souza IL (2019a) Maize. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 329-339). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1>
- Marucci RC, Souza IL, Silva LO, Auad AM, Mendes SM (2019b) Pollen as a component of the diet of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). *Brazilian Journal of Biology* 79:584-8. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.184072>
- Mascarin GM, Quintela ED (2013) Técnica de Produção do Fungo Entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para Uso em Controle Biológico. *Embrapa Arroz e Feijão Documentos* 289: 1-18
- Matzke D, Klass KD (2005) Reproductive biology and nymphal development in the basal earwig *Tagalina papua* (Insecta: Dermaptera: Pygidicranidae), with a comparison of brood care in Dermaptera and Embioptera. *Entomologische Abhandlungen* 62:99–116
- Moral RA, Hinde J, Demétrio CGBB (2017) Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package. *Journal of Statistical Software* 81:1-23. <http://doi: 10.18637/jss.v081.i10>
- Morfin N, Espinosa-Montañó LG, Guzman-Novoa E (2020) A direct assay to assess self-grooming behavior in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie* 51:892–897. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00769-y>
- Nalepa CA, Bell WJ (1997) Postovulation parental investment and parental care in cockroaches. In: Choe, J. C., Crespi, B. J. *The evolution of social behavior in insects and arachnids*, pp: 26-50.
- Naranjo-Guevara N, Peñaflor MFGV, Cabezas-Guerrero MF, Bento JMS (2017) Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. *The Science of Nature* 104:77. <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1498-9>
- Oliveira FQ, Batista JLB, Malaquias JB, Brito CH, Santos EP (2011) Susceptibility of the predator *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae) to mycoinsecticides. *Revista Colombiana de Entomologia* 37:234–237
- Potrich M, Alves LFA, Haas J, Silva ERL, Daros A, Pietrowiski V, Neves PMOJ (2009)

Selectivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Trichogramma pretiosum* riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology* 38:822–826. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000600016>

R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2016

Rankin SM, Tempestade SK, Pietro DL, Risser AL (1996) Maternal behavior and clutch manipulation in the ring-legged earwig (Dermaptera: Carcinophoridae). *Journal of Insect Behavior* 9:85–103. <https://doi.org/10.1007/BF02213725>

Rosengaus RB, Traniello JFA, Bulmer MS (2010) Ecology, Behavior and Evolution of Disease Resistance in Termites. In: *Biology of Termites: a Modern Synthesis*. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 165–191. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3977-4_7

Searle SR, Speed FM, Milliken GA (1980) Population Marginal Means in the Linear Model: An Alternative to Least Squares Means. *The American Statistician* 34:216–221

Silva DD, Mendes SM, Parreira DF, Pacheco RC, Marucci RC, Cota LV, Costa RV, Figueiredo JEF (2022) Fungivory: A new and complex ecological function of *Doru Luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). *Brazilian Journal of Biology* 82:e238763. <http://doi:10.1590/1519-6984.238763>

Suzuki S (2010) Progressive provisioning by the females of the earwig, *Anisolabis maritima*, increases the survival rate of the young. *Journal of Insects Science* 10:1-7. <https://doi.org/10.1673/031.010.14144>

Suzuki S (2014) Physiological cost of maternal care? Effect of pre- and post-hatching care on the clutch size in the earwig *Anisolabis maritima*. *Behaviour* 151:455–464. <https://doi.org/10.1163/1568539X-00003135>

Suzuki S (2018) Provisioning control during maternal care by the earwig *Anisolabis maritima* (Dermaptera: Anisolabididae): Do mothers adjust provisioning according to offspring need? *Entomological Science* 21:428–432. <http://doi.org/10.1111/ens.12322>

Trumbo ST (2012) Patterns of parental care in invertebrates. In: Royle NJ, Smiseth PT, Kolliker M, editors. *The evolution of parental care*. 1st ed. Oxford: Oxford University Press. p. 81–93

Van Meyel S, Devers S, Meunier J (2019) Love them all: Mothers provide care to foreign eggs in the European earwig *Forficula auricularia*. *Behavioral Ecology* 30:756–762. <https://doi.org/10.1093/beheco/arz012>

Van Meyel S, Meunier, J (2020) Filial egg cannibalism in the European earwig: its determinants and implications in the evolution of maternal egg care. *Animal Behaviour* 164:155–162. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2020.04.001>

Van Meyel S, Devers S, Dupont S, Dedeine F, Meunier J (2021) Alteration of gut microbiota with a broad-spectrum antibiotic does not impair maternal care in the European earwig. *Journal of Evolutionary Biology* 34:1034–1045. <http://doi.org/10.1111/jeb.13791>

Walker TN, Hughes WOH (2009) Adaptive social immunity in leaf-cutting ants. *Biology*

Letters 5:446–448. <https://doi.org/10.1111/jeb.13791>

Xiong S, Engel MS, Xiao L, Ren D (2021) New eodermapteran earwigs (Dermaptera) from the Middle Jurassic Jiulongshan Formation of China. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology* 45:335–343. <http://doi.org/10.1080/03115518.2021.1965215>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa foi motivada pela ausência de informações científicas, sobre a interação dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* e o predador comum em áreas agrícolas da região Neotropical, *Doru luteipes*. Os resultados apresentados nesta dissertação são inéditos e relevantes para definir estratégias de controle associando o uso conjunto desses fungos em ambientes de atuação do predador, como lavouras de milho. Em um primeiro momento demonstramos experimentalmente que os isolados IBCB 66 e IBCB 425 sob exposição tópica e em filme seco, nas concentrações crescentes de 10^4 a 10^8 conídios.mL⁻¹ são seletivos a *D. luteipes* e, portanto, seguros para serem aplicados em lavouras onde esse predador desempenha a função ecossistêmica de regular a população de diversas espécies de insetos-praga. No entanto, faltava ainda investigar se o tempo gasto pelas fêmeas com o cuidado maternal dos ovos seria compensado pelo sucesso no desenvolvimento embrionário da prole. Constatamos que a exposição aos fungos entomopatogênicos afeta a viabilidade dos ovos, porém as fêmeas por meio do cuidado maternal protegem-nos da infecção fúngica e garantem a viabilidade dos mesmos e a eclosão de ninfas saudáveis. No entanto, ainda não sabemos se para *D. luteipes* essa proteção está relacionada a uma defesa mecânica ou química, o que abre possibilidade para futuras pesquisas, principalmente caso se constata a produção de substâncias químicas ou se a saliva possua propriedades antifúngicas.