



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE BALSAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

RAYANE CRISTINE CUNHA MOREIRA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS SOBRE *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974)
(HEMIPTERA, PENTATOMIDAE) E O PARASITOIDE DE OVOS *Telenomus podisi*
(ASHMEAD, 1893) (HYMENOPTERA: SCELIONIDAE)**

Balsas
2022

RAYANE CRISTINE CUNHA MOREIRA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS SOBRE *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974)
(HEMIPTERA, PENTATOMIDAE) E O PARASITOIDE DE OVOS *Telenomus podisi*
(ASHMEAD, 1893) (HYMENOPTERA: SCELIONIDAE)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA/CESBA/UEMA como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Antônia Alice Costa Rodrigues

M838f

Moreira, Rayane Cristine Cunha

Fungos entomopatogênicos sobre *Euschistus heros* (Fabricius,1974) (Hemiptera, Pentatomidae) e o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (Ashmead,1893) (Himenoptera: Scelionidae). / Rayane Cristine Cunha Moreira. – Balsas, 2022.

87 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA / Balsas, 2022.

1. *Glycine max.*
 2. Percevejo marrom.
 3. Manejo Integrado de Pragas.
 4. *Metarhizium anisopliae*.
 5. *Beauveria bassiana*.
- I. Título.

CDU: 632:633

RAYANE CRISTINE CUNHA MOREIRA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS SOBRE *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974)
(HEMIPTERA, PENTATOMIDAE) E O PARASITOIDE DE OVOS *Telenomus podisi*
(ASHMEAD, 1893) (HYMENOPTERA: SCELIONIDAE)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA/CESBA/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Antônia Alice Costa Rodrigues

Aprovada em 28/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JOSEANE RODRIGUES DE SOUZA

Data: 28/10/2022 11:51:03-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. John Jairo Saldarriaga Ausique
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente



LEONARDO DE JESUS MACHADO GOIS DE C

Data: 27/10/2022 22:01:00-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Leonardo de Jesus Machado Gois de Oliveira
Universidade Estadual do Maranhão

Ofereço e dedico a Jesus, o Autor e consumidor da minha fé.

Pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre! Amém.

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, porque só Ele é digno de honra e glória. Tudo o que se encontra escrito aqui neste trabalho é Dele, por Ele e para Ele. Obrigada Senhor por seu amor e sua bondade infinita com a minha vida, assim como está escrito no Salmos 23.

Quero agradecer aos meus pais Antônio Jean Moreira e Júlia Cunha Moreira e minha irmã Jullyane Moreira por serem meu alicerce nos dias mais difíceis. Agradeço ao meu esposo Wesley Kardex pelo apoio em cada momento e por seu amor e cuidado comigo ao longo desses anos. Toda a minha gratidão e amor aos meus sogros Aldivan Kardex e Wilza Carla Cordeiro por cuidarem tão bem de mim como uma filha.

Agradeço com todo coração a minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Joseane Rodrigues de Souza, que nesses anos para mim, se tornou muito mais que uma orientadora. Grata por todo o conhecimento passado e pela empatia. Fica aqui toda minha gratidão, respeito e carinho por essa profissional incrível.

Agradeço a minha coorientadora Prof^ª. Dr^ª. Antônia Alice Costa Rodrigues pelo suporte técnico no laboratório de Fitopatologia. Quero agradecer as professoras Prof^ª. Dr^ª. Raimunda Lemos e Prof^ª. Dr^ª. Ester Azevedo pelo suporte técnico no laboratório de Entomologia.

Ao professor Dr. Adriano Soares quero agradecer pela ajuda nas análises estatísticas e ensinamentos passados.

Quero ser grata a Alaíde Lima, Ellen Aragão, Matheus Lima, Roberto Serejo, Pedro Lívio Cardoso, Rafaela Vilanova e João Camara pois sem ajuda deles esse trabalho não poderia ser realizado.

A minha amiga e colega de curso de Mestrado Daiana Gomes, agradeço pela amizade construída, pelo carinho e pela força em momentos de cansaço.

Aos membros da banca, agradeço por aceitar o convite e contribuir com as alterações desse trabalho.

Também quero agradecer ao Programa de Agricultura e Ambiente (PPGAA) da Universidade Estadual do Maranhão pela oportunidade. Agradeço também agência de Fomento FAPEMA pela bolsa concedida durante o período do curso.

Obrigada a todos!

RESUMO

O percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) é considerado uma das pragas-chave mais importantes da soja e tem uso de inseticidas químicos como o principal método de controle. Diante dos inúmeros problemas que o controle químico pode causar, o uso da associação de agentes de controle biológico como fungos entomopatogênicos e os parasitoides de ovos para o controle de *E. heros* podem ser uma alternativa sustentável. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi avaliar isolados de fungos entomopatogênicos nas fases de desenvolvimento de *E. heros* (ovo, 3^o instar ninfal e adulta) de modo que não afetem o parasitismo realizado por *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). A pesquisa foi realizada nos laboratórios de Entomologia e Fitopatologia da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI São Luís, MA. Os isolados fúngicos entomopatogênicos utilizados foram os das espécies de *Metarhizium anisopliae* (CG 168 e IBCB 425) e *Beauveria bassiana* (LPP 129 e LPP SP1) que foram avaliados no primeiro experimento de patogenicidade e virulência sobre o percevejo-marrom e um outro de seletividade em com o parasitoide, *T. podisi*. No primeiro experimento, os isolados entomopatogênicos foram cultivados em meio batata-dextrose-ágar por 14 dias, e posteriormente multiplicados em arroz parboilizado utilizado como substrato. Após a multiplicação foram preparadas as suspensões a uma concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL+ 0,01% de Tween 80 para avaliação em três bioensaios nas fases de desenvolvimento de *E. heros* (ovo, 3^o instar ninfal e adulta). No segundo experimento, dois bioensaios foram conduzidos usando-se 50 ovos não parasitados (pré-parasitismo) e parasitados (pós-parasitismo) fixados com cola branca em cartela de cartolina (n=20) tratados com 2,5 mL das suspensões de *M. anisopliae* (CG 168 e IBCB 425). No primeiro experimento, os ovos de *E. heros* foram suscetíveis aos isolados CG 168 e IBCB 425. Todos os isolados foram patogênicos para ninfas de 3^o instar, sendo os isolados LPP 129 e CG 168 mais virulentos com uma taxa de mortalidade de 82% e 86%, respectivamente. A proporção da viabilidade de ninfas de 4^o instar foi maior nos isolados IBCB 425 (0,62) e LPP S1 (0,79). Os tratamentos Tween 80[®] (16,30) e LPP 129 diminuíram o número de ovos das fêmeas. Os isolados IBCB 425 e LPP S1 aumentaram o número de posturas das fêmeas de *E. heros*. O isolado CG 168 ocasionou mortalidade de 95% em adultos de *E. heros* em sete dias. No segundo experimento, o parasitoide *T. podisi* parasitou e se desenvolveu em ovos de *E. heros* previamente tratados e não tratados com *M. anisopliae* IBCB 425. Conclui-se que todos os isolados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* foram patogênicos para *E. heros* na fase ninfal (3^o instar) e adulta, entretanto com níveis de virulência distintos. O isolado *M. anisopliae* CG 168 foi eficiente no controle de *E. heros* em todas as fases de desenvolvimento, não sendo seletivo ao *T. podisi* por comprometer o desenvolvimento do parasitoide. O isolado *M. anisopliae* IBCB 425 foi eficiente no controle de ovos e adultos de *E. heros*, sendo seletivo para o parasitoide de ovos *T. podisi*.

Palavras-chave: *Glycine max*, percevejo-marrom, manejo integrado de pragas, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

ABSTRACT

The brown stink bug, *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) is considered one of the most important soybean pests and uses chemical insecticides as the main control method. Given the numerous problems that chemical control can cause, the use of the association of biological control agents such as entomopathogenic fungi and egg parasitoids to control *E. heros* can be a sustainable alternative. In this sense, the objective of the research was to evaluate isolates of entomopathogenic fungi in the developmental stages of *E. heros* (egg, 3rd nymphal instar and adult) in a way that they do not affect the parasitism carried out by *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). The research was carried out in the Entomology and Phytopathology laboratories of the Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI São Luís, MA. The entomopathogenic fungal isolates used were those of *Metarhizium anisopliae* (CG 168 and IBCB 425) and *Beauveria bassiana* (LPP 129 and LPP SP1) species, which were evaluated in the first experiment of pathogenicity and virulence on the brown stink bug and another of selectivity in with the parasitoid, *T. podisi*. In the first experiment, the entomopathogenic isolates were cultivated in potato-dextrose-agar medium for 14 days, and later multiplied in parboiled rice used as substrate. After the multiplication, suspensions were prepared at a concentration of 1×10^8 viable conidia/mL + 0.01% Tween 80® for evaluation in three bioassays in the developmental stages of *E. heros* (egg, 3rd nymphal instar and adult). In the second experiment, two bioassays were carried out using 50 non-parasitized (pre-parasitism) and parasitized (post-parasitism) eggs fixed with white glue on a cardboard sheet (n=20) treated with 2.5 mL of *M. anisopliae* (CG 168 and IBCB 425). In the first experiment, *E. heros* eggs were susceptible to CG 168 and IBCB 425 isolates. All isolates were pathogenic for 3rd instar nymphs, with LPP 129 and CG 168 isolates being more virulent with a mortality rate of 82% and 86%, respectively. The proportion of viability of 4th instar nymphs was higher in isolates IBCB 425 (0.62) and LPP S1 (0.79). The treatments Tween 80® (16,30) and LPP 129 decreased the number of eggs in females. The isolates IBCB 425 and LPP S1 increased the number of *E. heros* females laying eggs. The isolate CG 168 caused a mortality of 95% in adults of *E. heros* in seven days. In the second experiment, the parasitoid *T. podisi* parasitized and developed in eggs of *E. heros* previously treated and not treated with *M. anisopliae* IBCB 425. It was concluded that all isolates of *M. anisopliae* and *B. bassiana* were pathogenic for *E. heros* in the nymphal (3rd instar) and adult stages, however with different virulence levels. The isolate *M. anisopliae* CG 168 was efficient in controlling *E. heros* in all stages of development, not being selective for *T. podisi* because it compromises the development of the parasitoid. The isolate *M. anisopliae* IBCB 425 was efficient in controlling eggs and adults of *E. heros*, being selective for the egg parasitoid of *T. podisi*.

Keywords: *Glycine max*, brown bug, integrated pest management, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Ciclo de desenvolvimento do percevejo-marrom, *Euschistus heros* na cultura da soja.....22
- Figura 2.** Danos causados pela inserção do estilete de ninfas de *Euschistus heros* em vagens e sementes de soja em 48 h de alimentação.....23
- Figura 3.** Diferenciação da genitália de *Euschistus heros*. Macho (A) – placa única e fêmea (B) – duas placas laterais.....24
- Figura 4.** Detalhes morfológicos de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*: Estrias com conídios de coloração verde (a), microscopia óptica dos conídios (b), Colônias em meio BDA (c), desenho das estruturas de conídios e conidióforos (d).....28
- Figura 5.** Ciclo de infecção de *Metarhizium anisopliae* em artrópodes.....29
- Figura 6.** Detalhes morfológicos de *Beauveria* sp.: Estruturas de conídios e conidióforos (a); Estrias com conídios de coloração branca (b); conídios do fungo vistos em microscopia eletrônica de varredura (c - d).....31
- Figura 7.** Ciclo de infecção de *Beauveria bassiana* em artrópodes.....32
- Figura 8.** Ciclo de desenvolvimento de *Telenomus podisi* na cultura da soja.....34

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Viabilidade de ovos de *Euschistus heros* tratados com isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* a uma concentração de 1×10^8 conídios/mL.....76
- Figura 2.** Ovos de *Euschistus heros* com crescimento fúngico do isolado CG 168 a uma concentração de 1×10^8 conídios/mL.....77
- Figura 3.** Mortalidade de ninfas 3^o instar de *Euschistus heros* após a aplicação de isolados *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a uma concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL.....78
- Figura 4.** Proporção da viabilidade de ninfas 4^o instar de *Euschistus heros* após aplicação de isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a uma concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL em ninfas 3^o instar.....79

Figura 5. Conidiogênese dos isolados CG 168 de <i>Metarhizium anisopliae</i> (A) e LPP 129 de <i>Beauveria bassiana</i> (B) na superfície corporal de ninfa de 3 ^o instar de <i>Euschistus heros</i> após inoculação com 1×10^8 conídios viáveis/mL.....	80
Figura 6. Mortalidade de adultos de <i>Euschistus heros</i> após a inoculação com isolados <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i> a uma concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL.....	81
Figura 7. Conidiogênese do isolado CG 168 de <i>Metarhizium anisopliae</i> na superfície corporal de adulto de <i>Euschistus heros</i> após inoculação com 1×10^8 conídios viáveis/mL.....	82
Figura 8. Oviposição de fêmeas <i>Euschistus heros</i> após sete dias da inoculação com <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> na concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL.....	83
Figura 9. Fêmea de <i>Euschistus heros</i> inoculada com isolado IBCB 425 <i>Metarhizium anisopliae</i> . A – Infecção do aparelho reprodutor pelo isolado fúngico IBCB 425. B – Ovos com infecção fúngica provenientes de fêmea inoculada com IBCB 425.....	84
Figura 10. Número de posturas em 7 dias de fêmeas <i>Euschistus heros</i> inoculadas com <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Beauveria bassiana</i> na concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL.....	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Características biológicas (média ± Erro Padrão) de <i>Telenomus podisi</i> obtidas em ovos de <i>Euschistus heros</i> tratados com <i>Metarhizium anisopliae</i> em pré e pós-parasitismo em condições de laboratório (Temp. $26 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h). São Luís, MA. 2022.....	86
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
REFERÊNCIAS.....	15
2. CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 A cultura da soja.....	19
2.2 O percevejo-marrom da soja, <i>Euschistus heros</i>	21
2.3 Controle biológico de pentatomídeos na cultura da soja.....	26
2.3.1 Controle microbiano.....	27
2.3.2 O parasitoide de ovos, <i>Telenomus podisi</i>	33
2.4 Seletividade de inseticidas biológicos a <i>Telenomus podisi</i>	36
REFERÊNCIAS.....	38
3. CAPÍTULO 2 – Patogenicidade e virulência de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-marrom da soja e seletividade ao seu parasitoide de ovos.....	49
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	50
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	53
RESULTADOS E DISCUSÃO.....	59
CONCLUSÕES.....	70
AGRADECIMENTOS.....	70
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXOS	76
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) destaca-se economicamente no agronegócio por ser uma das principais commodities produzidas no Brasil em razão do uso de seus diversos subprodutos, a exemplo do farelo que é utilizado como fonte de proteína na nutrição animal, da produção de óleo em menor escala para o consumo humano, da produção de cosméticos, remédios, plásticos, tecidos, biodiesel e entre outros (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Segundo a COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2022), a safra brasileira 2021/22 de soja atingiu uma produção de 124.047,8 milhões de toneladas em uma área plantada 40.950,6 mil/ha com produtividade 3.029 kg/ha. O consumo interno da oleaginosa no país foi de 51.396,5 milhões de toneladas e exportou-se 75.231,6 milhões de toneladas.

Em comparação com a safra anterior, a produção e a produtividade da soja apresentaram decréscimos de 10,2% e 14,1%, respectivamente, apesar do aumento de 4,5% na área plantada. Entre as causas apontadas para a redução têm-se o excesso de chuvas nos estados da Bahia e Minas Gerais ou a escassez no estado do Mato Grosso do Sul e na Região Sul (CONAB, 2022). Assim como o clima, problemas fitossanitários de incidência de doenças e insetos-praga também agravam as perdas e danos na cultura da soja.

A incidência de insetos-praga nas lavouras brasileiras pode ocasionar prejuízos de aproximadamente US\$ 17,7 bilhões anuais (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Dentre os insetos que atacam os campos de soja estão os percevejos da família Pentatomidae que são de extrema importância econômica por atacarem diretamente o produto da colheita (vagens e grãos). As espécies de percevejos que causam danos mais relevantes na soja são *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e *Euschistus heros* (Fabricius, 1974) (Hemiptera, Pentatomidae) (PANIZZI *et al.*, 2012).

E. heros, conhecido popularmente como percevejo-marrom, é considerado um dos mais importantes porque os danos na soja são irreversíveis (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2020) e ocorre de forma predominante nas regiões produtoras do Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país (PANIZZI *et al.*, 2012; SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2020). O inseto passa por cinco instares até chegar a fase adulta e seu ciclo de desenvolvimento (ovo-adulto) é de aproximadamente 28,4 dias em uma temperatura de 25°C (CIVIDANES, 1992).

Na fase adulta, o comprimento do percevejo é de aproximadamente 11 mm a 13 mm, apresentando coloração marrom-escuro com uma mancha branca em forma de meia-lua na extremidade do escutelo. O seu pronoto caracteriza-se por exibir dois prolongamentos

laterais em forma de espinhos pontiagudos (GALLO *et al.*, 2002; SARAN, 2008; SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2010).

Os danos ocasionados por *E. heros* na soja ocorrem quando ninfas a partir do terceiro instar e adultos sugam as vagens, danificando os grãos e afetando a sanidade das sementes (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2020). E quando na condição de alta densidade populacional, estima-se que na colheita, os grãos atacados apresentam peso 40% inferior quando comparado aos sadios implicando em perdas de até 10 sacas de soja por hectare (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2014; SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2020).

O pentatomídeo, *E. heros*, tem sido um desafio no manejo da soja, devido ao uso limitado de ferramentas de manejo efetivas. Entre as estratégias de controle para manejo, as pulverizações com inseticidas de grupos químicos como organofosforados, piretroides e neonicotinoides têm sido muito utilizadas, entretanto, a falta de novas moléculas e a utilização de produtos com o mesmo modo de ação tem favorecido o surgimento de populações resistentes em algumas regiões do Brasil (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2001; SOSA-GÓMEZ; SILVA, 2010; SOSA-GOMEZ *et al.*, 2020).

Diante desse cenário de resistência do percevejo-marrom na soja, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma alternativa de manejo que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utilizando técnicas apropriadas e disponíveis de métodos de controle de forma compatível, mantendo a população da praga em níveis abaixo ao de dano econômico (QUINTELA *et al.*, 2007).

Nesse sentido, o controle biológico, destaca-se como um dos métodos de controle utilizado no MIP e que consiste no uso de um organismo vivo para reduzir a densidade populacional de outro organismo vivo considerado como praga. Dentre os organismos usados no controle biológico, destacam-se os microrganismos, tais como, fungos, bactérias e vírus, bem como, artrópodes predadores e parasitoides que desempenham importante papel na regulação da população do *E. heros* (FONTES; INGLIS, 2020).

Trabalhos de pesquisa tem apontado com relevância para o manejo de *E. heros* e outros percevejos, o uso do controle biológico com fungos entomopatogênicos, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (GROTH *et al.*, 2017; NORA *et al.*, 2020; OLIVEIRA, 2017) associado ao parasitoide de ovos, *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (Hymenoptera: Scelionidae) (BUENO *et al.*, 2020; CUNHA *et al.*, 2015; PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 2000; SILVA *et al.*, 2018).

A utilização desses dois agentes de controle biológico tem sido alvo de estudo, já que o fungo entomopatogênico pode exercer impactos negativos sobre o parasitoide como efeitos letais ou subletais (CLOYD, 2005). Estudos em laboratório que associam o uso do isolado de *M. anisopliae* (AGÜERO; NEVES, 2014) ou produtos formulados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* com *T. podisi*, demonstraram que os microrganismos são seletivos ao parasitoide pela não interferência no parasitismo, emergência e viabilidade (AGÜERO; NEVES, 2014; BATTISTI *et al.*, 2022; BATTISTI *et al.*, 2020). Outros estudos, relataram que a fase de pupa de *T. podisi* é suscetível a infecção por *M. anisopliae* de maneira que afeta a emergência ou pode reduzir a porcentagem de parasitismo (AGÜERO; NEVES, 2014; BATTISTI *et al.*, 2020).

Portanto, a seletividade de fungos entomopatogênicos ao organismo não-alvo (parasitoide de ovos) precisa ser considerada no MIP, já que a associação de liberações de parasitoides e aplicações de fungos entomopatogênicos nas lavouras de soja pode ser uma alternativa eficiente no manejo integrado de *E. heros*.

Dessa forma, torna-se necessário analisar isolados fúngicos entomopatogênicos que sejam eficientes no controle em diferentes fases de desenvolvimento do percevejo-marrom de forma que o parasitismo, a emergência e o desenvolvimento larval de *T. podisi* não sejam afetados.

REFERÊNCIAS

- AGÜERO, M. A. F.; NEVES, P. M. O. J. Seletividade de *Metarhizium anisopliae* a *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 16, n. 1, p. 21-28, 2014.
- BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H. R. de; LIMA, Y. R. A. DE, BUENO, A. de F.; LOZANO, E. R. Selectivity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to adults of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 43, n. 2, p. 727-738, 2022.
- BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H.; LIMA, Y. R.; POTRICH, M.; LOZANO, E. R. Side effects of organic products on *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 113, n. 4, p. 1694-1701, 2020.
- BUENO, A. de F.; BRAZ, E. C.; FAVETTI, B. M.; FRANÇA-NETO, J. de B.; SILVA, G. V. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, in soybean production. **Crop Protection**, Reino Unido, v. 137, n. 105310, 2020.

BUENO, A. de F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. de F. Inimigos Naturais das Pragas da Soja. *In*: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (org.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. cap. 8, p. 493-598.

CIVIDANES, F. J. **Determinação das exigências térmicas de *Nezara viridula* (L., 1758), *Piezodorus guildinii* (West., 1837) e *Euschistus heros* (Fabr., 1798) (Heteroptera: Pentatomidae) visando ao seu zoneamento ecológico**. Orientador: José Roberto Postali Parra. 1992. 100f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 1992.

CLOYD, R. Compatibility conflict: is the use of biological control agents with pesticides a viable management strategy? *In*: International Symposium on Biological Control of Arthropods, 2., 2005, Davos. **Anais** [...] Davos: University of Georgia, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: sexto levantamento, março 2022 – safra 2021/22**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 4 abr. 2022.

CUNHA, J. G.; DUARTE, L. C.; ALONSO, J. D. S.; HIROSE, E.; BARRIGOSI, J. A. F. Manejo da criação de *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) associado a dois hospedeiros, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). *In*: Simpósio de Controle Biológico, 14., 2015, Teresópolis. **Anais** [...]. Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil, 2015.

FONTES, E. M. G.; INGLIS, M. C. V. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**, Piracicaba, FEALQ, 2002.

GROTH, M. Z.; BELLE, C.; ZIMMER, G.; GROTH, M. Z.; KASPARY, T. E.; PIMENTEL, J. R.; OLIVEIRA, I. G.; KOLESNY, V. M.; ZIMMER, P. D. Control of wheat stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in southern Brazil using the fungus *Metarhizium anisopliae*. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 11, n. 3, p. 360-366, 2017.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 37 p. (Documentos, 249).

NORA, D. D.; PIOVESAN, B. C.; BELLÉ, C.; STACKE, R. S.; BALARDIN, R. R.; GUEDES, J. V. C.; MICHAUD, J. P.; JACQUES, R. J. S. Isolation and evaluation of entomopathogenic fungi against the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) under laboratory conditions. **Biocontrol Science and Technology**, Londres, v. 31, n. 1, p. 22-34, 2020.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, Reino Unido, v. 56, n. 1, p. 50-54, 2014.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 295-302, 2000.

SARAN, P. E. **Manual de identificação de percevejos da soja**. Campinas: FMC, 2008.

SILVA, G. V.; BUENO, A. D. F.; NEVES, P. M. O. J.; FAVETTI, B. M. Biological characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hill, v. 10, n. 8, p. 210-220, 2018.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORSO, I. C.; MORALES, L. C. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Fabr.). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 317-320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E. B. de. **Soja: Manejo Integrado de Pragas**. Curitiba: SENAR-PR/EMBRAPA-Soja, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to metamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 7, p. 767-769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J. (*in memoriam*); MOSCARDI, F. (*in memoriam*); PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 p. (Documentos, 269).

SOSA-GÓMEZ, D., CORRÊA-FERREIRA, B., KRAEMER, B., PASINI, A., HUSCH, P., VIEIRA, C., MARTINEZ, C., LOPES, I. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 22, n. 2, p.99-118, 2020.

REFERENCIAL TEÓRICO

CAPÍTULO 1

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), originária do continente asiático e domesticada pela China, é considerada a principal fonte de proteína e óleo vegetal por seus diversos usos tanto na alimentação e na indústria (JIANG *et al.*, 2019), além de se destacar como fonte renovável para produção de biodiesel (WOYANN *et al.*, 2019).

Para o Brasil, a leguminosa é uma importante fonte de divisas, pois contribui com uma parcela significativa das exportações brasileiras da ordem de 75.231,6 milhões de toneladas, sendo a China o seu principal comprador (CONAB, 2022; FARIAS *et al.*, 2007). Além das exportações contribuírem no PIB do país, o complexo de produção, transporte e industrialização da soja geram empregos para inúmeras famílias brasileiras (FARIAS *et al.*, 2007).

A produção mundial da soja na safra 2021/2022 foi de 353,2 milhões de toneladas, sendo a safra seguinte estimada com uma variação positiva de 10,3% na produção (USDA, 2022). No ano agrícola 2021/22, o Brasil, assim como na safra anterior, destacou-se como primeiro produtor mundial da oleaginosa (USDA, 2022) com uma produção de 125.552,3 milhões de toneladas em uma área plantada 41.452,0 mil/ha com produtividade 3.029 kg/ha (CONAB, 2022), passando os Estados Unidos, que foi o segundo com 120,7 milhões de toneladas colhidas (USDA, 2022).

Os primeiros plantios de soja no Brasil datam da década de 1940, quando era plantada em rotação com a cultura do trigo. O primeiro registro estatístico nacional de produção de soja foi de 457 toneladas no Rio Grande do Sul, onde se adaptou a região devido ao clima temperado. Nessa época, a soja era cultivada prioritariamente para produzir feno para bovinos de leite e os poucos grãos produzidos eram usados internamente nas propriedades para engorda de suínos, visto que o comércio dos grãos era pouco desenvolvido (DALL'AGNOL, 2016).

A partir de meados da década de 1990, a soja ganhou impulso diferenciado, com sua produção crescendo acima das taxas de crescimento dos demais grãos. A média geométrica anual de crescimento da produção de soja, para o período 1960-2018, foi de 4,45%, enquanto a produção conjunta dos demais grãos cresceu 2,07% ao ano (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Com o tempo foram surgindo variedades convencionais e transgênicas lançadas pela EMBRAPA como BRS Sambaíba, BRS 9280RR, BRS 9383IPRO, BRS 9180IPRO e BRS 8383IPRO que são adaptadas ao clima tropical dos demais estados, sendo o cerrado

brasileiro uma zona de expansão importante para a cultura, principalmente a região composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (VILELA *et al.*, 2016), conhecida por MATOPIBA, onde as terras são baratas e tanto o clima quanto a topografia são favoráveis ao plantio da cultura, sendo a soja atualmente a cultura mais produzida na região (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Atualmente, os maiores produtores de soja no Brasil são os estados do Mato Grosso (41,490.2 milhões t), Paraná (12,250.3 milhões t), Goiás (17,389.9 milhões t), Rio Grande do Sul (9,111.0 milhões t) e Mato Grosso do Sul (8,832.2 milhões t) (CONAB, 2022). A região MATOPIBA, que representa quase 15% da produção total brasileira, as novas fronteiras agrícolas do Cerrado da região Nordeste, leste da Amazônia e a parte oriental e sudoeste do Centro-Oeste, tem sido responsáveis por fornecer a demanda adicional do produto no mercado (DALL'AGNOL, 2016).

No que se refere a produção da oleaginosa no estado do Maranhão, é estimada em 3.573,6 milhões de toneladas ficando atrás dos estados da Bahia (7.385,4 milhões t) e Tocantins (3.877,1 milhões t). Na região Sul do estado do Maranhão, a distribuição e o acumulado de chuvas favoreceram a obtenção de rendimentos médios próximos de 56 scs/ha, o que representa um retorno relativamente favorável para o produtor (CONAB, 2022).

Apesar do sucesso da sojicultura brasileira, durante a safra existem vários desafios enfrentados, tais como, as mudanças climáticas e os problemas fitossanitários, sendo um desses problemas a incidência de insetos-praga. A perda anual de produção causada por insetos foi estimada em 17,7 bilhões de dólares em média, o que representa 25 milhões de toneladas de comida, fibras e biocombustíveis perdidos por ano, sendo desse número, 4,31 milhões de toneladas pertencentes a perda na produção de soja (POZEBON *et al.*, 2020).

Dentre os insetos que atacam os campos de soja brasileiros e que são conhecidos mundialmente por serem pragas em diversas culturas, estão os percevejos da família Pentatomidae, a exemplo de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (CORRÊA-FERREIRA, 2005; KUSS-ROGGIA, 2009; SARAN, 2008), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (PANIZZI, 2002; SARAN, 2008) e *Euschistus heros* (Fabricius, 1974) (Hemiptera, Pentatomidae) (CORRÊA-FERREIRA, 2005; SARAN, 2008; SCOPEL *et al.*, 2016;).

2.2 O PERCEVEJO MARROM DA SOJA, *Euschistus heros*

O percevejo marrom, *E. heros*, é uma espécie nativa da região Neotropical, onde na América do Sul está presente de forma abundante. No Brasil, concentra-se na região Centro-Oeste, Norte do Paraná e no Rio Grande do Sul, no entanto, com o avanço de novas fronteiras agrícolas da soja é notada a rápida dispersão e abundância do percevejo marrom da soja nas lavouras nas regiões norte e nordeste (AQUINO *et al.*, 2019; CORRÊA-FERREIRA, 2009; KUSS-ROGGIA, 2009; PANIZZI, 2002; PANIZZI *et al.*, 2000).

E. heros tem a soja como seu hospedeiro principal, sendo bem numeroso e recorrente nas lavouras, contudo também se relata o seu ataque de forma frequente em algodão, *Gossypium hirsutum* L., provocando perdas na qualidade dos fios e na produtividade (AZAMBUJA *et al.*, 2013; BUNDY; McPHERSON, 2000; GREENE *et al.*, 2001; SORIA *et al.*, 2010; SORIA *et al.*, 2016) e de forma eventual tem sido observado ataque em plântulas ou em espigas em lavouras de milho causando injúrias de diferentes intensidades (ROZA-GOMES *et al.*, 2011).

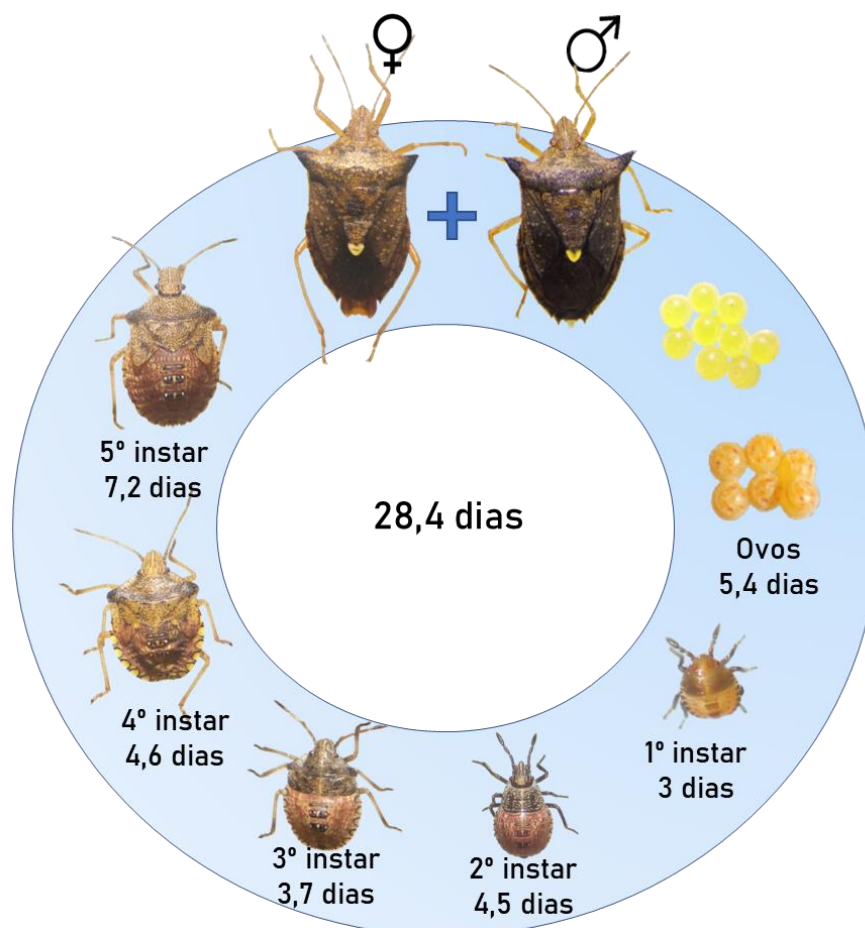
A duração média do período ovo-adulto é de aproximadamente 28,4 dias a 25°C (Figura 1) (CIVIDANES, 1992; PANIZZI *et al.*, 2012), entretanto vários fatores biológicos como tempo de desenvolvimento, mortalidade de ninfas, fecundidade e longevidade de fêmeas e machos alimentando-se de diferentes plantas hospedeiras, interferem na duração do ciclo biológico (PANIZZI; SILVA (2009, 2012)).

A fase de ovo possui duração de até 7 dias, medem aproximadamente $0,71 \times 0,96$ mm e possuem o formato do tipo barril, sendo mais globular em relação ao de outras espécies, como *P. guildinii* e *N. viridula* (AQUINO, 2011; SARAN, 2008). A deposição ocorre principalmente nas folhas ou nas vagens de soja em pequenas massas na forma de coluna. A coloração após a oviposição é amarela e com o desenvolvimento do embrião, adquirem coloração rósea e alaranjada próximo a eclosão das ninfas (Figura 1) (COSTA *et al.*, 1998; SARAN, 2008; VILLAS-BÔAS; PANIZZI, 1980).

E. heros apresenta cinco ecdises até atingir a fase adulta, sendo os dois primeiros instares ápteros e as três seguintes providos de tecas alares. As ninfas recém-eclodidas possuem corpo alaranjado e cabeça preta e medem cerca de 1,3 mm, sendo o hábito gregário e pouco móveis. As ninfas maiores (terceiro ao quinto instar) apresentam coloração que pode variar de cinza a marrom (GRAZIA *et al.*, 1980; LEONARD *et al.*, 2011). A duração da fase de 1º instar é de 3 dias, enquanto do 2º ao 4º instar tem duração média de 4 dias cada. Ninfas

de 5º instar demoram aproximadamente 7 dias para a mudança da fase adulta (Figura 1) (SARAN, 2008).

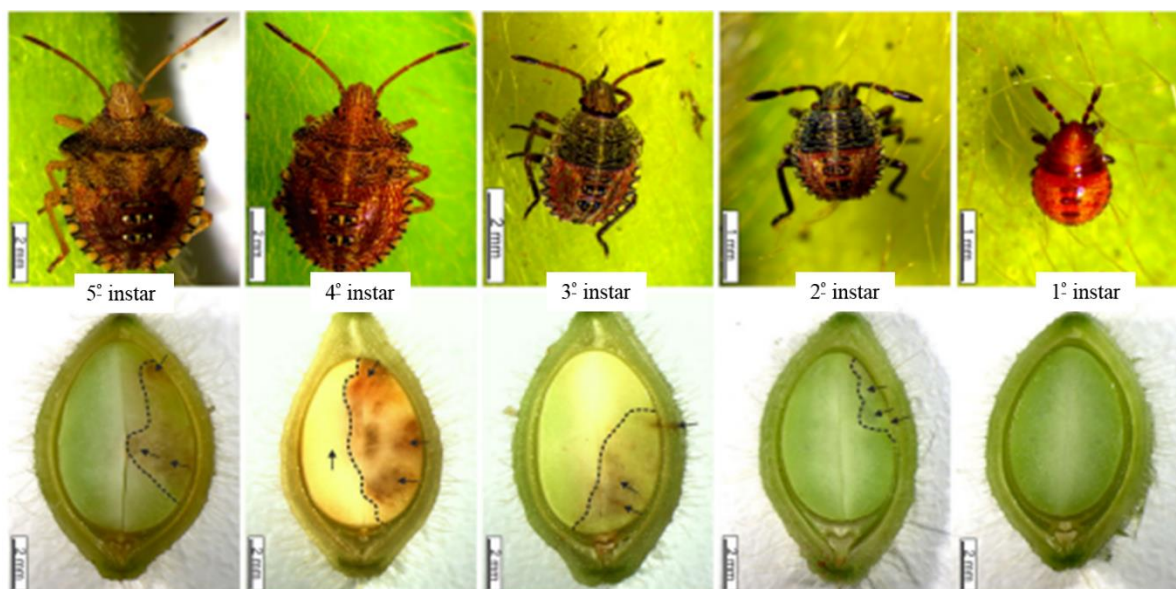
Figura 1. Ciclo de desenvolvimento do percevejo-marrom, *Euschistus heros* na cultura da soja.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2022).

As ninfas de 1º instar de *E. heros* não se alimentam, ninfas de 2º instar se alimentam sem danificar substancialmente as sementes, e a partir do 3º instar danos importantes ocorrem nas sementes, se tornando mais graves com estágios de desenvolvimento posteriores. O dano consiste na coalescência dos corpos proteicos, com posterior degradação e quebra da parede celular, ocasionando regiões escurecidas no tecido embrionário das sementes (Figura 2) (PANIZZI *et al.*, 2012; TESSMER *et al.*, 2022).

Figura 2. Danos causados pela inserção do estilete de ninfas de *Euschistus heros* em vagens e sementes de soja em 48 h de alimentação.



Extraído de: Adaptada de TESSMER *et al.* (2022).

Os adultos do percevejo-marrom apresentam coloração marrom-escuro com uma mancha branca em forma de meia-lua na extremidade do escutelo que se encontra acima da parte membranosa das asas. Mede aproximadamente 11 mm a 13 mm e exibe dois prolongamentos laterais no pronoto em forma de espinhos pontiagudos (GALLO *et al.*, 2002; SARAN, 2008; SMANIOTTO; PANIZZI, 2015; SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2010; VILLAS-BÔAS; PANIZZI, 1980).

As fêmeas geralmente são maiores que os machos e distinguem-se pelo formato da genitália, no qual os machos apresentam uma placa única e as fêmeas duas placas laterais (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Os adultos de *E. heros* possuem longevidade média de 116 dias e atingem a maturidade sexual de 9 a 17 dias após sua emergência (Figura 3) (COSTA *et al.*, 1998; LEONARD *et al.*, 2011).

Figura 3. Diferenciação da genitália de *Euschistus heros*. Macho (A) – placa única e fêmea (B) – duas placas laterais.

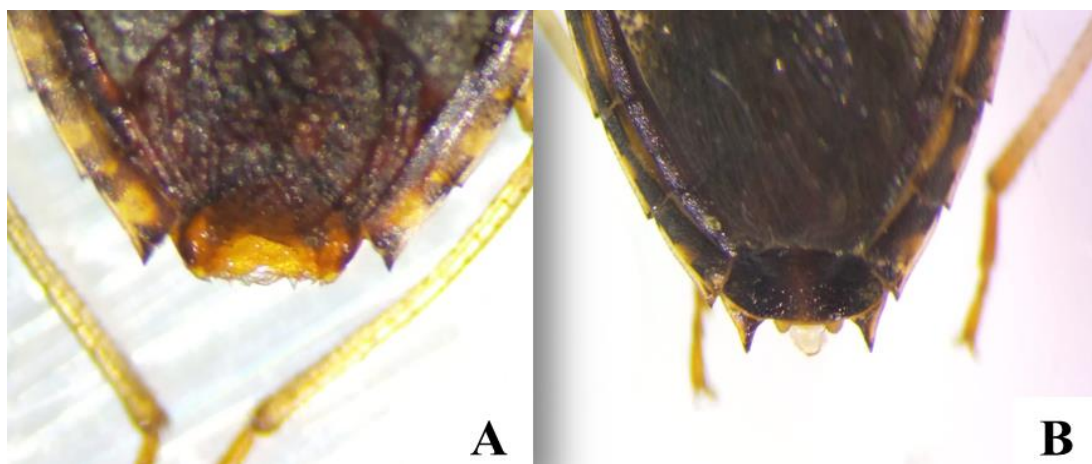


Foto: CARDOSO, P. L. E. C. (2022).

As fêmeas ovipositam aproximadamente 6,3 ovos por dia no início da oviposição e a partir da terceira semana (aproximadamente 25 dias), o número de ovos por dia diminui para 3,42 com pequenas variações (PERES; CORRÊA-FERREIRA, 2004; SILVA *et al.*, 2008). A fecundidade das fêmeas e o desempenho reprodutivo podem ser reduzidos pela competição entre os machos por acasalamento, locais de oviposição, tipo de alimento ingerido, ocorrência de interrupção da alimentação e troca do alimento de ninfa para adultos (SILVA *et al.*, 2008).

O número de ovos por postura varia de 1 a 25 ovos, sendo esse número inversamente proporcional à idade dos insetos. Como estratégia adaptativa de fuga do parasitismo de ovos pelos inimigos naturais, as fêmeas normalmente fazem posturas isoladas, já que os parasitoides comumente preferem massas de ovos para parasitar. O período em que há um pico de oviposição ocorre após 11 horas de fotofase, sendo observado aumento progressivo no número de ovos no período de 18 até as 21 horas (COSTA *et al.*, 1998; LEONARD *et al.*, 2011).

O percevejo-marrom, passa por três gerações na cultura da soja e pode ser encontrado de novembro a abril no Paraná, sendo a última geração completa em plantas hospedeiras (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZU, 1999; PANIZZU *et al.*, 2012; PANIZZU; ROSSI, 1991). Apresenta enorme potencial para ocasionar prejuízos na soja, pois embora estejam presentes desde o período vegetativo da cultura, é no período reprodutivo que é observado maior incidência, por se alimentarem das vagens ocasionando reflexos na

qualidade fisiológica e sanitária da soja (BUENO *et al.*, 2015; PANIZZI *et al.*, 2012; TESSMER *et al.*, 2022).

A inserção do aparelho bucal nas vagens e grãos pode ocasionar aborto, enrugamento, redução de massa e volume, diminuição do teor de óleo dos grãos, inviabilidade da germinação e o vigor de sementes. Além disso, podem causar distúrbios fisiológicos na planta e servir de porta de entrada para agentes causadores de doenças, como a exemplo da antracnose (*Colletotrichum truncatum*) e cancro da haste (*Diaporthe aspalathi* e *Diaporthe caulivora*) (CORRÊA-FERREIRA; ROGGIA, 2013; PANIZZI *et al.*, 2012; SARAN, 2008; SCOPEL *et al.*, 2016). Os danos ocasionados por *E. heros* sobre as vagens e sementes de soja quando não controlado podem atingir 30% na produção (VIVAN; DEGRANDE, 2011).

Depois da colheita da soja, o percevejo-marrom migra para locais de refúgio após atingir o pico populacional durante o início da senescência das plantas. À medida que as plantas de soja vão secando na lavoura, o processo de migração dos percevejos para plantas hospedeiras ou para folhas secas se intensificam a fim de iniciar o estado de quiescência (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; PANIZZI; VIVAN, 1997).

Ao longo do desenvolvimento do percevejo, antes do estado de quiescência, é acumulado lipídios em seu corpo para sua sobrevivência e também para a quebra da dormência quando as condições estiverem favoráveis (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; PANIZZI; NIVA, 1994; PANIZZI; VIVAN, 1997). Durante o período de entressafra, as plantas daninhas como amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.) e o carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC) e outras espécies podem ser fontes nutricionais importantes (PANIZZI; ROSSI, 1991; PANIZZI; LUCINI, 2022).

Para reduzir os prejuízos, o controle do *E. heros* tem sido comumente manejado através de aplicações de inseticidas químicos desde a fase vegetativa da planta (CORRÊA-FERREIRA, 2005; SOSAGÓMEZ; SILVA, 2010). Os resultados desse controle nem sempre são eficientes, porque as pulverizações com inseticidas dos mesmos grupos químicos como organofosforados, piretroides e neonicotinoides tem favorecido o surgimento de populações resistentes devido à falta de novas moléculas e o uso de produtos com o mesmo modo de ação (SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2001; SOSA-GÓMEZ *et al.*, 2020; SOSA-GÓMEZ; SILVA, 2010; TUELHER *et al.*, 2018).

A alta tolerância aos produtos químicos e os gastos anuais com inseticidas utilizados na produção de soja no Brasil, somam mais de 1,3 bilhões de dólares, e essas são

as dificuldades encontradas no controle químico (BASSO *et al.*, 2016; POZEBON *et al.*, 2020). Como alternativa ao uso dos inseticidas químicos convencionais, pode-se utilizar o controle biológico com parasitoides e microrganismos entomopatogênicos, já que apresentam eficácia no manejo de pragas, seletividade e baixo risco ao meio ambiente quando comparado com o controle químico (BUENO *et al.*, 2020; PARRA *et al.*, 2002).

2.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE PENTATOMÍDEOS NA CULTURA DA SOJA

O controle biológico (CB), define-se como um fenômeno natural que consiste na regulação populacional de plantas ou animais, por meio de inimigos naturais, os quais são agentes de mortalidade biótica (PARRA, 2019; PARRA *et al.*, 2002). Os inimigos naturais, que atuam sobre as populações de seus hospedeiros, podem ser patógenos, predadores, parasitas, herbívoros ou antagonistas que ao manejados ou inseridos no sistema agrícola suprimem a praga-chave, de forma que substituem ou minimizam o uso dos agrotóxicos, permitindo, assim uma produção sustentável (DEBACH; ROSEN, 1991; HAJEK; EILENBERG, 2007; FONTES; INGLIS, 2020).

Diante disso, o CB é considerado um importante artifício do Manejo Integrado de Pragas (MIP), visto que atende à demanda por desenvolvimento e prática de sistemas de produção sustentáveis (GALLO *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2010). No MIP são empregadas técnicas básicas do controle biológico que são introdução, conservação e multiplicação. O CB é dividido em natural, clássico e aplicado, sendo este último com caráter aumentativo com liberações inundativas de parasitoides, predadores ou entomopatógenos, oriundos de criação massal em laboratório, visando redução rápida da população do inseto-praga ao nível de equilíbrio (BERTI FILHO; MACEDO, 2011; FONTES; INGLIS, 2020; PARRA *et al.*, 2002)

Praticamente todos os inimigos naturais usados para o controle biológico de artrópodes matam as pragas diretamente. A mortalidade da praga costuma ser muito rápida com predadores, mas pode haver um lapso de tempo com parasitas ou patógenos, porque eles geralmente se desenvolvem usando os hospedeiros como alimento antes de matá-los (HAJEK; EILENBERG, 2007). Nesse sentido, a inversão da tendência da curva populacional da praga é mais facilmente obtida no CB, quando a liberação é feita na primeira geração da praga (se for um parasitoide de ovos, quando os primeiros ovos forem colocados; o mesmo se aplica a parasitoides larvais, ninfais, pupais e de adultos) (PARRA *et al.*, 2002).

O início dos trabalhos com MIP-Soja no Brasil, aconteceu na metade da década de 1970 com um programa-piloto que foi repetido na safra 1975/1976, sob a coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (atual Embrapa Soja). Com passar dos anos táticas e planos de CB foram inseridos no programa e difundidos por extensionistas e pesquisadores. A partir dos anos 90, o CB de pentatomídeos da soja por parasitoides de ovos foi incluído como uma nova tática de controle. Inicialmente o controle foi realizado através da utilização do parasitoide de ovos, *Trissolcus basal* (Wollaston, 1858), e mais tarde incrementado com a utilização também do parasitoide, *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (BUENO *et al.*, 2012; CORRÊA-FERREIRA, 1993).

A produção desses parasitoides de ovos é um incentivo para a implementação do controle biológico de percevejos no Brasil. Recentemente, o MAPA (2019) liberou a especificação de referência para comercialização *T. podisi* como produto microbiológico a qualquer cultura com ocorrência do alvo biológico *E. heros*. Foi recomendada a liberação de 6.500 adultos ou ovos parasitados/ha de *T. podisi*, distribuídos em 32 pontos equidistantes. A primeira liberação deve ser realizada em períodos de baixa intensidade solar e com ausência de chuvas quando forem encontrados dois percevejos por metro (MAPA, 2019).

2.3.1 Controle microbiano

No controle microbiano, se utiliza de forma racional fungos entomopatógenos, com a finalidade de manter o nível populacional das pragas abaixo do nível de controle. Esses fungos são encontrados na natureza e causam doenças em populações de insetos (ALVES; LOPES, 2008; MASCARIN; QUINTELA, 2013).

A diversidade e abundância dos entomopatógenos é afetada por fatores bióticos ou abióticos que diminuem a capacidade de sobreviver, propagar-se e infectar o seu hospedeiro. A suscetibilidade e a relação com os hospedeiros dependem dos nutrientes presentes nos insetos, já que são o meio de propagação, dispersão e persistência dos fungos (PUCHETA DIAZ *et al.*, 2006).

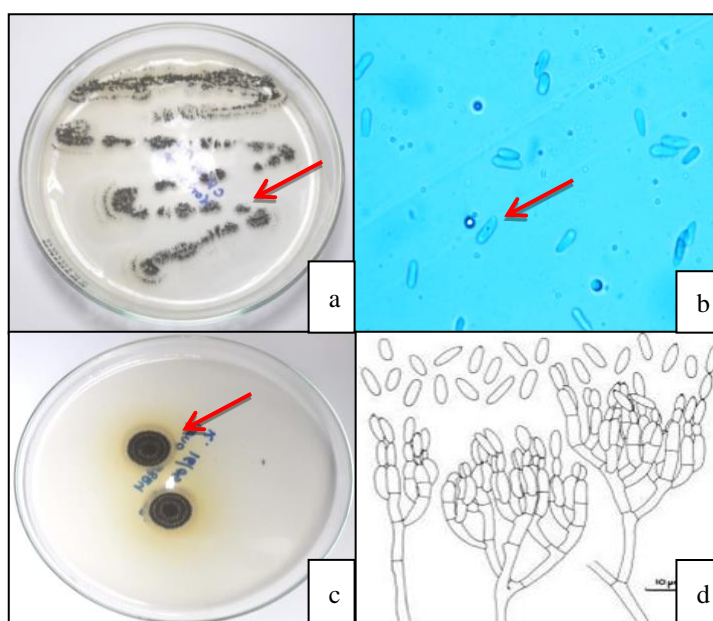
A utilização de fungos entomopatógenos requer estratégias que devem ser determinadas em função das características do fungo, da praga e das condições da cultura. Dentre as estratégias temos a introdução inoculativa, introdução inundativa, incrementação e conservação. Essas estratégias diferenciam-se no tempo da supressão, presença ou não dos fungos, quantidade de liberação do patógeno e preservação do inóculo (ALVES, 1992).

Os fungos dos gêneros *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp. e *Isaria* sp. apresentam maior potencial para o uso no controle biológico com modificações em seu modo de ação e virulência. Espécies desses gêneros têm sido amplamente usadas para controle de insetos-pragas no Brasil (MORA *et al.*, 2016).

A espécie *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok é a mais estudada e utilizada no controle biológico de pragas. Os primeiros testes com *M. anisopliae* foram realizados visando o controle de larvas da broca da beterraba, *Asproparthenis punctiventris* (Germar, 1824), no século XIX. Posteriormente, surgiram os primeiros resultados práticos, que implicaram no uso de vários inseticidas biológicos à base de fungos comercializados em diferentes países (FARIA; MAGALHÃES, 2001).

O entomopatógeno *M. anisopliae* é um deuteromiceto pertencente a ordem Hypocreales da família Clavicipitaceae, morfologicamente apresenta-se hifas filamentosas com um corpo de frutificação agregado a hifas intimamente entrelaçadas, contendo uma massa compacta de conidióforos característicos, simples ou ramificados, resultando em células esporogênicas (Figura 4) (WANG *et al.*, 2002; WANG *et al.*, 2016). Os conídios são uninucleados, hialinos ou fracamente coloridos, se formando sobre conidióforos simples que, justapostos, resultam em uma massa regular sobre o inseto (Figura 4).

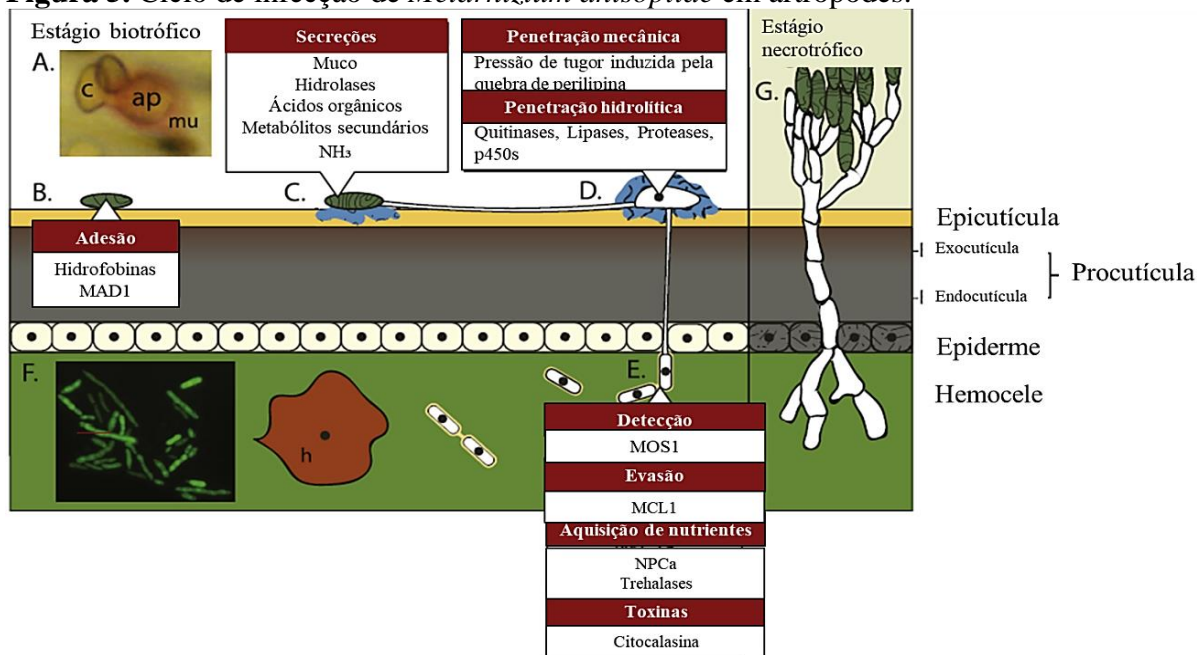
Figura 4. Detalhes morfológicos de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*: Estrias com conídios de coloração verde (a), microscopia óptica dos conídios (b), Colônias em meio BDA (c), desenho das estruturas de conídios e conidióforos (d).



Extraído de: HUMBER (2008), adaptada por AUSIQUE, J. J. S. (2019).

No final da conidiogênese, os cadáveres dos insetos apresentam tons de verde que variam do claro ao escuro, acinzentado ou ainda esbranquiçado e que provocam a doença conhecida como muscardine verde (WANG *et al.*, 2002). O processo de infecção inicia-se a partir da germinação de tubo germinativo do conídio e a formação de apressório. O apressório exerce pressão mecânica na cutícula do inseto e envia uma hifa para a hemocele acompanhada pela liberação de proteases, quitinases e lipases que degradam a cutícula. O fungo ao entrar na hemocele do inseto transita para um estágio de brotamento denominado como blastosporos. Durante esta fase, alguns *Metarhizium* spp. secretam toxinas para matar os hospedeiros rapidamente e suprimir a resposta imune (Figura 5) (DESTEFANO, 2003; SILVA *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2019).

Figura 5. Ciclo de infecção de *Metarhizium anisopliae* em artrópodes.



Extraído de: WANG *et al.* (2019), adaptada pela autora (2022).

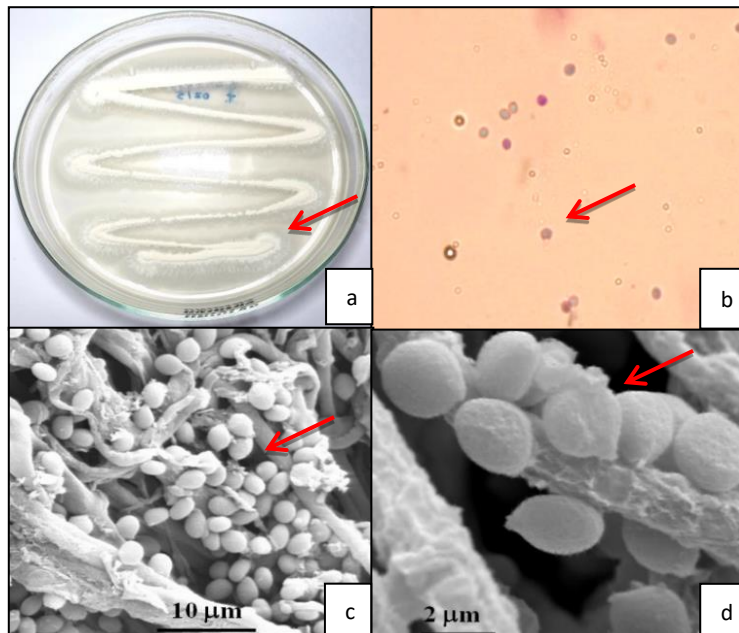
O fungo *M. anisopliae* é relatado como alternativa promissora para o controle de percevejos do arroz (FERNANDES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2014; RAMPELOTTI *et al.*, 2007), soja (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1998) e trigo (GROTH *et al.*, 2017) e a sua utilização segundo Lopes (2016) está associada a facilidade de produção das suas unidades infectivas em escala comercial, facilidade de aplicação em condições de campo, o baixo custo decorrido de sua utilização e, principalmente, o reduzido impacto ambiental quando comparado com inseticidas químicos.

Em lavouras de arroz, *M. anisopliae*, têm mostrado eficiência no controle do percevejo, *T. limbativentris* em laboratório e casa de vegetação na fase de ovo, ninfa e adulta (FERNANDES *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2014; RAMPELOTTI *et al.*, 2007). A alta patogenicidade *M. anisopliae* também foi verificada em adultos do percevejo-verde, *N. viridula*, em condições de laboratório e casa de vegetação no trigo (GROTH *et al.*, 2017) e na soja (NADA, 2015; SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1998).

O gênero *Beauveria* Vuill foi estabelecido em 1912 por Vuillemin em homenagem ao renomado entomologista francês Beauverie. O primeiro registro do fungo causando doença chamada muscardine branca em insetos foi realizado por Agostinho Bassi no bicho da seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). O fungo responsável por essa doença foi inicialmente nomeado de *Botrytis bassiana* pelo micologista italiano Balsamo, e mais tarde Vuillemin depois de muitos estudos realizados renomeou para *Beauveria bassiana*, no qual permanece até hoje (MORA *et al.*, 2016; SILVA-MATOS *et al.*, 2020).

A espécie *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, pertence ao grupo dos Ascomycetos, ordem Clavicipitales, Classe Hyphomycetes, Família Moniliaceae, sendo comumente encontrado no solo. Este fungo pode ocasionar graves doenças em mais de 200 espécies de insetos e vem sendo muito utilizado como constituinte ativo de produtos para o combate de diversas pragas (DALZOTO; UHRY, 2009; UHRY, 2007). As principais características de *B. bassiana* são o filamento micelial de cor branca, cilíndrico, 3,5 µm de diâmetro, hialino septado, conidióforos simples ou ramificados, ovóides, célula conidiogênica em forma de garrafa com terminação em zigue-zague, medindo de 1,5 a 5 µm e conídios globosos (0,5 a 1 µm) (Figura 6) (MACLEOD, 1954).

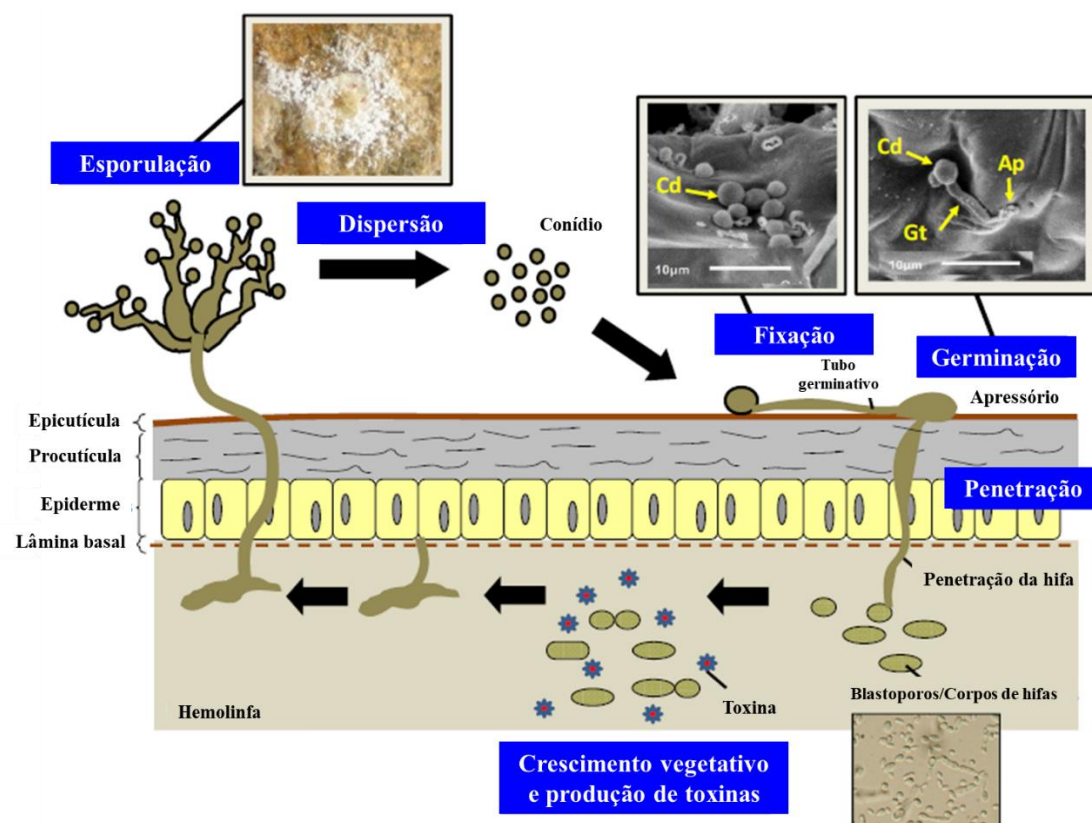
Figura 6. Detalhes morfológicos de *Beauveria* sp.: Estruturas de conídios e conidióforos (a); Estrias com conídios de coloração branca (b); Conídios do fungo vistos em microscopia eletrônica de varredura (c - d).



Extraído de: CASTRO *et al.* (2017), adaptada por AUSIQUE, J. J. S. (2022).

O ciclo de infecção do fungo apresenta uma fase saprofítica e outra parasitária. Na primeira fase, os conídios da espécie fúngica germinam desenvolvendo tubos germinativos, que posteriormente formam o micélio que originam os conidióforos simples ou ramificados. A fase parasitária inicia-se com a penetração tegumentar devido a ação mecânica e enzimática, o que ocorre aproximadamente 12 horas após o contato com a cutícula do inseto (Figura 7) (SILVA-MATOS *et al.*, 2020).

Figura 7. Ciclo de infecção de *Beauveria bassiana* em artrópodes.



Extraído de: MASCARIN e JARONSKI (2016), adaptada pela autora (2022).

A espécie é bem difundida no controle biológico de pragas, sendo amplamente utilizado contra lagartas, tripes, hemípteros, incluindo mosca branca, pulgões, psilídeos, cochonilhas, percevejos, cigarrinhas, além de uma ampla variedade de Curculionidae e Chrysomelidae (MASCARIN; JARONSKI, 2016).

Como exemplo de uso de *B. bassiana* no controle de pentatomídeos na soja, tem-se o estudo realizado com o percevejo-marrom por Nora *et al.* (2020) que demonstrou a eficiência de 100% no controle de adultos de *E. heros* com a aplicação de suspensões fúngicas à uma concentração de 1×10^8 conídios/mL dos isolados fúngicos: UFSM-1, UFSM-2 e UFSM-26 após 15 dias da aplicação. Na mesma concentração fúngica, trabalhos realizados por Silva-Santana *et al.* (2021) e Zambiazzi *et al.* (2012) constataram 96% e 100% de mortalidade de adultos de *E. heros*, respectivamente, usando diferentes isolados da espécie.

2.3.2 O parasitoide de ovos *Telenomus podisi*

No controle biológico os microhimenópteros da ordem Hymenoptera constituídos por pequenas vespas possuem grande importância, pois as fêmeas realizam suas posturas no interior do corpo de lagartas, pulgões e ovos de percevejos. O microhimenóptero *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) é uma espécie de parasitoide de ovos de insetos-praga da ordem Hemiptera pertencentes à família Pentatomidae (FREITAS *et al.*, 2010; PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 2000; TOGNON *et al.*, 2013).

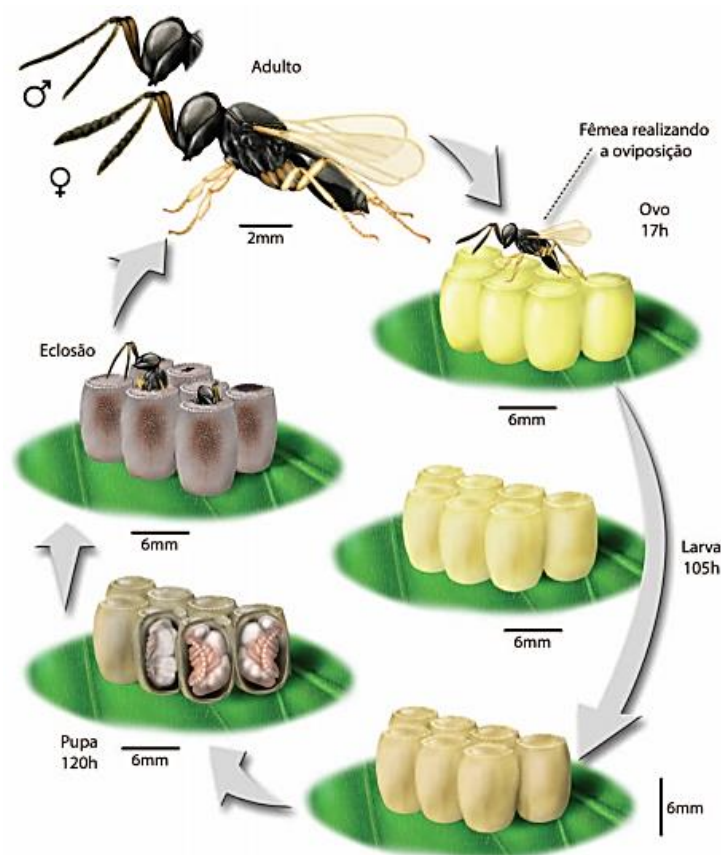
O parasitoide tem como hospedeiro preferencial o percevejo, *E. heros* e na sua ausência, pode parasitar ovos de outros pentatomídeos como *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Tibraca limbativentris* (Stal, 1860) (BORGES *et al.*, 2003; MEDEIROS *et al.*, 1997; SUJII *et al.*, 2002) mostrando a sua adaptação a diferentes hospedeiros.

O ciclo de desenvolvimento de *T. podisi* é de 10 a 13 dias após o parasitismo e a emergência dos adultos ocorre quando as condições são adequadas. O parasitoide se desenvolve inteiramente dentro do ovo do hospedeiro passando pelas fases de ovo, larva e pupa, a temperatura de 25 °C, com duração média de 17, 105 e 120 horas, respectivamente, para cada fase (Figura 8).

O ovo do hospedeiro apresenta coloração amarela, com o desenvolvimento do parasitoide, alteram para a cor cinza que corresponde à fase larval, posteriormente para o castanho e, na fase de pupa, tornam-se pretos (Figura 8) (BUENO *et al.*, 2012). Os adultos emergem através de um orifício circular após o corte do opérculo do ovo. Os machos emergem 1 a 2 dias antes das fêmeas para garantir a cópula, quando as fêmeas iniciam o processo de emergência com a mastigação do córion do ovo, os machos logo são atraídos (BUENO *et al.* 2012; JOHNSON, 1984; HAJEK; EILENBERG, 2007).

O adulto de *T. podisi* apresenta coloração preta, mede aproximadamente 1mm a 2mm de comprimento, alimenta-se de mel e substâncias açucaradas (PARRA *et al.*, 2002). A espécie apresenta dimorfismo sexual pelo tipo de antenas, sendo as da fêmea clavada, enquanto as dos machos filiformes (Figura 8) (MARGARÍA *et al.*, 2009).

Figura 8. Ciclo de desenvolvimento de *Telenomus podisi* na cultura da soja.



Extraído de: BUENO *et al.* (2012).

No campo, as fêmeas localizam o hospedeiro por meio de estímulos químicos voláteis (semioquímicos), estímulos mecânicos como rastros do movimento do hospedeiro (BORGES *et al.*, 2003; COLAZZA *et al.*, 1999; CONTI; COLAZZA, 2012; FONTES; INGLIS, 2020), cores do substrato e dos ovos que possuem efeito no comportamento de busca dos hospedeiros pelos parasitoides (AQUINO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2019).

Os parasitoides podem também ser atraídos por um complexo de voláteis liberados por diversas plantas, como a soja, feijão, feijão guandu, milho, arroz e girassol, quando as ninfas e adultos de percevejos induzem a produção e liberação pela herbivoria (COLAZZA *et al.*, 2004; DIAS, 2015; MELO-MACHADO *et al.*, 2014; MORAES *et al.*, 2008; MICHEREFF *et al.*, 2011).

Os sinais vibratórios emitidos para comunicação sexual dos percevejos também ajudam na localização dos ovos pelas fêmeas de *T. podisi*, que ao escutarem os sinais vibratórios, são estimuladas a aumentar a taxa de rotação por meio da emissão de som pelas

fêmeas dos percevejos, o que indica um efeito no comportamento cinético das fêmeas dos parasitoides (LAUMANN *et al.*, 2007).

As fêmeas de *T. podisi*, ao encontrarem uma massa de ovos de percevejos, utilizam as antenas em um movimento repetitivo para tatear os ovos, inserem o ovipositor na base do ovo e assim conseguem perceber se este já está parasitado ou não (JOHNSON, 1984). Quando não parasitados, injetam substâncias que causam a morte do hospedeiro por efeitos tóxicos durante a oviposição nos ovos do hospedeiro ou o próprio crescimento do embrião do parasitoide leva o hospedeiro a morte pelo consumo de nutrientes do ovo (BORGES *et al.*, 1999; CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; HAJEK; EILENBERG, 2007; PARRA *et al.*, 2002).

Ao concluir a oviposição, no interior do ovo do hospedeiro, procede à sua marcação pela passagem do ovipositor sobre a superfície do ovo parasitado, deixando um feromônio que servirá às demais fêmeas para o reconhecimento dos ovos já parasitados. Em caso de ocorrer superparasitismo, em que mais de um ovo do parasitoide é depositado em um único ovo hospedeiro, ocorre competição entre as larvas do parasitoide de primeiro instar e somente uma larva sobrevive, completando seu desenvolvimento (HAJEK; EILENBERG, 2007).

As fêmeas são capazes de ovipositar desde o primeiro dia após sua emergência, entretanto a taxa de oviposição mais elevada ocorre no segundo dia de vida, com alta produção de fêmeas na progênie, sendo a fecundidade média de 104 ovos (HAJEK; EILENBERG, 2007; SILVA *et al.*, 2018). Fêmeas que ovipositam em ovos do hospedeiro logo nos primeiros dias de vida, é observada em sua prole uma maior proporção de fêmeas em relação a machos, mas, conforme aumenta a idade da fêmea, ocorre uma inversão nessa proporção (BUENO *et al.*, 2012; PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998).

Devido a eficiência no parasitismo de *T. podisi*, o uso do parasitoide tem sido uma estratégia no manejo integrado de pragas (MIP). A liberação de *T. podisi* em campo para uso no controle biológico de percevejos deve ser realizado com a chegada dos primeiros percevejos adultos. As pupas de *T. podisi* podem ser liberadas encapsuladas ou não protegidas, porque possuem eficácia semelhante (BUENO *et al.*, 2020).

Em áreas manejadas da soja com controle biológico e manejo convencional, Golin (2014) observou em duas safras que a liberação de 5.000 vespas/hectare não foi suficiente para reduzir a população de *E. heros* abaixo do nível de dano. Pernambuco Filho (2018), ao testar diferentes quantidades de ovos de *E. heros* parasitados por *T. podisi* para liberação em

lavouras experimentais de soja, observou eficácia no controle após a liberação de 6.500 ovos parasitados/hectare.

Bueno *et al.* (2020) em estudo realizado em lavoura de soja no Paraná durante safras consecutivas, observaram que na safra 2018/19 houve aumento do parasitismo de ovos de *E. heros* com a liberação de 18.750 pupas de *T. podisi*/hectare encapsuladas ou desprotegidas associados a pulverizações de fungicidas. Também foi constatado que a liberação de *T. podisi* e a pulverização com uso de inseticida demonstrou controle semelhante para *E. heros*.

2.4 SELETIVIDADE DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS A *Telenomus podisi*

Em qualquer lavoura que se utilize do manejo integrado de pragas, a atenção na seletividade de produtos químicos, biológicos e ou alternativos usados para controlar a praga alvo deve ser redobrada, porque esses produtos podem atingir inimigos naturais que são importantes agentes do controle biológico. A seletividade é uma propriedade que produtos podem apresentar por controlar com sucesso a praga visada com o menor impacto possível sobre os inimigos naturais (DENT, 2000; FERNANDES *et al.*, 2013).

Produtos fitossanitários, quando não seletivos, podem influenciar na sobrevivência e/ou permanência de um inimigo natural na área pelo contato direto, efeito letal e ou efeitos subletais do produto. A suscetibilidade dos inimigos naturais pode ser maior ou menor dependendo do tipo parasitoide ou predador, a espécie, a sensibilidade do estágio de vida do indivíduo (ovo, larva, pupa ou adulto), o estágio de desenvolvimento do hospedeiro, a taxa de aplicação do produto, o período da aplicação e o modo de ação do produto (CLOYD, 2005).

Todo produto apresenta dois tipos de seletividade, a fisiológica e a ecológica. A fisiológica se manifesta devido a diferenças fisiológicas entre as pragas, predadores e parasitoides, sendo que as pragas são mortas a uma concentração do produto que não afeta os inimigos naturais (SOARES *et al.*, 2008). Os processos envolvidos nesse tipo de seletividade são absorção, penetração, transporte e ativação de inseticidas, os quais quando agem em diferentes intensidades, resultam em toxicidade diferencial em duas espécies. Ainda podem ser incluídos nesses fatores, processos como retenção e excreção desses compostos, detoxificação e insensibilidade dos pontos de ação dos insetos (FOERSTER, 2002; GUSMÃO *et al.*, 2000).

A seletividade ecológica baseia-se nas diferenças ecológicas existente entre as pragas e os inimigos naturais por comportamento ou habitat entre as espécies, possibilitando

que o produto entre em contato com determinada espécie. Pode-se obter seletividade ecológica dos agrotóxicos em função da estratégia de aplicação a ser adotada no controle das pragas. Essa seletividade requer um conhecimento amplo dos aspectos biológicos, ecológicos, de flutuação populacional das pragas e dos artrópodes benéficos (SOARES *et al.*, 2008; STARK *et al.*, 2007).

Inseticidas químicos do tipo neurotóxicos como carbamatos, fosforados, piretróides e neonicotinóides, possuem seletividade fisiológica reduzida, em favor da semelhança no processo de transmissão dos impulsos nervosos da praga e de insetos não-alvo (CASIDA; DURKIN, 2013). A manipulação de dosagens é uma alternativa para aumentar a seletividade fisiológica de maneira que a densidade populacional da praga fique abaixo do limiar de controle e parâmetros como sobrevivência e reprodução de inimigos naturais não sejam alteradas (YOUN *et al.*, 2003; YOUSSEF *et al.*, 2004).

Vários trabalhos têm sido realizados para avaliar a seletividade de diferentes classes de produtos fitossanitários ao parasitoide de ovos, *T. podisi*. Apesar do crescimento do uso de produtos à base de fungos entomopatogênicos por produtores, as pesquisas sobre a seletividade de organismos não-alvo precisam ser melhor desenvolvidas. No estudo realizado em laboratório por Agüero e Neves (2014), constataram que o isolado UEL 50 de *M. anisopliae* não afeta o parasitismo e a viabilidade de *T. podisi*, porém, a emergência foi reduzida em 25,81% quando o fungo foi pulverizado sobre ovos parasitados. Como redução da emergência do parasitoide foi pequena em comparação à testemunha, os autores consideraram que *M. anisopliae* é seletivo a *T. podisi*, recomendando a separação ao máximo das pulverizações do fungo e das liberações do parasitoide.

Battisti *et al.* (2020), verificaram que quando as fêmeas de *T. podisi* são expostas ao parasitismo de ovos de *E. heros* tratados com produtos formulados e comercializados a base de Metarril® (*M. anisopliae*) e Boveril® (*B. bassiana*), o parasitismo (%) e a emergência (%) da prole não são afetadas. Um outro estudo de Battisti *et al.* (2022), com produtos formulados e comercializados também foram alvo de estudo de Battisti *et al.* (2022), em condições de laboratório, suspensões dos produtos Metarril® (*M. anisopliae*) e Boveril® (*B. bassiana*) entraram em contato com as fêmeas de *T. podisi* em um período de 24 a 72 horas e foi observado que houve redução na longevidade das fêmeas, entretanto o parasitismo e a razão sexual não foram afetados. Na porcentagem de emergência de F1 das fêmeas expostas a um contato de 72 horas houve redução, com 10,3% para *M. anisopliae* e 10,2% para *B. bassiana*, em relação ao controle (45,3%).

REFERÊNCIAS

AGÜERO, M. A. F.; NEVES, P. M. O. J. Seletividade de *Metarhizium anisopliae* a *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 16, n. 1, p. 21-28, 2014.

ALVES, S. B. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.77-86, 1992.

ALVES, S. B.; LOPES, R. B. **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008.

AQUINO, M. F. S. de; SUJII, E. R.; BORGES, M.; BLASSIOLI MORAES, M. C.; LAUMANN, R. A. Diversity of stink bug adults and their parasitoids in soybean crops in Brazil: influence of a latitudinal gradient and insecticide application intensity. **Environmental entomology**, Lanham, v. 48, n. 1, p. 105-113, 2019.

AQUINO, M. F. S. de; DIAS, A. M.; BORGES, M.; MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R. A. Influence of visual cues on host-searching and learning behaviour of the egg parasitoids *Telenomus podisi* and *Trissolcus basal*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 145, n. 2, p. 162–174, 2012.

AQUINO, M. F. S. **Estudo do comportamento de busca e seleção de hospedeiros dos parasitoides de ovos *Trissolcus basal* e *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae)**. Orientador: Raúl Alberto Laumann. 2011. 100f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ARAÚJO, M. L. S. de; SANO, E. E.; BOLFE, É. L.; SANTOS, J. R. N.; SANTOS, J. S. do; SILVA, F. B. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990 – 2015). **Land use policy**, [s.l.], v. 80, n. 1, p. 57-67, 2019.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E.; PEREIRA, F. F. Comparative biology of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on cotton and soybean reproductive structures. **Neotropical entomology**, Londrina, v. 42, n. 4, p. 359-365, 2013.

BASSO, C. J.; KUSS, C. C.; PIAS, O. H. D. C.; MURARO, D. S.; CUTTI, L. Neonicotinoid insecticide systemicity in soybean plants and its effect on brown stink bugs. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 96-101, 2016.

BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H. de; LIMA, Y. R.; POTRICH, M.; LOZANO, E. R. Side effects of organic products on *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastriidae). **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 113, n. 4, p. 1694-1701, 2020.

BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H. R. de; LIMA, Y. R. A. de; BUENO, A. de F.; LOZANO, E. R. Selectivity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to adults of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 43, n. 2, p. 727-738, 2022.

BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. P. M. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. Natal: IFRN Editora, 2010.

BORGES, M.; COSTA, M. L. M.; SUJII, E. R.; CAVALCANTI, M. D. G.; REDIGOLO, G. F.; RESCK, I. S.; VILELA, E. F. Semiochemical and physical stimuli involved in host recognition by *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) toward *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Physiological Entomology**, Londres, v. 24, n. 3, p. 227-233, 1999.

BORGES, M.; COLAZZA, S.; RAMIREZ-LUCAS, P.; CHAUHAN, K. R.; MORAES, M. C. B.; RICHARD ALDRICH, J. Kairomonal effect of walking traces from *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) on two strains of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Physiological Entomology**, Londres, v. 28, n. 4, p. 349-355, 2003.

BUENO, A. de F.; BRAZ, E. C.; FAVETTI, B. M.; FRANÇA-NETO, J. de B.; SILVA, G. V. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, in soybean production. **Crop Protection**, Reino Unido, v. 137, n. 105310, 2020.

BUENO, A. de F.; BORTOLOTTI, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; FRANÇA-NETO, J. de B. Assessment of a more conservative stink bug economic threshold for managing stink bugs in Brazilian soybean production. **Crop Protection**, Reino Unido, v. 71, n. 1, p. 132-137, 2015.

BUENO, A. de F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. de F. Inimigos Naturais das Pragas da Soja. *In*: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (org.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. cap. 8, p. 493-598.

BUNDY, C. S.; McPHERSON, R. M. Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton-soybean ecosystem. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 93, n. 3, p. 697-706, 2000.

CASIDA, J. E.; DURKIN, K. A. Neuroactive Insecticides: Targets, Selectivity, Resistance, and Secondary Effects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 58, n. 1, p. 99-117, 2013.

CASTRO, M. T. de; MONTALVÃO, S. C. L.; SOUZA, D. A. de; MONNERAT, R. G. Ocorrência e patogenicidade de *Beauveria bassiana* à *Hypsipyla grandella* coletada em Brasília. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 4, p. 263-266, 2017.

CIVIDANES, F. J. **Determinação das exigências térmicas de *Nezara viridula* (L., 1758), *Piezodorus guildinii* (West., 1837) e *Euschistus heros* (Fabr., 1798) (Heteroptera: Pentatomidae) visando ao seu zoneamento ecológico**. Orientador: José Roberto Postali Parra. 1992. 100f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 1992.

CLOYD, R. Compatibility conflict: is the use of biological control agents with pesticides a viable management strategy? *In: Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Davos, v. 2, p. 546-554, 2005.

COLAZZA, S.; SALERNO, G.; WAJNBERG, E. Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Biological Control**, San Diego, v. 16, n. 3, p. 310-317, 1999.

COLAZZA, S.; FUCARINO, A.; PERI, E.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. **The Journal of Experimental Biology**, Londres, v. 207, n. 1, p.47-53, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: 12º levantamento, setembro 2022 – safra 2021/22**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 15 set. 2022

CONTI, E.; COLAZZA, S. Chemical ecology of egg parasitoids associated with true bugs. **Psyche**, São Paulo, v. 2012, n. 1, p. 1-11, 2012.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Utilização do parasitoide de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) no controle de percevejos da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 40p. (Circular Técnica, 11).

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Susceptibilidade da soja aos percevejos *Euschistus heros* (F.) e *Piezodorus guildinii* (West.) na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1067-1072, 2005.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MINAMI, C. A. **Percevejos e a qualidade da semente de soja**: Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15p. (Circular Técnica, 67).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1999. 45p. (Circular Técnica, 24).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S. Atividade alimentar do percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) na safra e entressafra da soja. *In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*, 33., 2013, Londrina. **Resumo** [...]. Londrina: Comissão de Entomologia, 2013.

COSTA, M. L. M.; BORGES, M.; VILELA, E. F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 559-568, 1998.

DALL'AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DALZOTO, P. R.; UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2009.

DESTEFANO, R. H. R. **Detecção e identificação de *Metarhizium anisopliae* em larvas de *Diatraea saccharalis* por primers específicos**. Orientador: Cláudio Luiz Messias. 2003. 87f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DEBACH, P.; ROSEN, D. **Biological control by natural enemies**. Cambridge: CUP Archive, 1991.

DENT, D. Insecticides. *In*: DENT, D. **Insect Pest Management**. Reino Unido: CABI Publishing, p. 111-113, 2000.

DIAS, A. M. **Resposta olfativa de *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) para voláteis de plantas induzidos por herbivoria e oviposição de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)**. Orientador: Martín Francisco Pareja Piaggio. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

FARIA, M. R. de; MAGALHÃES, B. P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 18-21, 2001.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Circular Técnica, n. 48).

FERNANDES, J. P. S.; DA SILVA, F. F.; DOS SANTOS, E. M.; DE PAULA, L. O.; GODOY, F.; SENA, E. S. G. Efeito de fungos entomopatogênicos na redução populacional do percevejo-do-colmo do arroz. *In*: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa, 8., 2017, X. **Anais [...]**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Pampa, 2017.

FERNANDES, F. L.; SILVA, DA. P. R.; GORRI, J. E.R.; PUCCI, L. F.; SILVA, DA. I. W. Selectivity of Old and New Insecticides and Behaviour of Vespidae Predators in Coffee Crop. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 60, n. 1, p. 471-476, 2013.

FONTES, E. M. G.; INGLIS, M. C. V. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. *In*: PARRA, J. 447 R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, p.635, 2002.

FREITAS, T. F. S.; OLIVEIRA, J. V.; FIUZA, L. Inimigos naturais em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 58, n. 455, p. 20-22, 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GOLIN, V. **Incidência natural, biologia, seletividade e efeito de liberações inoculativas de parasitoides de ovos (Hymenoptera: Platygasteridae) no controle de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) no Mato Grosso**. Orientador: Luís Amilton Foerster. 2014. 106f. Tese (Doutorado em Ciências (Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GRAZIA, J.; DEL VECCHIO, M. C.; BALESTIERI, F. M. P.; RAMIRO, Z. A. Estudo das ninfas de pentatomídeos (Heteroptera) que vivem sobre soja (*Glycine max* (L.) Merrill): I – *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 39-51, 1980.

GREENE, J. K.; TURNIPSEED, S. G.; SULLIVAN, M. J.; MAY, O. L. Treatment threshold for stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 94, n. 2, p. 403-409, 2001.

GROTH, M. Z.; BELLE, C.; ZIMMER, G.; GROTH, M. Z.; KASPARY, T. E.; PIMENTEL, J. R.; OLIVEIRA, I. G.; KOLESNY, V. M.; ZIMMER, P. D. Control of wheat stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in southern Brazil using the fungus *Metarhizium anisopliae*. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 11, n. 3, p. 360–366, 2017.

GUSMÃO, M.R., PICANÇO, M.C., GONRING, A.H.R.; MOURA, M.F. Seletividade fisiológica de inseticidas a Vespidae predadores do *Coffee leafminer* do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p. 681-686, 2000.

HAJEK, A. E.; EILENBERG, J. **Natural enemies: an introduction to biological control**. Cambridge: CUP, 2007.

HUMBER, R. A. Evolution of entomopathogenicity in fungi. **Journal of invertebrate pathology**, v. 98, n. 3, p. 262-266, 2008.

JIANG, H.; LI, K.; GAI, J. Agrobacterium rhizogenes-induced soybean hairy roots versus Soybean mosaic virus (ARISHR-SMV) is an efficient pathosystem for studying soybean–virus interactions. **Plant methods**, Londres, v. 15, n. 1, p. 1-11, 2019.

JOHNSON, N. F. Systematics of Nearctic *Telenomus*: classification and revisions of the podisi and phymatae species groups (Hymenoptera: Scelionidae). **Bulletin of the Ohio Biological Survey**, Ohio, v. 6, n. 3, p.11, 1984.

KUSS-ROGGIA, R.C.R. **Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia**. Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes. 2009. 128f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LAUMANN, R. A.; MORAES, M. C. B.; ČOKL, A.; BORGES, M. Eavesdropping on sexual vibratory signals of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) by the egg parasitoid *Telenomus podisi*. **Animal Behaviour**, Londres, v. 73, n. 4, p. 637-649, 2007.

LEONARD, B. R.; BOQUET, D. J.; PADEGETT, B.; DAVIS, J. A.; SCHNEIDER, R.; GRIFFING, J. L.; VALVERD, R. A.; LEVY, J. R. Soybean green plant malady contributing factors and mitigation. **Louisiana Agriculture Magazine**, Luisiana, v, 54, n.4. p. 32-34, 2011.

LOPES, I. de C. **Produção de conídios do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* em diferentes condições de cultivo e em biorreator de bandeja**. Orientador: João Cláudio Thoméo. 2016. 58f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2016.

MACLEOD, D.M. Investigations on the general *Beauveria* Vuill. and *Tritirachium* Limber. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 32, n. 6, p. 818-893, 1954.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de defesa agropecuária. **Instrução Normativa Nº 25**. Brasília: MAPA, 4 de set. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-25-de-4-de-setembro-de-2019-215086090>. Acesso em: 11 de abr. 2022.

MARGARÍA, C. B.; LOIÁCONO M. S.; LANTERI A. A. New geographic and host records for scelionid wasps (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoids of insect pests in South America. **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 2314, n.1, p. 41-49, 2009.

MARTINS, J.F da S.; PAZINI, J. D. B.; BOTTA, R.; RÜBENICH, R.; da SILVA, F. F.; MATTOS, M. **Efeito de fungos entomopatogênicos na redução populacional do percevejo-do-colmo do arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 4p. (Circular Técnica, 150).

MARTINS, J. F. da S.; da ROSA, A. P. S. A.; de OLIVEIRA, J. V.; de LIMA, C. A. B. **Situação do controle biológico de insetos-praga da cultura do arroz na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 33p. (Documentos, 309).

MASCARIN, G. M.; QUINTELA, E. D. **Técnica de produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para uso em controle biológico**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 17 p. (Documentos, n. 289).

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as microbial insecticide. **World J Microbiol Biotechnol.** [s.l.], v. 32, n. 177, p. 1-26, 2016.

MEDEIROS, M. A.; SCHIMIDT, F. V.; LOIÁCONO, M. S.; CARVALHO, V. F.; BORGES, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 397-401, 1997.

MELO-MACHADO, R. C.; SANT'ANA, J.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M. Herbivory-induced plant volatiles from *Oryza sativa* and their influence on chemotaxis behaviour of *Tibraca limbativentris* stal. (Hemiptera: Pentatomidae) and egg parasitoids. **Bulletin of Entomological Research**, Londres, v. 104, n. 3, p. 347–356, 2014.

MICHEREFF, M. F. F.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M.; MICHEREFF-FILHO, M.; DINIZ, I. R.; NETO, A. L. F.; MORAES, M. C. B. Volatiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. **Journal of Chemical Ecology**, Nova York, v. 37, n. 3, p.273–285, 2011.

MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Fungos entomopagênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 335, 2016.

MORAES, M. C. B.; PAREJA, M.; LAUMANN, R. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; BORGES, M. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. **Journal of Plant Interactions**, Reino Unido, v. 3, n. 2, p.111–118, 2008.

NADA, M. S. Response of green stinkbug *Nezara viridula* (Linnaeus), to the activity of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Plant Protection and Pathology**, Mansoura, v. 6, n. 12, p. 1633-1644, 2015.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 295-302, 2000.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. **Anais da Sociedade Entomológica**, Londrina, v. 27, n. 4, p.585-591, 1998.

PANIZZI, A. R. Stink bugs on soybean in northeastern Brazil and a new record on the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 331-332, 2002.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A DE F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. Soja manejo Integrado de insetos e outros artrópodes-praga. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (org.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. cap. 5, p. 335-420.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. L. The overlooked role of weed plants affecting pest stink bug (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) bioecology in the Neotropics. **Arthropod-Plant Interactions**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 1-14, 2022.

PANIZZI, A. R.; McPHERSON, J. E.; JAMES, D. G.; JAVAHERY, M.; McPHERSON. R. M. Stink bugs (Pentatomidae). In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI A.R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC, p. 421-474, 2000.

PANIZZI, A. R.; NIVA, C. C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 509-511, 1994.

PANIZZI, A. R.; ROSSI, C. E. The role of *Acanthospermum hispidum* in the phenology of *Euschistus heros* and *Nezara viridula*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 67-74, 1991.

PANIZZI, A. R.; SILVA, F. A. C. Insetos sugadores de sementes (Heteroptera). *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília, DF: Embrapa, 2009. cap. 12, p. 465-522.

PANIZZI, A. R.; VIVAN, L. M. Seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* in overwintering sites and the breaking of dormancy. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 213-217, 1997.

PANIZZI, A.R.; SILVA, F.A.C. Seed-sucking bugs (Heteroptera). *In*: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (Ed.). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton: CRC Press, p. 295-324, 2012.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA B. S.; BENTO J. M. S. Controle biológico: terminologia. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO J. M. S. (eds.). **Controle biológico no Brasil**: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.

PARRA, J R. P. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, Santo Antônio de Goiás, v. 1 n. 1, p. 1-3, 2019

PERES, W. A. A.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Methodology of mass multiplication of *Telenomus podisi* Ash. and *Trissolcus basalus* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) on eggs of *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 457-462, 2004.

PERNAMBUCO FILHO, J. C. de A. **Eficácia no controle do *Euschistus heros* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura da soja com liberação de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae)**. Orientador: Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno. 2018. 43f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

POZEBON, H.; MARQUES, R. P.; PADILHA, G.; O'NEAL, M.; VALMORBIDA, I.; BEVILAQUA, J. G.; [...]. Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 113, n. 4, p. 1591-1608, 2020.

PUCHETA DIAZ, M.; FLORES MACIAS, A.; RODRIGUEZ NAVARRO, S.; DE LA TORRE, M. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. **Interciencia**, Caracas, v. 31, n. 12, p. 856-860, 2006.

RAMPELOTTI, F. T.; FERREIRA, A.; PRANDO, H. F.; GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. DA 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**, São Paulo, v.74, n. 2, p.141-148, 2007.

ROZA-GOMES, M. F.; SALVADORI, J. R., PEREIRA, P. R. V. D. S.; PANIZZI, A. R. Injúrias de quatro espécies de percevejos pentatomídeos em plântulas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1115-1119, 2011.

SARAN, P. E. **Manual de identificação de percevejos da soja**. Campinas: FMC, 2008.

SCOPEL, W.; SALVADORF, J. R.; PANIZZI, A. R.; PEREIRA, P. R. V. da S. Danos de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja infestada no estágio de grão cheio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 81-84, 2016.

SILVA-MATOS, R. R. S. da; OLIVEIRA, P. S. T. de; PEREIRA, R. Y. F. **Ciências agrárias: Conhecimentos científicos e técnicos e difusão de tecnologias 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

SILVA, C. C.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI, M. C.; PAREJA, M.; BORGES, M. *Euschistus heros* mass rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 575-580, 2008.

SILVA, G. V.; BUENO, A. D. F.; NEVES, P. M. O. J.; FAVETTI, B. M. Biological characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hill, v. 10, n. 8, p. 210-220, 2018.

SILVA, R. A.; QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; PEDRINI, N.; LIÃO, L. M.; FERRI, P. H. Unveiling chemical defense in the rice stalk stink bug against the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Invertebrate Pathology**, New York, v. 127, p. 93-100, 2015.

SILVA-SANTANA, M. F., ALVES, L. F. A., FERREIRA, T. T., & BONINI, A. K. Selection and characterisation of *Beauveria bassiana* fungus and their potential to control the brown stink bug. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 32, n. 1, p. 90-102, 2021.

SMANIOTTO, L. L.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, Florida, v. 98, n. 1, p. 7-17, 2015.

SOARES, J. J.; NASCIMENTO, A. R. B. DO; SILVA, M. V. da. **Predadores e parasitoides chaves e seletividade de inseticidas na cultura algodoeira**. Embrapa Algodão: Campina Grande, 2008. 29p. (Documentos, n. 209).

SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E.; PANIZZI, A. R. Algodoeiro invadido. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 131, n. 1, p. 18-20, 2010.

SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E.; PANIZZI, A. R.; TOEWS, M. D. Economic injury level of the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) on cotton plants. **Neotropical entomology**, Londrina, v. 46, n. 3, p. 324-335, 2016.

SOSA-GÓMEZ, D., CORRÊA-FERREIRA, B., KRAEMER, B., PASINI, A., HUSCH, P., VIEIRA, C., MARTINEZ, C., LOPES, I. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 99-118, 2020.

SOSA-GOMEZ, D. R.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E. B. de. **Soja: Manejo Integrado de Pragas**. Curitiba: SENAR-PR/EMBRAPA-Soja, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 7, p. 767- 769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORSO, I. C.; MORALES, L. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, p. 317-320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Laboratory and Field Studies on the Infection of Stink Bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, New York, v. 71, n. 2, p. 115-120, 1998.

SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity**. Suíça: Springer Nature, 2019.

STARK, J. D.; VARGAS, R.; BANKS, J. E. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v. 100, n. 4, p. 1027-1032, 2007.

SUJII, E. R.; COSTA, M. L. M.; PIRES, C. S. S.; COLAZZA, S.; BORGES, M. Inter and intra-guild interactions in egg parasitoid species of the soybean stink bug complex. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1541–1549, 2002.

TESSMER, M. A.; KUHN, T. M. DE A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; LOPES, J. R. S.; ERLER, G.; BONANI, J. P. Histology of Damage Caused by *Euschistus heros* (F.) Nymphs in Soybean Pods and Seeds. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 51, n. 1, p. 112-121, 2022.

TOGNON, R.; ANA, J. S.; JAHNKE, S. M. Aprendizagem e memória de *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygastriidae). **Série Zoologia**, Curitiba, v. 103, n. 3, p. 266-271, 2013.

UHRY, K.F. **Aspectos do controle biológico de pragas no Brasil por meio de Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.** Orientador: Patrícia do Rocio Dalzoto. 2007. 45 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

USDA. Production, Supply and Distribution (PSD). United States Department of Agriculture, 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/indexx.html#/app/downloads>. Acesso em: 16 de set. 2022.

VILELA, G. F.; PEREIRA, M. J. Z.; KLEPKER, D.; MOREIRA, J. U. V.; VIEIRA, P. D. M.; RABELO, C. F. S.; [...]. **Cultivares de soja: macrorregiões 4 e 5 norte e nordeste do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

VILLAS-BÔAS, G. L. V.; PANIZZI, A. R. Biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 105-13, 1980.

VIVAN, L. M.; DEGRANDE, P. E. Pragas da soja. **Boletim de pesquisa de soja**. Rondonópolis, v. 15, n. 1, p. 297, 2011.

WANG, C.; TYPAS, M. A.; BUTT, T. M. Detection and characterization of pr1 virulent gene deficiencies in the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 213, n. 2, p. 251-255, 2002.

WANG, J. B.; LEGER, R. J. ST; WANG, C. Advances in genomics of entomopathogenic fungi. *In*: LOVETT, B; LEGER, R. J. ST. **Genetics and Molecular Biology of Entomopathogenic Fungi**. Cambridge: Academic Press, 2016. cap. 3, p. 67-105.

WANG, J.; LOVETT, B.; LEGER, R. J. ST. The secretome and chemistry of *Metarhizium*; a genus of entomopathogenic fungi. **Fungal Ecology**, [s.l.], v. 38, n. 2, p. 7-11, 2019.

WOYANN, L. G.; MEIRA, D.; ZDZIARSKI, A. D.; MATEI, G.; MILIOLI, A. S.; ROSA, A. C.; MADELLA, L. A.; BENIN, G. Multiple-trait selection of soybean for biodiesel production in Brazil. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 140, n. 15, p. 111721, 2019.

YOUN, Y. N.; SEO, M. J.; SHIN, J. G.; JANG, C.; YU, Y. M. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, San Diego, v. 28, n. 2, p. 164–170, 2003.

YOUSSEF, A.I.; NASR, F.N.; STEFANOS, S.S.; ELKHAIR, S.S.A.; SHEHATA, W.A.; AGAMY, E.; HERZ, A.; HASSAN, S.A. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 128, n. 9-10, p. 593-599, 2004.

ZAMBIAZZI, E. V.; CORASSA, J. D. N.; GUILHERME, S. R.; BONALDO, S. M. Controle biológico in-vitro do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) com *Beauveria bassiana*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 2, p.43-48, 2012.

Patogenicidade e virulência de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-marrom da soja e seletividade ao seu parasitoide de ovos

CAPÍTULO 2

1 **Patogenicidade e virulência de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-marrom**
2 **da soja e seletividade ao seu parasitoide de ovos**

3
4 Rayane Cristine Moreira de Oliveira ⁽¹⁾, Roberto Serejo Graça Júnior ⁽²⁾, Pedro Lívio Enes Rocha
5 Cardoso ⁽²⁾, Alaíde Pereira Lima ⁽²⁾, João Vitor Sousa Câmara ⁽²⁾, Ellen Caroline da Conceição Aragão
6 ⁽²⁾, Matheus Henrique Felipe Lima ⁽²⁾, Adriano Soares Rêgo ⁽³⁾, Antônia Alice Costa Rodrigues ⁽³⁾ e
7 Joseane Rodrigues de Souza ⁽³⁾

8
9 ¹Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão/UEMA. Centro
10 de Estudos Superiores de Balsas (CESBA), Balsas/MA. rayane-moreira22@hotmail.com

11 ²Universidade Estadual do Maranhão. Cidade Universitária Paulo VI, Caixa Postal 09, São Luís/MA.

12 ³Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Estadual do Maranhão/UEMA. Centro de Ciências
13 Agrárias (CCA), Curso de Agronomia, CEP 65055-310, São Luís/MA.

14
15 **Resumo** – Visando selecionar isolados fúngicos entomopatogênicos para o controle
16 microbiano de *Euschistus heros* sobre suas fases do desenvolvimento (ovo, 3^o instar ninfal e
17 adulta) de maneira que seja seletivo para o parasitoide de ovos, *Telenomus podisi*,
18 realizaram-se dois experimentos. No primeiro experimento, avaliou-se a virulência e a
19 patogenicidade dos isolados das espécies *Metarhizium anisopliae* (CG 168; IBCB 425) e
20 *Beauveria bassiana* (LPP 129; LLP SP1) sobre as fases do desenvolvimento de *E. heros*, no
21 qual foram preparadas suspensões a 1×10^8 conídios viáveis/mL. No segundo experimento,
22 estudou-se a seletividade ao parasitoide em ovos de *E. heros* parasitados e não parasitados
23 tratados com as suspensões dos isolados CG 168 e IBCB 425, que foram escolhidos de
24 acordo com a suscetibilidade observada na fase de ovo no primeiro experimento. A fase de
25 ovo de *E. heros* foi suscetível aos isolados CG 168 e IBCB 425. Todos os isolados foram
26 patogênicos para ninfas de 3^o instar e adultos de *E. heros*. O isolado IBCB 425 é seletivo a
27 *Te. podisi* em ovos de *E. heros*. Conclui-se que todos os isolados fúngicos foram patogênicos
28 para *E. heros* na fase ninfal (3^o instar) e adulta, entretanto com nível de virulência diferentes.
29 O isolado *M. anisopliae* CG 168 foi eficiente no controle de *E. heros* em todas as fases de
30 desenvolvimento, não sendo seletivo ao *T. podisi* por comprometer o desenvolvimento do
31 parasitoide. O isolado *M. anisopliae* IBCB 425 foi eficiente no controle de ovos e adultos de
32 *E. heros* e seletivo para o parasitoide de ovos *T. podisi*.

33
34 **Termos para indexação:** controle biológico, *Euschistus heros*, *Metarhizium anisopliae*,
35 *Beauveria bassiana*, controle microbiano, *Telenomus podisi*.

36
37 **Abstract** – In order to select entomopathogenic fungal isolates for the microbial control of
38 *Euschistus heros* on their developmental stages (egg, 3rd nymphal instar and adult) in a way
39 that is selective for the egg parasitoid, *Telenomus podisi*, two experiments were carried out.
40 In the first experiment, the virulence and pathogenicity of isolates of the species *Metarhizium*
41 *anisopliae* (CG 168; IBCB 425) and *Beauveria bassiana* (LPP 129; LLP SP1) were
42 evaluated on the developmental stages of *E. heros*, in which suspensions were prepared at
43 1×10^8 viable conidia/mL. In the second experiment, the selectivity to the parasitoid was

44 studied in parasitized and non-parasitized *E. heros* eggs treated with suspensions of isolates
45 CG 168 and IBCB 425, which were chosen according to the susceptibility observed in the
46 egg phase in the first experiment. The egg stage of *E. heros* was susceptible to isolates CG
47 168 and IBCB 425. All isolates were pathogenic for 3rd instar nymphs and adults of *E. heros*.
48 Isolate IBCB 425 is selective for *T. podisi* in *E. heros* eggs. It was concluded that all fungal
49 isolates were pathogenic for *E. heros* in the nymphal (3rd instar) and adult stages, however
50 with different levels of virulence. The isolate *M. anisopliae* CG 168 was efficient in the
51 control of *E. heros* in all stages of development, not being selective to *T. podisi* for
52 compromising the development of the parasitoid. The isolate *M. anisopliae* IBCB 425 was
53 efficient in controlling eggs and adults of *E. heros* and selective for the parasitoid of *T. podisi*
54 eggs.

55

56 **Index terms:** biological control, *Euschistus heros*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria*
57 *bassiana*, microbial control, *Telenomus podisi*.

58

59

Introdução

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

O percevejo-marrom, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera, Pentatomidae), é um dos principais insetos-praga da cultura da soja (*Glycine max* L.), com ocorrência predominante nas regiões produtoras do Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país (Sosa-Gómez et al., 2020). Os adultos e ninfas a partir do 3^o instar limitam a produtividade da oleaginosa ao inserirem o aparelho bucal nas vargens e grãos ocasionando a coalescência dos corpos proteicos e degradação da parede celular (Tessmer et al., 2022).

A atividade alimentar de *E. heros* na soja gera consequências como escurecimento do tecido embrionário das sementes, redução de massa, volume, diminuição do teor de óleo dos grãos, inviabilidade da germinação e do vigor de sementes e a entrada de agentes patogênicos no tecido vegetal (Sosa-Gómez et al., 2014; Sosa-Gómez et al., 2020). Os danos ocasionados na soja são irreversíveis, já que em altas densidades populacionais do pentatomídeo, estima-se que na colheita os grãos atacados apresentam peso 40% inferior aos sadios implicando em perdas de até 10 sacas de soja por hectare (Sosa-Gómez et al., 2014; Sosa-Gómez et al., 2020).

O manejo de *E. heros* geralmente é realizado com pulverizações de inseticidas químicos de amplo espectro como organofosforados, piretroides e neonicotinóides, sendo

76 esses compostos presentes na maioria dos 75 produtos registrados para a cultura da soja no
77 Brasil (Agrofit, 2022). No entanto, a falta de estratégias no manejo de pragas, possibilita o
78 uso excessivo de produtos com mesmas moléculas químicas e mesmo modo de ação, o que
79 acarreta populações resistentes, danos ao ambiente e aos organismos não-alvos (Tuelher et
80 al., 2018).

81 Nesse contexto, a busca por métodos alternativos ao controle químico ou a
82 integração de diferentes táticas de manejo é de suma importância para o controle de *E. heros*.
83 Dentre as possibilidades, o uso do controle biológico por meio do parasitoide de ovos,
84 *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (Hymenoptera: Scelionidae) é uma alternativa eficiente
85 de controle, já que o percevejo *E. heros* é um hospedeiro preferencial do macrorganismo
86 (Borges et al., 2003). Além desse himenóptero, destaca-se também os fungos
87 entomopatogênicos, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin e *Beauveria bassiana*
88 (Bals.) Vuill. (Oliveira et al., 2016; Groth et al., 2017; Nora et al., 2020), os quais podem
89 atacar todas as fases de desenvolvimento dos insetos.

90 No Brasil, para *E. heros* são poucos os estudos relacionados ao uso conjunto de
91 fungos e o parasitoide de ovos, *T. podisi* (Agüero & Neves, 2014; Pazini et al., 2016; Battisti
92 et al., 2020). A seletividade de fungos entomopatogênicos a organismos não-alvo deve ser
93 considerada no Manejo Integrado de Pragas (MIP), pois mesmo sendo agentes de controle
94 biológico podem afetar no desenvolvimento de inimigos naturais.

95 Portanto, estudos que avaliam a patogenicidade e virulência de fungos associados
96 a organismos benéficos são extremamente importantes, uma vez que a utilização de
97 diferentes agentes de controle biológicos pode melhorar a eficiência no manejo de insetos-
98 praga. Logo, o objetivo da pesquisa foi avaliar a patogenicidade e virulência isolados
99 fúngicos sobre o percevejo-marrom da soja e seletividade ao seu parasitoide de ovos *T.*
100 *podisi*.

101

102

Material e Métodos

103 Local do estudo

104 Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia e no Laboratório
105 de Fitopatologia pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade
106 Estadual do Maranhão (UEMA), em São Luís, MA.

107 Criação de *Euschistus heros* e *Telenomus podisi*

108 Os insetos utilizados nos experimentos foram oriundos de criação mantida no
109 laboratório de Entomologia em sala de criação sob condições controladas de temperatura (25
110 $\pm 1^\circ\text{C}$), umidade relativa do ar ($60 \pm 10\%$) e fotofase (12h). Na criação de *E. heros*, as ninfas
111 foram mantidas em gaiolas plásticas transparentes de 5L (33 cm x 21,8 cm x 10,3 cm) com
112 abertura central na tampa, fechada com tela de tecido 'voil' até atingir a fase adulta. Na fase
113 adulta, os percevejos foram transportados para gaiolas plásticas transparentes de 7L com
114 capacidade máxima de 200 indivíduos (Borges et al., 2006; Silva et al., 2008).

115 Nas gaiolas de adultos foram dispostos pedaços de tecido 'tule' a fim de servir como
116 substrato para oviposição. Em placas de Petri forradas com papel filtro e contendo vagem
117 fresca de feijão foram acondicionados os ovos coletados das gaiolas de adultos. A vagem
118 fresca de feijão na placa de Petri tem como objetivo de evitar a desidratação dos ovos (Silva
119 et al., 2008).

120 A dieta dos percevejos foi composta de vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.,
121 1753) distribuídas no interior das caixas e um mix de grãos composto de amendoim (*Arachis*
122 *hypogaea* L., 1753), soja [*Glycine max* (L) Merrill (1917)] e semente de girassol (*Helianthus*
123 *annuus* L., 1753) (Borges et al., 2006; Silva et al., 2008; Oliveira et al., 2016).

124 Para a criação de *T. podisi* utilizou-se ovos *E. heros* com desenvolvimento
125 embrionário com menos 24 horas fixados em cartelas de cartolina branca (5,0 cm x 12,0 cm)

126 com cola branca atóxica para parasitismo das fêmeas por 48 horas. Após o período de
127 parasitismo, as cartelas foram colocadas em recipientes plásticos (14,5 cm de altura × 43,0
128 cm de diâmetro) vedados por filme PVC com pequenos orifícios para permitir a oxigenação.
129 Os recipientes com as cartelas foram mantidos em sala de criação nas mesmas condições
130 descritas anteriormente. Como alimento ao parasitoide foi disponibilizado um filete de mel
131 puro na lateral do recipiente de criação (Smaniotto et al., 2013).

132 **Aquisição, cultivo e preparo das suspensões dos isolados fúngicos**

133 Os isolados fúngicos entomopatogênicos de *M. anisopliae*, CG 168 foi adquirido
134 da Embrapa Arroz e Feijão, GO e o IBCB 425 do Instituto Biológico de Campinas, SP,
135 enquanto os de *B. bassiana* (LPP 129 e LLP SP1) da Universidade Estadual Norte
136 Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), RJ.

137 A escolha do isolado CG 168 (*M. anisopliae*) se deve pela eficiência no controle do
138 percevejo-do-colmo do arroz, *Tibraca limbativentris* e bom desempenho na combinação
139 com inseticidas químicos (Martins et al., 2004; Silva et al., 2013). O isolado IBCB 425 (*M.*
140 *anisopliae*) do Instituto Biológico foi escolhido por estar no mercado fitossanitário como
141 ingrediente ativo de 66 produtos biológicos no controle de algumas pragas como *Deois*
142 *flavopicta*, *Bemisia tabaci* raça B, *Hypothenemus hampei*, *E. heros* e *Scaptocoris castanea*
143 (Agrofit, 2022). Os demais isolados, LPP 129 (*B. bassiana*) e LPP SP1 (*B. bassiana*), que
144 são provenientes da UENF ainda não foram utilizados para o controle de insetos.

145 Os isolados fúngicos foram cultivados em meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar
146 (BDA) e incubados por 14 dias em câmara climatizada do tipo B.O.D (26 ± 1°C e 12 h de
147 fotofase). Após o cultivo, o inóculo de cada isolado foi preparado por raspagem dos conídios
148 presentes no meio de cultura BDA com o auxílio de uma espátula esterilizada e adição de 20
149 mL de espalhante adesivo a 0,01% (Tween 80®). O conteúdo da raspagem foi transferido
150 para um becker de vidro (50 mL) esterilizado.

151 Para aumentar a quantidade de inóculo de cada isolado a ser utilizado nos
152 experimentos, usou-se a técnica de fermentação sólida, descrita por Ferreira (2004) e
153 Mascarin & Quintela (2013). Para confirmar a viabilidade dos isolados fúngicos após a
154 multiplicação, foi avaliada a porcentagem de germinação dos conídios pelo método de
155 germinação via espalhamento uniforme usado por Martins et al. (2004).

156 Após a confirmação acima de 90% da viabilidade dos isolados, para cada
157 experimento foram preparadas em câmara de fluxo laminar vertical esterilizada com
158 irradiação UV as suspensões de conídios a partir de 10g de arroz colonizado que foi retirado
159 com uma espátula esterilizada dos sacos da fermentação sólida e transferidos para tubos de
160 Falcon (50mL). A fim de que todos os conídios desprendessem da superfície dos grãos de
161 arroz, foi adicionado 40 mL de Tween 80[®] (0,01%) e com o auxílio do agitador Vortex houve
162 a separação dos conídios.

163 Em seguida, a suspensão foi coada com gaze estéril e transferida para um becker
164 (100 mL) que posteriormente foi ajustada a concentração de 1×10^8 conídios/mL através da
165 contagem de conídios em uma câmara de Neubauer com auxílio de um microscópio óptico.

166 **Experimento 1 – Patogenicidade e virulência de isolados entomopatogênicos na fase de**
167 **ovo, ninfal (3^o instar) e adulta de *Euschistus heros***

168 Três bioensaios foram conduzidos com a fase de ovo, ninfal (3^o instar) e adulta de
169 *E. heros* com os isolados descritos anteriormente. No bioensaio 1, ovos de *E. heros* (n=50)
170 com desenvolvimento embrionário inferior a 24 horas foram colocados em béquer (50mL)
171 e submersos em 2,5 ml de suspensão fúngica a uma concentração de 1×10^8 conídios
172 viáveis/mL + 0,01% de Tween 80[®], durante 1 minuto com 7 repetições para cada tratamento
173 (Resquín-Romero et al., 2020).

174 No bioensaio 1, ovos de *E. heros* tratados e os não tratados após as aplicações das
175 suspensões fúngicas foram colocados em placas de Petri forradas com papel filtro e vagem.

176 Em seguida, as placas foram acondicionadas em câmara climatizada do tipo B.O.D, sob
177 condições de temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 5\%$ e fotofase de 12 horas.
178 Para cada repetição ($n=7$) foram registrados diariamente em até dez dias o número de ninfas
179 eclodidas para o cálculo da viabilidade dos ovos (%).

180 No bioensaio 2, ninfas de 3^o instar de *E. heros* ($n=25$) foram colocadas em béquer
181 (50mL) e submetidas ao tratamento de 3,0 mL de suspensão fúngica a uma concentração de
182 1×10^8 conídios viáveis/mL + 0,01% de Tween 80[®], durante 2 minutos com seis repetições
183 para cada tratamento (Resquín-Romero et al., 2020). A escolha de ninfas de 3^o instar é devido
184 as sementes de soja atacadas apresentarem danos mais significativos em relação a ninfas de
185 2^o instar (Tessmer et al., 2022).

186 Após o tratamento, as ninfas foram mantidas em gaiolas plásticas forradas com
187 papel toalha e com a dieta já descrita conforme a criação de *E. heros*. Posteriormente, as
188 gaiolas foram acondicionadas em câmara B.O.D nas mesmas condições descritas
189 anteriormente. As ninfas foram observadas até atingirem o 4^o instar e registrados
190 diariamente os dados de mortalidade e a proporção da viabilidade ninfal (%).

191 No bioensaio 3, casais de *E. heros* ($n= 25$) foram colocados em béquer (100 mL)
192 com 4mL de cada suspensão fúngica durante 2 minutos, havendo somente o contato com
193 insetos. Em seguida, os casais foram acondicionados individualmente em gaiolas plásticas
194 (7,40 cm de altura \times 35,0 cm de diâmetro) forradas com papel filtro contendo dieta já descrita
195 e um pedaço de tecido tipo ‘tule’ como substrato para oviposição. Para cada casal ($n=25$)
196 foram registrados diariamente em até sete dias o número de ovos/fêmea, número de
197 posturas/fêmea e a mortalidade (%).

198 As testemunhas de todos os bioensaios do experimento 1 foram constituídas por
199 ovos, ninfas (3^o instar) e adultos sem tratamento fúngico e tratamento com Tween 80[®] a
200 0,01% com mesmo volume e tempo de exposição das suspensões fúngicas.

201 **Experimento 2 - Seletividade de isolados fúngicos ao parasitoide *Telenomus podisi***

202 Os isolados de *M. anisopliae* (CG 168 e IBCB 425) foram selecionados para a
203 montagem de dois bioensaios em réplicas com tratamento de ovos de *E. heros* em pré e pós-
204 parasitismo baseados no estudo de patogenicidade e virulência avaliados no experimento 1.
205 Os isolados foram cultivados e realizados testes de viabilidade para o preparo das suspensões
206 nas mesmas condições conforme descrito anteriormente. Nos dois bioensaios, duas
207 testemunhas foram utilizadas e constituídas por ovos sem tratamento e ovos tratados com
208 2,5 mL de Tween 80[®] a 0,01% por 1 minuto.

209 **Bioensaio 1. Efeito dos fungos entomopatogênicos no parasitismo de *Telenomus podisi***
210 **(pré-parasitismo) em teste sem chance de escolha**

211 Ovos de *E. heros* (n=50) com menos de 24 horas de desenvolvimento embrionário
212 foram tratados em um béquer por 1 minuto com 2,5 mL de suspensão fúngica a uma
213 concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL + 0,01% de Tween 80[®]. Após a imersão, os
214 ovos foram secos em temperatura ambiente por 1 hora, e em seguida fixados com cola branca
215 atóxica em cartela branca de cartolina (n=20) (5,0 cm × 0,8 cm).

216 Em seguida, com a secagem da cola, as cartelas foram colocadas em tubos de vidro
217 de fundo chato (10 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) contendo em seu interior um casal de
218 *Te. podisi* com até 72 horas após a emergência, sem alimento e sexado de acordo com
219 dimorfismo das antenas, a fim de que a fêmea realizasse o parasitismo por 24 horas. Após
220 o período de parasitismo, o casal foi retirado e os tubos foram vedados com filme de
221 policloreto de vinila (PVC) e acondicionados em estante de tubos em sala de criação com
222 ambiente controlado ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 5\%$ e 12h de fotofase) (Battisti et al., 2020).

223 **Bioensaio 2. Seletividade de fungos entomopatogênicos para o estágio larval de**
224 ***Telenomus podisi* (pós-parasitismo).**

225 Ovos de *E. heros* (n=50), sem tratamento fúngico, fixados em cartelas de cartolina
226 (n=20) foram oferecidos para um casal de *Te. podisi* para o parasitismo por 24h. Após o
227 período de parasitismo, as cartelas foram retiradas dos tubos e tratadas com as suspensões
228 fúngicas com o mesmo volume e tempo de exposição do bioensaio 1. As cartelas foram secas
229 em temperatura ambiente por 1 hora e em seguida transferidas para novos tubos vidro de
230 fundo chato devidamente vedados com filme PVC.

231 Nos dois bioensaios, foram realizadas observações diárias até a emergência dos
232 parasitoides e avaliou-se as seguintes características biológicas: parasitismo (%), emergência
233 (%), número de ovos parasitados não emergidos, número de fêmeas, número de machos e
234 razão sexual. O parasitismo foi constatado pela coloração enegrecida dos ovos, devido à
235 deposição de sais de urato da excreção das larvas conforme descrito por Cònsoli (1997).

236 **Delineamento experimental e análises matemáticas e estatísticas**

237 O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) para o experimento de
238 patogenicidade e virulência de isolados entomopatogênicos na fase de ovo, ninfal (3^o instar)
239 e adulta de *E. heros*, bem como, para o de seletividade ao parasitoide, *T. podisi*. No
240 experimento de seletividade ao parasitoide foram realizadas análises matemáticas, no qual o
241 percentual de parasitismo para cada tratamento e controle foram calculados considerando o
242 número de ovos por cartela (50) como 100%.

243 A emergência em percentagem foi calculada como: $Pe = \frac{Te}{To} \times 100$, onde, Pe é a
244 percentagem de emergência; Te é o total emergido; e To é o total de ovos parasitados. A
245 razão sexual foi calculada como: $R = \frac{Fe}{Me+Fe}$, de acordo com a equação relatada por Pastori
246 et al., (2010), onde, R é a razão sexual da prole; Me é o total de machos emergidos; e Fe é o
247 total de fêmeas emergidas.

248 Antes das análises estatísticas, usando o programa R (R Core Team 4.1.3), todos
249 dados do experimento foram testados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-
250 Smirnov e homogeneidade de variâncias pelo teste de Hartley. Os dados que apresentaram
251 distribuição normal ($p>0,05$) foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando
252 significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
253 Dados que não seguiram normalidade foram analisados pelo teste não paramétrico de
254 Kruskal-Wallis.

255 Alguns dados como viabilidade ninfal, número de ovos/fêmea e número de
256 postura/fêmea foram estimados a partir de modelos lineares generalizados (GLM, família
257 quasibinomial). Para determinar diferenças entre os tratamentos, foi utilizada análise de
258 contraste utilizando o pacote *RT4Bio* e o comando *coms*.

259

260

Resultados e Discussão

261 Este estudo fornece informações sobre a patogenicidade e virulência de fungos
262 entomopatogênicos sobre o percevejo-marrom da soja e seletividade ao parasitoide de ovos,
263 *Te. podisi* realizado em condições de laboratório, pois a liberação da comercialização *Te.*
264 *podisi* como produto microbiológico em lavouras de soja no Brasil foi publicada em
265 especificação de referência pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no
266 Brasil em setembro de 2019 (Mapa, 2019).

267 A literatura relata várias pesquisas com *E. heros* quanto ao uso de fungos
268 entomopatogênicos (Sosa-Gómez & Moscardi, 1998; Oliveira et al., 2016; Nora et al., 2020;
269 Resquín-Romero et al., 2020) e de *T. podisi*, no entanto esses estudos foram realizados de
270 maneira isolada (Agüero & Neves, 2014; Battisti et al., 2020; Battisti et al., 2022). Nesse
271 sentido, estudos com o uso dos agentes de controle em conjunto abrem perspectivas para o
272 manejo de *E. heros* com o uso do controle biológico na cultura da soja no Brasil.

273 Ao analisar o efeito do tratamento fúngico por imersão nos ovos de *E. heros*,
274 verificou-se que o isolado CG 168 influenciou negativamente na viabilidade de ovos de *E.*
275 *heros*. Os resultados mostraram que o isolado CG 168 de *M. anisopliae* exibiu drástica
276 redução (1,60%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 1). Além disso,
277 foi observado crescimento micelial do isolado fúngico sobre os ovos de *E. heros* em cerca
278 de seis dias após o tratamento (Figura 2).

279 Ao analisar o efeito do tratamento fúngico por imersão nos ovos de *E. heros*,
280 verificou-se que o isolado CG 168 influenciou negativamente na viabilidade de ovos de *E.*
281 *heros*. Os resultados mostraram que o isolado CG 168 de *M. anisopliae* exibiu drástica
282 redução (1,60%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 1). Além disso,
283 foi observado o crescimento superficial do isolado fúngico sobre os ovos de *E. heros* em
284 cerca de seis dias após o tratamento (Figura 2).

285 Essa constatação, sugere que o isolado foi capaz de penetrar o córion, desenvolver-
286 se dentro do ovo e produzir novos conídios em sua superfície, assim como foi observado por
287 Garcia et al. (2005) e Sousa et al. (2021) com isolados do gênero *Metarhizium* em ovos de
288 *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) e *Aedes aegypti* (L.) (Diptera:
289 Culicidae), respectivamente.

290 O uso de *M. anisopliae* (isolado CG 891) sobre ovos de *Tibraca limbativentris* Stal
291 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) foi utilizado por Rampelotti et al. (2007) que afirmaram
292 que essa fase é suscetível ao fungo, apresentando valores de Tempo Letal médio (TL50) de
293 5,53 dias e percentual de contaminação de 83%. Além disso, os autores evidenciaram que
294 nenhuma ninfa eclodida atingiu o segundo instar de desenvolvimento. Quintela et al. (2009)
295 ao avaliar os efeitos do isolado CG 168 de *M. anisopliae* sobre ovos de *T. limbativentris* nas
296 concentrações de 10^5 , 10^6 , 10^7 , 10^8 conídios/mL, verificaram a inviabilidade dos ovos em
297 30, 65, 75 e 95%, respectivamente.

298 A fase de ovo, segundo Silva et al. (2015) é o estágio mais suscetível para que
299 ocorra a infecção causada por fungos entomopatogênicos. A suscetibilidade nessa fase é
300 atribuída devido à falta de moléculas fungistáticas nos ovos como exemplo de aldeídos a,b-
301 insaturados. Os autores ao testarem o isolado fúngico CG 168 em ovos com 5 dias de idade
302 de *T. limbativentris* nas concentrações de 5×10^6 e 5×10^7 conídios. mL⁻¹, observaram que
303 houve diminuição na viabilidade dos ovos (3,8%) em comparação com o controle constituído
304 por Tween 80 (93,8%). As ninfas que ainda eclodiram foram infectadas por *M. anisopliae*
305 resultando em nenhum indivíduo vivo.

306 Para as ninfas de 3^o instar de *E. heros*, todos os isolados foram patogênicos,
307 causando mortalidade em até 86% dos indivíduos avaliados. Entre os isolados fúngicos foi
308 observada diferença no grau de virulência sobre as ninfas de 3^o instar de *E. heros*. Notou-se
309 que a mortalidade de ninfas de 3^o instar tratadas com os isolados fúngicos CG 168 e LPP
310 129 foi superior a 80% quando comparados com IBCB 425 e LPP S1 (Figura 3).

311 Além disso, constatou-se que houve diferença significativa na virulência dos
312 isolados pertencentes da mesma espécie (*M. anisopliae* – CG 168 e IBCB 425) e (*B. bassiana*
313 – LPP 129 e LPP S1) e quando se comparou com as testemunhas, todos diferiram
314 significativamente em relação ao controle (4%) e Tween 80[®] a 0,01% (6%) demonstrando
315 que o espalhante adesivo Tween 80[®] não causa efeito negativo sobre as ninfas e que a
316 mortalidade acima de 6% depende do isolado contido na suspensão fúngica (Figura 3).

317 Ao analisar a proporção da viabilidade de ninfas de 4^o instar de *E. heros*, após a
318 infecção de ninfas de 3^o instar, os isolados fúngicos diferiram entre si e apresentaram menor
319 viabilidade quando comparados com as testemunhas (Figura 4). Os isolados LPP 129 (0,25)
320 e CG 168 (0,33) afetaram drasticamente na proporção de ninfas viáveis, sendo que mais de
321 50% das ninfas avaliadas não atingiram o 4^o instar devido a intensa colonização do patógeno
322 no interior do inseto e posterior morte (Figura 5).

323 Além disso, foi observado que diferentes isolados da mesma espécie comportam-
324 se de maneira diferente em relação a patogenicidade. Isolados de uma mesma espécie de
325 fungo podem variar de maneira expressiva em sua capacidade de infectar, colonizar e matar
326 o hospedeiro devido a quantidade de enzimas produzidas que degradam a cutícula do inseto
327 (Mascarin & Jaronski, 2016; Qu & Wang, 2018; Souza et al., 2020). Essa variabilidade é
328 reflexo da evolução da especificidade do patógeno com o hospedeiro, o que pode resultar
329 em formas diferentes de virulência por conta dos processos de infecção e colonização (Joop
330 & Vilcinskas, 2016).

331 Em lavouras de soja, a presença de ninfas de 3^o instar de *E. heros* pode ser um
332 problema no manejo do percevejo-marrom, pois é nesse estágio em que a atividade alimentar
333 representa danos significativos (Tessmer et al., 2022). Nesse sentido, sugere-se que com o
334 monitoramento da população do percevejo na lavoura e a partir de estudos a serem realizados
335 em condições campo, o produtor poderá fazer o uso de isolados fúngicos para interromper a
336 mudança de estágio de ninfas de *E. heros* de 3^o para o 4^o instar.

337 O uso e eficiência de fungos entomopatogênicos na fase ninfal de pentatomídeos
338 fitófagos já foi observada por Rampelotti et al. (2007) com *M. anisopliae* (CG 891) sobre as
339 fases do desenvolvimento de *T. limbativentris* em condições de laboratório e demonstraram
340 que ninfas de 2^o e 3^o instar são mais suscetíveis à infecção do que as ninfas de 4^o e 5^o instar.

341 Um outro estudo de Parker et al. (2015) com uso do bioinseticida comercial
342 (BotaniGard®) a base de *B. bassiana* sobre ninfas de 2^o instar de *Halyomorpha halys* (Stål,
343 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) observaram que a mortalidade de 80% e 100% foi
344 atingida em 9 e 12 dias após o tratamento, respectivamente.

345 Os adultos de *E. heros* foram suscetíveis a todos os isolados fúngicos com a
346 concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL (Figura 6) sem diferenças significativas entre
347 os isolados, diferindo das testemunhas controle (25%) e Tween 80 (22,5%). O isolado CG

348 168 foi responsável por ocasionar 95% de mortalidade de adultos de *E. heros* em sete dias
349 após o tratamento (Figura 6 e 7). Esse resultado sugere que os conídios dos isolados fúngicos,
350 quando em processo de germinação, são capazes de superar as defesas químicas do
351 hospedeiro que incluem compostos antifúngicos que se encontram nas ceras epicuticulares
352 e compostos voláteis tóxicos produzidos pelas glândulas metatorácicas (Lopes et al., 2015;
353 Silva et al., 2015).

354 Um dos trabalhos pioneiros realizados em laboratório e campo de suscetibilidade de
355 pentatomídeo foi realizado por Sosa-Gómez & Moscardi (1998), no qual demonstraram que
356 o isolado de *B. bassiana* (CNPSO-Bb56) foi menos eficiente no controle de *P. guildinii*, *N.*
357 *viridula* e *E. heros* quando comparado com o isolado de *M. anisopliae* (CNPSO-Ma12). Na
358 comparação da eficiência do controle de *M. anisopliae* entre as espécies de percevejos,
359 notou-se que *E. heros* foi menos suscetível, enquanto *P. guildinii* foi a espécie mais
360 suscetível.

361 Zambiazzi *et al.* (2012) em estudo com adultos de *E. heros* submetidos a inoculação
362 de *B. bassiana* em diferentes concentrações (1×10^8 e 5×10^6 conídios/mL), constataram
363 100% de adultos mortos em nove dias para a maior concentração e 95% em 11 dias para
364 menor concentração.

365 A eficiência do isolado CG 168 foi reportada por Quintela et al. (2013) na concentração
366 de 5×10^8 conídios/mL em adultos de *T. limbativentris*, no qual causou > 50% de
367 mortalidade em adultos. Além disso, a eficiência de CG 168 aumentou quando combinado
368 com doses subletais de tiametoxam ou lambda-cialotrina. Outro estudo, com o mesmo
369 isolado, realizado por Silva et al. (2015), nas concentrações de 5×10^6 e 5×10^7 conídios/mL,
370 observaram que os adultos foram mais resistentes ao isolado em todas as concentrações
371 quando comparado com ovos e ninfas durante 9 dias após a inoculação. Os autores
372 apontaram que a resistência dos adultos é devido a produção de extratos brutos de glândulas

373 odoríferas exócrinas que prejudicam a germinação de esporos, crescimento vegetativo e
374 esporulação.

375 Mais recentemente, Nora et al. (2020) constataram a eficiência de 100% no controle
376 de adultos de *E. heros* após 15 dias da inoculação no dorso dos percevejos de *B. bassiana*
377 (isolados UFSM-1, UFSM-2 e UFSM-26) à uma concentração de 1×10^8 conídios/mL. Na
378 mesma concentração fúngica, Silva-Santana et al. (2021) também observaram alta
379 mortalidade de adultos de *E. heros* (96%) após 14 dias de inoculação com o isolado Unioeste
380 76 de *B. bassiana*.

381 Ao analisar a oviposição de fêmeas de *E. heros* tratadas com fungos
382 entomopatogênicos, observou-se diminuição no número de ovos durante sete dias após a
383 inoculação com o isolado LPP 129 (24,80) que não diferiu da testemunha Tween 80 (16,30)
384 e que diferiram dos outros tratamentos (Figura 7).

385 Os isolados IBCB 425 (54,70) e LPP S1 (62,20) não influenciaram negativamente na
386 oviposição quando comparado ao controle (48,20) (Figura 8). Contudo foi observado
387 desenvolvimento fúngico após cinco dias da oviposição em alguns ovos de fêmeas de *E.*
388 *heros* tratadas com o isolado IBCB 425 (Figura 9), fato esse apenas encontrado no referido
389 estudo.

390 Em relação ao número de posturas por fêmea de *E. heros* após sete dias da inoculação
391 dos isolados fúngicos, foi observado aumento quando as fêmeas foram tratadas com os
392 isolados IBCB 425 e LPP S1, que não diferiram entre si, diferindo somente quando
393 comparados com os demais tratamentos (Figura 10).

394 Os resultados referentes ao efeito dos fungos entomopatogênicos sobre a oviposição
395 das fêmeas de *E. heros*, apontam que o isolado de *B. bassiana* LPP 129 provavelmente afeta
396 o potencial reprodutivo das fêmeas e que o isolado de *M. anisopliae* IBCB 425 pode ser
397 capaz de inviabilizar os ovos das fêmeas de *E. heros*. Nesse sentido, sugere-se que o possível

398 uso desses isolados em uma bioformulação pode trazer um aporte novo para novos
399 bioprodutos a serem lançados no mercado fitossanitário.

400 No que se refere ao parasitoide de ovos, pode-se observar que *Te. podisi* parasita e
401 se desenvolve em ovos de *E. heros* previamente tratados e não tratados com *M. anisopliae*.
402 No entanto, os isolados de *M. anisopliae* afetaram as características biológicas quanto ao
403 parasitismo, emergência, número de ovos parasitados não emergidos e número de fêmeas
404 quando pulverizados antes do parasitismo (Tabela 1). No pós-parasitismo, também se
405 observou diferenças significativas apenas no parasitismo e no número de fêmeas (Tabela 1).

406 O parasitismo de *Te. podisi* foi maior quando ovos de *E. heros* foram previamente
407 tratados com o isolado CG 168 (73,44%) que não diferiu das testemunhas, porém a
408 emergência foi afetada (73,20%) quando comparada com os demais tratamentos (Tabela 1).
409 Para o isolado CG 168, pode-se inferir que a suspensão fúngica foi capaz de penetrar nas
410 duas camadas protetoras (córion) do ovo do hospedeiro e da fase embrionária do parasitoide,
411 acarretando interferência no desenvolvimento larval e refletindo na emergência dos adultos.

412 A aplicação do isolado IBCB 425, afetou o comportamento do parasitismo
413 realizado pelas fêmeas de *Te. podisi* (48,55%) quando comparado com os demais
414 tratamentos, porém a emergência dos adultos (90,97%) não foi comprometida (Tabela 1). A
415 diferença no parasitismo em relação aos demais tratamentos indica que a presença de
416 conídios do isolado IBCB 425 sobre os ovos de *E. heros* causou repelência nas fêmeas de *T.*
417 *podisi* e comprometeu o comportamento de postura.

418 Nesse sentido, sugere-se que fêmeas de *Te. podisi* podem identificar hospedeiros
419 contaminados por fungo, dependendo do isolado entomopatogênico, evitando assim que
420 ovos sejam parasitados. Potrich et al. (2017) observaram em teste de livre escolha com
421 *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta*

422 *kuehniella* (Zeller) o mesmo comportamento observado neste estudo com os isolados
423 Unioeste 43 e ESALQ 1641 de *M. anisopliae*.

424 Fêmeas de *Te. podisi* quando entram em contato com os ovos, geralmente, por meio
425 do contato físico de suas antenas e sensilas de seu aparelho bucal examinam o hospedeiro.
426 A partir disso, desenvolvem uma série de comportamentos que incluem o reconhecimento,
427 a aceitação e a adequação do hospedeiro que culminam com a oviposição ou não. Estes
428 comportamentos são objeto de seleção para otimizar a oviposição e o desenvolvimento da
429 sua prole (Vinson, 1984).

430 Em estudo semelhante, Agüero & Neves (2014) verificaram que a pulverização do
431 isolado UEL 50 de *M. anisopliae* sobre ovos não parasitados de *E. heros* não reduziu o
432 parasitismo (73,66%) de *Te. podisi* e a emergência dos ovos parasitados (68,80%). Battisti
433 *et al.* (2020) ao comparar produtos orgânicos formulados e comercializados em ovos não
434 parasitados de *E. heros* por *Te. podisi* constataram que o Metarril não afetou o parasitismo
435 (66,00 %) e a emergência (81,93 %) dos parasitoides.

436 Em outro estudo com produtos químicos e biológicos na cultura do arroz, Pazini *et*
437 *al.* (2016) observaram que o Metarril não interferiu no número de ovos de *E. heros*
438 parasitados por *Te. podisi* e *Tr. pretiosum* em relação ao controle e que o produto foi
439 classificado como inofensivo (classe 1), com redução do parasitismo não superior a 10%
440 para ambos os parasitoides.

441 Já em pós parasitismo, quando os ovos de *E. heros* foram tratados com o isolado
442 IBCB 425, observou que não houve diferença significativa no parasitismo (67,50%) em
443 comparação com a testemunha controle (68,62%) (Tabela 1). O isolado CG 168 diminuiu o
444 parasitismo das fêmeas de *Te. podisi* (45,25%), não diferindo do tratamento Tween 80 e
445 diferindo dos demais. A emergência, para ambos os isolados, não foi afetada quando
446 comparado com as testemunhas. Nosso estudo aponta que isolados de uma mesma espécie

447 podem se comportar de maneira diferente sobre o inimigo natural da praga-chave *E. heros*,
448 de forma que o desenvolvimento do parasitoide é prejudicado.

449 A interferência no parasitismo das fêmeas de *Te. podisi* ocasionado por *M.*
450 *anisopliae* CG 168, possivelmente ocorreu devido aos efeitos negativos que o isolado
451 promoveu na fisiologia do parasitoide. Esses efeitos podem ser o desequilíbrio na produção
452 de hormônios da ecdise, alteração na histogênese, melanização cuticular, interferência
453 durante a mitose e ruptura mitocondrial (Moreira et al., 2010).

454 A melanização cuticular dos ovos ocorre na fase de pré-pupa, no qual o ovo passa
455 a apresentar coloração enegrecida através do acúmulo de sais de urato, processo esse
456 responsável pela identificação do parasitismo (Cônoli, 1997). Logo, possivelmente houve
457 a morte da larva de *Te. podisi* pelo fungo *M. anisopliae* CG 168, o que impediu a mudança
458 da coloração dos ovos.

459 Assim como a emergência em um teste de pós-parasitismo na fase larval pode não
460 ser afetada, dependendo do isolado fúngico e do hospedeiro, Amaro et al. (2015) em teste
461 sem chance de escolha com aplicação de Metarril na fase pupal (92 horas após parasitismo),
462 observaram que não houve redução na emergência de *Tr. pretiosum*. Já no trabalho de
463 Agüero & Neves (2014), a emergência dos parasitoides foi afetada após a pulverização da
464 suspensão 1×10^9 conídios viáveis/mL + 0,01% de Tween 80 de *M. anisopliae* (Isolado UEL
465 50) sobre ovos de *E. heros* por *Te. podisi* em fase de pupa.

466 Pode-se notar que houve aumento nos ovos parasitados não emergidos quando os
467 ovos de *E. heros* foram tratados com o isolado CG 168 (9,94) e posteriormente parasitados
468 por *Te. podisi*, apresentando diferença significativa com os demais tratamentos (Tabela 1).
469 Isso demonstra que a presença de conídios do isolado CG 168 no interior do ovo do
470 hospedeiro afetou o desenvolvimento do parasitoide (Tabela 1).

471 O número de fêmeas do parasitoide *Te. podisi* obtidas de ovos de *E. heros* em pré
472 e pós-parasitismo tratados com fungos entomopatogênicos apresentou diferenças
473 significativas entre os tratamentos analisados (Tabela 1). No pré-parasitismo, o isolado
474 IBCB 425 (16,83 %) diferiu da testemunha controle e apresentou o menor número de fêmeas,
475 enquanto o CG 168 (19,88%) apresentou comportamento intermediário assim como a
476 testemunha Tween 80 (Tabela 1). No pós-parasitismo, o isolado CG 168 reduziu o número
477 de fêmeas da prole (15,31%) quando comparado com IBCB 425 (24,43%) que não diferiu
478 da testemunha controle (Tabela 1).

479 Para o número de machos não houve diferenças significativas entre os tratamentos,
480 assim como para a razão sexual (Tabela 1). Potrich et al. (2017) ao comparar isolados de *M.*
481 *anisopliae* (Unioeste 43 e ESALQ 1641) sobre ovos de *A. kuehniella* após 24 horas de
482 parasitismo de *Tr. pretiosum*, observaram que não houve efeito na razão sexual quando ovos
483 parasitados foram tratados com os isolados. A razão sexual é um parâmetro importante para
484 o sucesso em programas de controle biológico aplicado, pois quando é próxima de 1 indica
485 que haverá maior emergência de fêmeas e, portanto, espera-se maior parasitismo (Bueno et
486 al., 2009).

487 Em outro estudo de pós-parasitismo realizado por Battisti *et al.* (2020) observaram
488 que após 24 horas de parasitismo de *Te. podisi*, a aplicação de Metarril sobre ovos
489 parasitados não interfere no número de fêmeas e de machos, bem como na razão sexual da
490 prole quando comparada a testemunha e a outro fungo entomopatogênico comercial a base
491 de *B. bassiana*, Boveril (Isolado ESALQ-PL63).

492 O isolado CG 168, originalmente isolado do percevejo-do-colmo do arroz *T.*
493 *limbativentris* (Silva et al., 2013), destacou-se como eficiente no controle do percevejo-
494 marrom em todas as fases de desenvolvimento de *E. heros*. Quando usado associado com
495 *Te. podisi* em ovos de *E. heros* antes do parasitismo sem nenhum intervalo entre o uso dos

496 agentes biológicos, constatou-se que não houve repelência das fêmeas do parasitoide sobre
497 os ovos de *E. heros* com os conídios do fungo, entretanto a emergência da prole foi
498 prejudicada em quase 30%.

499 Em um programa de controle biológico, a permanência da densidade populacional do
500 parasitoide que controle a densidade da praga é imprescindível para o sucesso no manejo,
501 logo sugere-se que estudos em campo devem ser realizados com o isolado CG 168 associado
502 com a liberação do parasitoide *Te. podisi* em diferentes densidades populacionais, assim
503 como o estudo de possível efeito subletal em outras gerações do parasitoide em laboratório.

504 Em outra estratégia de uso, após o parasitismo de 24 horas, o isolado CG 168 interfere
505 no desenvolvimento larval do parasitoide, de modo que os ovos parasitados apresentaram
506 redução abaixo de 50% de adultos sem que houvesse interferência na emergência. Diante
507 disso, *M. anisopliae* CG 168 não pode ser usado na fase larval de *Te. podisi*. Outros estudos
508 em laboratório, que avaliem o uso do CG 168 em ovos parasitados nas fases de pré- pupa e
509 pupa do parasitoide devem ser realizados com o intuito de verificar o tempo de aplicação do
510 isolado fúngico ou o uso em pós-parasitismo.

511 Os resultados deste estudo apontam *M. anisopliae* IBCB 425, isolado presente como
512 ingrediente ativo de muitos produtos biológicos comerciais e recentemente liberado para *E.*
513 *heros* pelo MAPA (Agrofit, 2022), apresentou um bom desempenho no controle de ovos e
514 adultos de *E. heros*. Somando-se a isso, foi constatado a seletividade do isolado a *T. podisi*,
515 apesar da repelência que as fêmeas sofrem no pré-parasitismo, o desenvolvimento da geração
516 F1 não foi afetada demonstrando que esses agentes de controle biológico podem ser
517 utilizados conjuntamente em estratégias de manejo do percevejo-marrom na soja.

518 Nesse sentido, o isolado IBCB 425 de *M. anisopliae* pode ser utilizado em conjunto
519 com *Te. Podisi* em lavouras de soja, desde que outros estudos em condições de laboratório
520 sejam realizados, levando em consideração os efeitos subletais nas próximas gerações do

521 parasitoide. Estudos em condições de campo também precisam ser realizados para confirmar
522 a seletividade, pois os testes de laboratório são feitos em condições totalmente controladas,
523 o que não ocorre em campo.

524

525 **Conclusões**

526 1. Todos os isolados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* foram patogênicos para *E. heros*
527 na fase ninfal (3^o instar) e adulta, entretanto com níveis de virulência distintos.

528 2. O isolado *M. anisopliae* CG 168 foi eficiente no controle de *E. heros* em todas as
529 fases de desenvolvimento (ovo, 3^o instar ninfal e adulta), não sendo seletivo ao *T. podisi* por
530 comprometer o desenvolvimento do parasitoide.

531 3. O isolado *M. anisopliae* IBCB 425 foi eficiente no controle de ovos e adultos de
532 *E. heros*, sendo seletivo para o parasitoide de ovos *T. podisi*.

533

534 **Agradecimentos**

535 A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
536 do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa ao primeiro autor. À Embrapa Arroz e
537 Feijão e Embrapa Soja pelo envio dos insetos e ao Instituto Biológico de Campinas, e à
538 Universidade Estadual Norte Fluminense pelo envio dos isolados fúngicos para a realização
539 da pesquisa.

540

541 **Referências**

542 AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em:
543 http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 maio.
544 2022.

545

546 AGÜERO, M. A. F.; NEVES, P. M. O. J. Seletividade de *Metarhizium anisopliae* a
547 *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 16,
548 n. 1, p. 21-28, 2014.

- 549
550 AMARO, J. T.; BUENO, A. F.; POMARI-FERNANDES, A. F.; NEVES, P. M. O. J.
551 Selectivity of organic products to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera:
552 Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 44, n. 5, p. 489-97, 2015.
- 553 BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H. R. de; LIMA, Y. R.
554 A. DE, BUENO, A. de F.; LOZANO, E. R. Selectivity of *Metarhizium anisopliae* and
555 *Beauveria bassiana* to adults of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina:
556 Ciências Agrárias**, Londrina, v. 43, n. 2, p. 727-738, 2022.
- 557
558 BATTISTI, L.; WARMLING, J. V.; VIEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. H.; LIMA, Y. R.;
559 POTRICH, M.; LOZANO, E. R. Side effects of organic products on *Telenomus podisi*
560 (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 113, n. 4, p.
561 1694-1701, 2020.
- 562
563 BORGES, M.; COLAZZA, S.; RAMIREZ-LUCAS, P.; CHAUHAN, K. R.; MORAES, M.
564 C. B.; RICHARD ALDRICH, J. Kairomonal effect of walking traces from *Euschistus heros*
565 (Heteroptera: Pentatomidae) on two strains of *Telenomus podisi* (Hymenoptera:
566 Scelionidae). **Physiological Entomology**, Londres, v. 28, n. 4, p. 349-355, 2003.
- 567
568 BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; DA SILVA, C. C. A.; MORAES, M. C. B.; DOS
569 SANTOS, H. M.; RIBEIRO, D. T. **Metodologias de criação e manejo de colônias de
570 percevejos da soja (Hemiptera-pentatomidae) para estudos de comportamento e
571 ecologia química**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 18 p.
572 (Documentos, n. 2006).
- 573
574 BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. Biological characteristics and
575 thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared
576 on eggs of *Pseudoplesia includens* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control**, San
577 Diego, v. 51, n. 3, p. 355-361, 2009.
- 578
579 CÔNSOLI, F. L. **Criação *in vitro* de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 e *T.
580 pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae): desenvolvimento de um ovo
581 artificial e aprimoramento de dietas artificiais**. Orientador: José Roberto Postali Parra.
582 1997. 153f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba,
583 1997.
- 584
585 FERREIRA, J. M. S. **Protocolo para produção massal de fungos entomopatogênicos i -
586 Beauveria bassiana (Vuill.)**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 26 p. (Boletim
587 de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 3).
- 588 GARCIA, M. V.; MONTEIRO, A. C.; SZABO, M. J. P.; PRETTE, N.; BECHARA, G.
589 H. Mechanism of infection and colonization of *Rhipicephalus sanguineus* eggs by
590 *Metarhizium anisopliae* as revealed by scanning electron microscopy and
591 histopathology. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s.l.], v. 36, p. 368-372, 2005.
- 592
593 GROTH, M. Z.; BELLE, C.; ZIMMER, G.; GROTH, M. Z.; KASPARY, T. E.; PIMENTEL,
594 J. R.; OLIVEIRA, I. G.; KOLESNY, V. M.; ZIMMER, P. D. Control of wheat stink bugs
595 (Hemiptera: Pentatomidae) in southern Brazil using the fungus *Metarhizium anisopliae*.
596 **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 11, n. 3, p. 360–366, 2017.
- 597

- 598 JOOP, G; VILCINSKAS, A. Coevolution of parasitic fungi and insect hosts. **Zoology**, [s.l.],
599 v. 119, n. 4, p. 350-358, 2016.
600
- 601 LOPES, R. B., LAUMANN, R. A., BLASSIOLI-MORAES, M. C., BORGES, M.; FARIA,
602 M. The fungistatic and fungicidal effects of volatiles from metathoracic glands of soybean-
603 attacking stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) on the entomopathogen *Beauveria*
604 *bassiana*. **Journal of Invertebrate Pathology**, New York, v. 132, n. 1, 77-85, 2015.
605
- 606 MARTINS, J. F. DA S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; QUINTELA, E. D. Eficiência
607 de *Metarhizium anisopliae* no controle do percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris*
608 (Heteroptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.
609 34, n. 6, p. 1681-1688, 2004.
610
- 611 MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as
612 microbial insecticide. **World J Microbiol Biotechnol.** [s.l.], v. 32, n. 177, p. 1-26, 2016.
613
- 614 MASCARIN, G. M.; QUINTELA, E. D. **Técnica de produção do fungo**
615 **entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para uso em controle biológico.** Santo
616 Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 17 p. (Documentos n. 289).
617
- 618 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA).
619 Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 25.** Brasília: MAPA, 4 de set.
620 2019. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-25-de-4-de-](https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-25-de-4-de-setembro-de-2019-215086090)
621 [setembro-de-2019-215086090](https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-25-de-4-de-setembro-de-2019-215086090). Acesso em: 11 de abr. 2022.
622
- 623 MOREIRA, M. D., M. C. PICANÇO, E. M. SILVA, S. C. MORENO, AND J. C.
624 MARTINS. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas, pp. 89–120. In: M.
625 VENZON, T. J. DE PAULA JR., AND A. PALLINI. **Controle alternativo de pragas e**
626 **doenças na agricultura orgânica.** Epamig/CTZM, Viçosa, Brasil.
627
- 628 NORA, D. D.; PIOVESAN, B. C.; BELLÉ, C.; STACKE, R. S.; BALARDIN, R. R.;
629 GUEDES, J. V. C.; MICHAUD, J. P.; JACQUES, R. J. S. Isolation and evaluation of
630 entomopathogenic fungi against the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.)
631 (Hemiptera: Pentatomidae) under laboratory conditions. **Biocontrol Science and**
632 **Technology**, Londres, v. 31, n. 1, p. 22-34, 2020.
633
- 634 OLIVEIRA, D. G. P.; DUDCZAK, A. C.; ALVES, L. F. A.; SOSA-GOMEZ, D. R.
635 Biological parameters of *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) and its
636 susceptibility to entomopathogenic fungi when fed on different diets. **Brazilian archives of**
637 **biology and technology.** Curitiba, v. 59, e16150141, 2016.
638
- 639 OLIVEIRA, D. H. R. De. **Patogenicidade e virulência de *Beauveria bassiana* e**
640 ***Metarhizium anisopliae* a *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae).** Orientador:
641 Everton Ricardi Lozano. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
642 Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.
643
- 644 PARKER, B. L.; SKINNER, M.; GOULI, S.; GOULI, V.; KIM, J. S. Virulence of
645 BotaniGard® to Second Instar Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stål)
646 (Heteroptera: Pentatomidae). **Insects**, Pisa, v. 6, n. 2, p. 319-324, 2015.

- 647
648 PASTORI, P. L.; MONTEIRO, L. B.; BOTTON, M.; PRATISSOLI, D. Efeito da idade do
649 parasitoide e do hospedeiro na reprodução de *Trichogramma pretiosum* Riley
650 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick)
651 (Lepidoptera: Tortricidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 349-
652 353, 2010.
- 653
654 PAZINI, J. D. B.; GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. D. S.; PASINI, R. A.;
655 RAKES, M. Selectivity of pesticides used in rice crop on *Telenomus podisi* and
656 *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 327-
657 335, 2016.
- 658
659 POTRICH, M.; ALVES, L. F. A.; LOZANO, E. R.; BONINI, A. K.; NEVES, P. M. O. J.
660 Potential side effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* on the egg
661 parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under controlled
662 conditions. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 110, n. 6, p. 2318-2324, 2017.
- 663
664 QU, S.; WANG, S. Interação de fungos entomopatogênicos com o sistema imunológico do
665 hospedeiro. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 83, n. 1, 96-103, 2018.
- 666
667 QUINTELA, E. D.; SILVA, R. A. da; REZENDE, J. M.; BARRIGOSI, J. Patogenicidade
668 de *Metarhizium anisopliae* a ovos e ninfas de *Tibraca limbativentris* (Heteroptera:
669 pentatomidae). In: Simpósio de Controle Biológico, 2009, Bento Gonçalves, RS. Tecnologia
670 e Conservação ambiental: **Resumos**. Bento Gonçalves, RS: Sociedade Entomológica do
671 Brasil: IRGA: Unisinos: Fiocruz, 2009.
- 672
673 QUINTELA, E. D., MASCARIN, G. M., DA SILVA, R. A., BARRIGOSI, J. A. F., & DA
674 SILVA MARTINS, J. F. (2013). Enhanced susceptibility of *Tibraca limbativentris*
675 (Heteroptera: Pentatomidae) to *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chemical
676 insecticides. **Biological Control**, San Diego, v. 66, n. 1, p. 56-64, 2013.
- 677
678 RAMPELOTTI, F. T.; FERREIRA, A.; PRANDO, H. F.; GRÜTZMACHER, A. D.;
679 MARTINS, J. F. DA S.; TCACENCO, F. A.; MATTOS, M. L. T. Patogenicidade de
680 *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin sobre as fases do desenvolvimento de *Tibraca*
681 *limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório. **Arquivos do**
682 **Instituto Biológico**, São Paulo, v.74, n.2, p.141-148, 2007.
- 683
684 RESQUÍN-ROMERO, G.; CABRAL-ANTÚNEZ, C.; SARUBBI-ORUE, H.; GARRIDO-
685 JURADO, I.; VALVERDE-GARCÍA, P.; SCHADE, M.; BUTT, T. M. Virulence of
686 *Metarhizium brunneum* (Ascomycota: Hypocreales) strains against stinkbugs *Euschistus*
687 *heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic**
688 **Entomology**, Annapolis, v. 113, n. 5, p. 2540-2545, 2020
- 689
690 SILVA, C. C.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI, M. C.; PAREJA, M.; BORGES, M.
691 *Euschistus heros* mass rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*.
692 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 43, n. 5, p. 575-580, 2008.
- 693
694
695

- 696 SILVA, R. A.; QUINTELA, E.D.; MASCARIN, G. M.; BARRIGOSI, J. A. F.; LAO, L.
697 M. Compatibility of conventional agrochemicals used in rice crops with the
698 entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.70, n.
699 3, p.152 - 160, 2013.
700
- 701 SILVA, R. A.; QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; PEDRINI, N.; LIÃO, L. M.;
702 FERRI, P. H. Unveiling chemical defense in the rice stalk stink bug against the
703 entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Invertebrate Pathology**,
704 New York, v. 127, p. 93-100, 2015.
705
- 706 SILVA-SANTANA, M. F.; ALVES, L. F. A.; FERREIRA, T. T.; BONINI, A. K. Selection
707 and characterisation of *Beauveria bassiana* fungus and their potential to control the brown
708 stink bug. **Biocontrol Science and Technology**, Londres, v. 32, n. 1, p. 90-102, 2021.
709
- 710 SMANIOTTO, L. F.; GOUVEA, A. de; POTRICH, M.; SILVA, E. R. L. da; SILVA, J. da;
711 PEGORINI, C. S. Seletividade de produtos alternativos a *Telenomus podisi* Ashmead
712 (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 1, n. 34, p. 3295-
713 3306, 2013.
714
- 715 SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Laboratory and Field Studies on the Infection of
716 Stink Bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera:
717 Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. **Journal of**
718 **Invertebrate Pathology**, New York, v. 71, n. 2, p. 115-120, 1998.
719
- 720 SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.;
721 CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J. (*in memoriam*); MOSCARDI, F. (*in memoriam*); PANIZZI,
722 A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e**
723 **outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 p.
724 (Documentos, n. 269).
725
- 726 SOSA-GÓMEZ, D., CORRÊA-FERREIRA, B., KRAEMER, B., PASINI, A., HUSCH, P.,
727 VIEIRA, C., MARTINEZ, C., LOPES, I. Prevalence, damage, management and insecticide
728 resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops.
729 **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 22, n. 2, p.99-118, 2020.
730
- 731 SOUSA, N. A. de; RODRIGUES, J.; ARRUDA, W.; HUMBER, R. A.; LUZ, C.
732 Development of *Metarhizium humberi* in *Aedes aegypti* eggs. **Journal of Invertebrate**
733 **Pathology**, New York, v. 184, n. 107648, 2021.
734
- 735 SOUZA, D. A. de, LOPES, R. B. L., HUMBER, R., & FARIA, M. Assessment of the
736 diversity of Brazilian entomopathogenic fungi in the genus *Beauveria*. **Journal of**
737 **Invertebrate Pathology**, New York, v. 171, n. 107339, 2020.
738
- 739 TESSMER, M. A.; KUHN, T. M. DE A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; LOPES, J. R.
740 S.; ERLER, G.; BONANI, J. P. Histology of damage caused by *Euschistus heros* (F.)
741 nymphs in soybean pods and seeds. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 51, n. 1, p. 112-
742 121, 2022.
743

744 TUELHER, E. S.; SILVA, E. H. da; RODRIGUES, H. S.; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.;
745 OLIVEIRA, E. E. Area-wide spatial survey of the likelihood of insecticide control failure
746 in the neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 91,
747 n. 2, p. 849-859, 2018.

748

749 VINSON, S. B. Parasitoid–host relationships. In: BELL, W. J; CARDÉ R. T. **Chemical**
750 **Ecology of Insects**. London: Chapman and Hall, 1984. cap.8, p. 205–233.

751 ZAMBIAZZI, E. V.; CORASSA, J. D. N.; GUILHERME, S. R.; BONALDO, S. M.
752 Controle biológico in-vitro do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) com *Beauveria*
753 *bassiana*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 2, 2012.

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

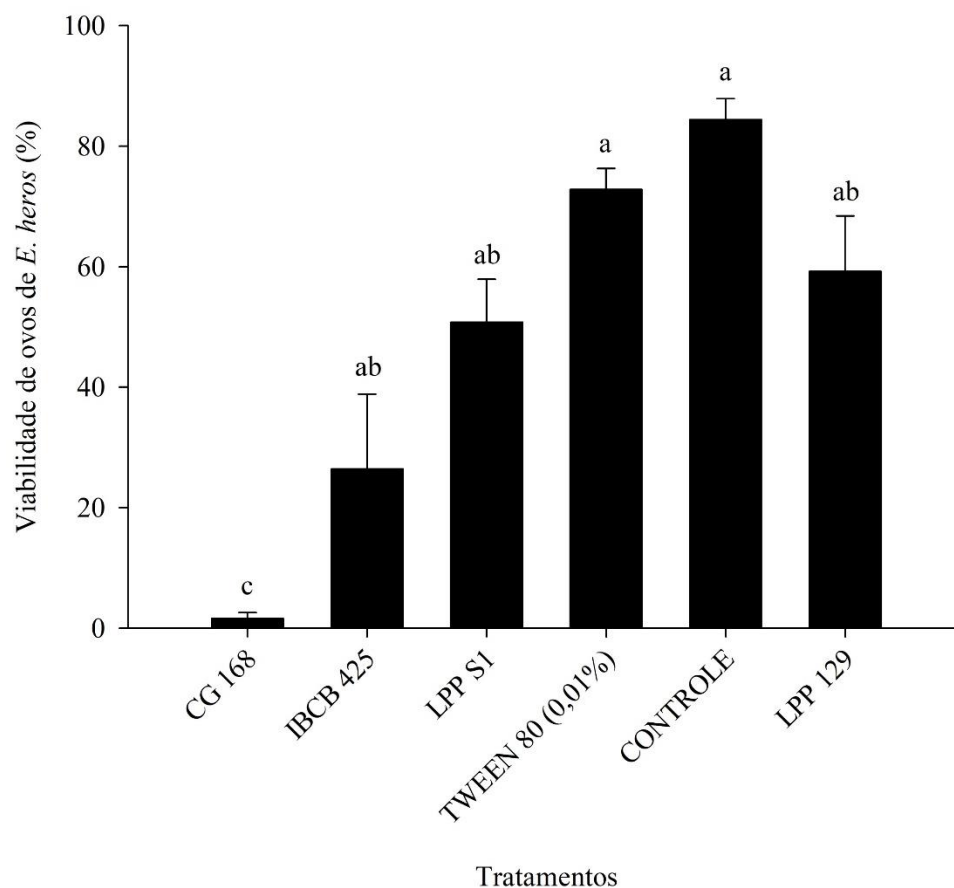
769

770

771

772

773 **Figura 1.** Viabilidade de ovos de *Euschistus heros* tratados com isolados de *Metarhizium*
774 *anisopliae* e *Beauveria bassiana* a uma concentração de 1×10^8 conídios/mL.



775

776 Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788 **Figura 2.** Ovos de *Euschistus heros* com crescimento fúngico do isolado CG 168 a uma
789 concentração de 1×10^8 conídios/mL.

790

791

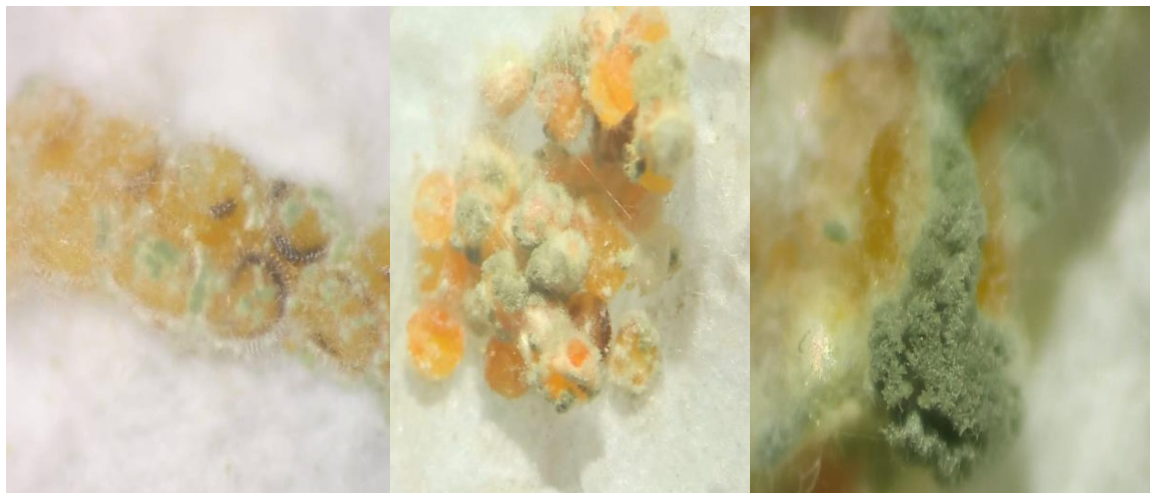
792

793

794

795

796



797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

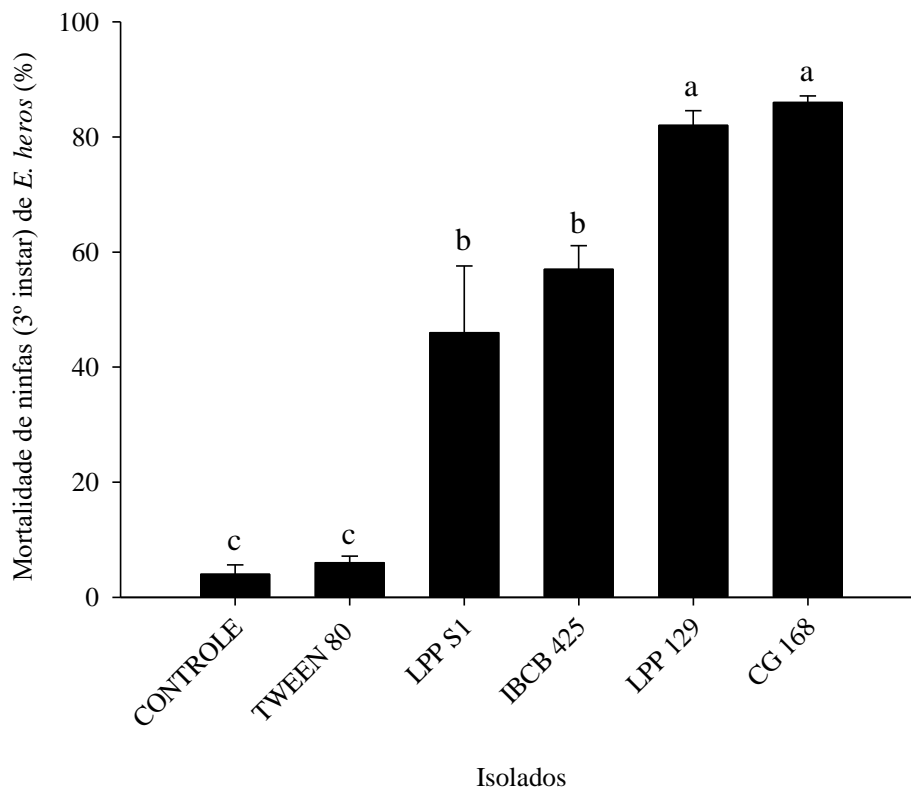
813

814

815

816 **Figura 3.** Mortalidade de ninfas 3^o instar de *Euschistus heros* após a aplicação de isolados
817 *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a uma concentração de 1×10^8 conídios
818 viáveis/mL.

819



820

821 Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

822

823

824

825

826

827

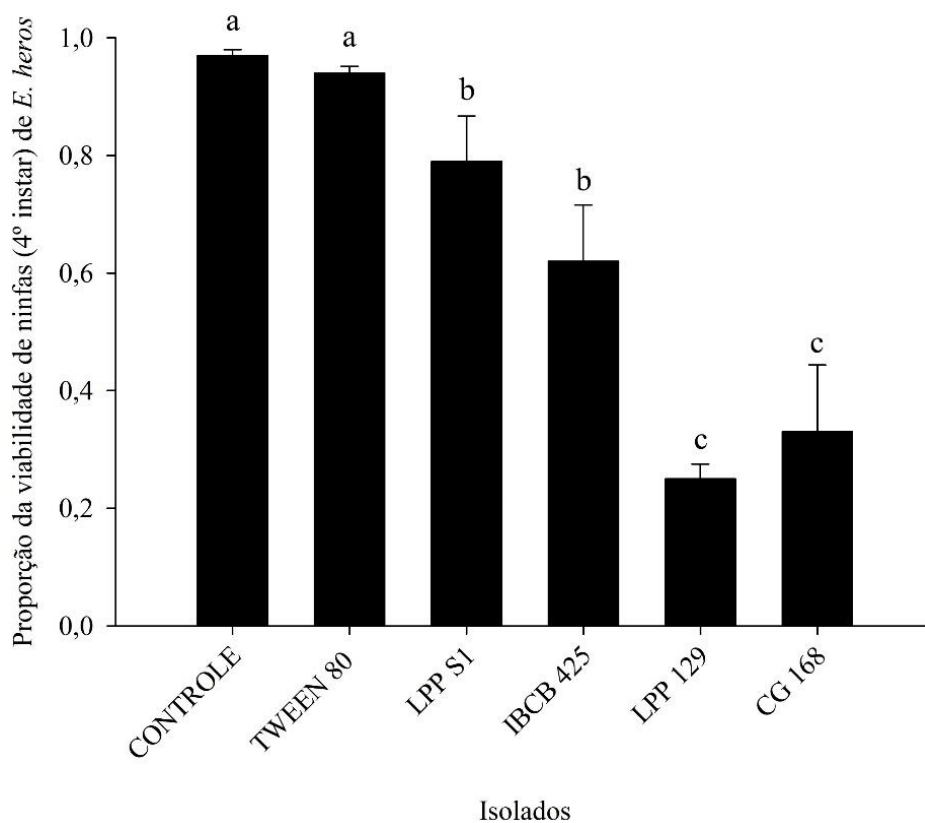
828

829

830

831

832 **Figura 4.** Proporção da viabilidade de ninfas 4^o instar de *Euschistus heros* após aplicação de
833 isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a uma concentração de 1×10^8
834 conídios viáveis/mL em ninfas 3^o instar.



835

836 Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos a partir do modelo linear generalizado
837 (GLM, família quasibinomial) ($p < 0,05$).

838

839

840

841

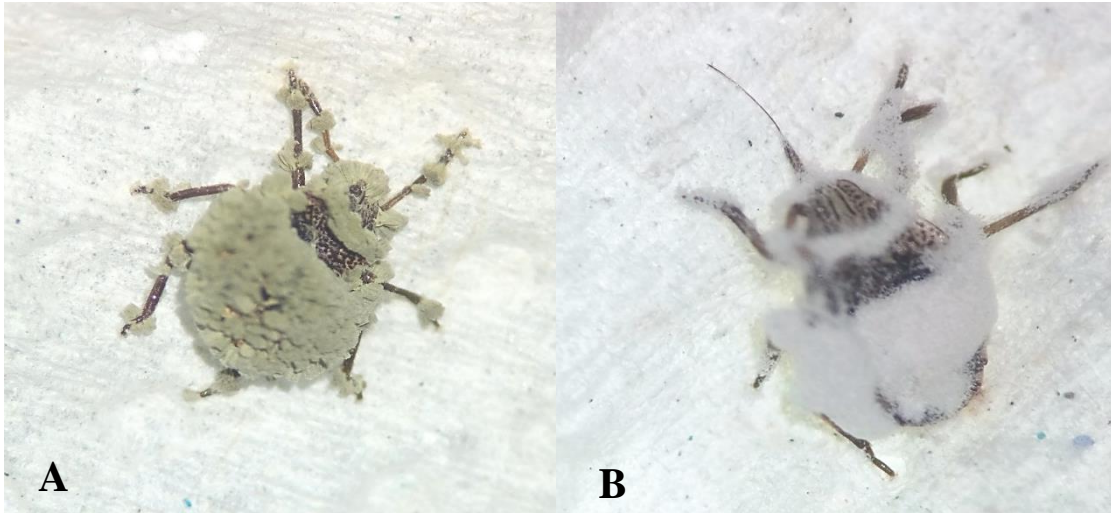
842

843

844

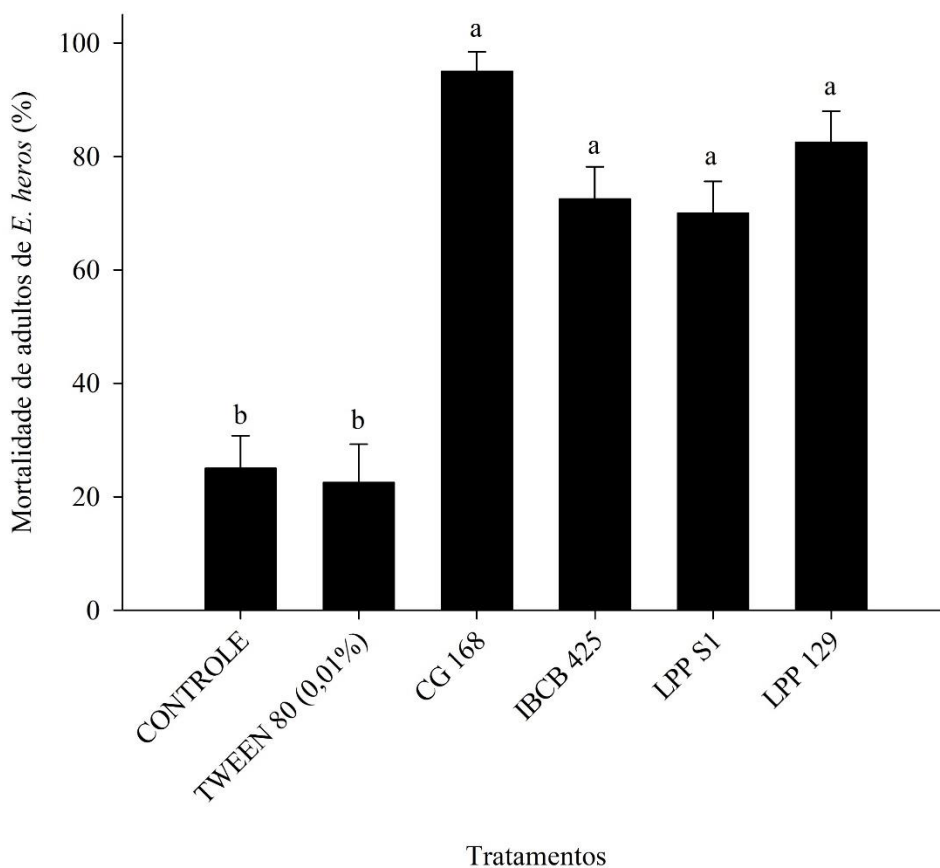
845

846 **Figura 5.** Conidiogênese dos isolados CG 168 de *Metarhizium anisopliae* (A) e LPP 129 de
847 *Beauveria bassiana* (B) na superfície corporal de ninfa de 3^o instar de *Euschistus heros* após
848 inoculação com 1×10^8 conídios viáveis/mL.



849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874

875 **Figura 6.** Mortalidade de adultos de *Euschistus heros* após a inoculação com isolados
876 *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a uma concentração de 1×10^8 conídios
877 viáveis/mL.



878

879 Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

880

881

882

883

884

885

886

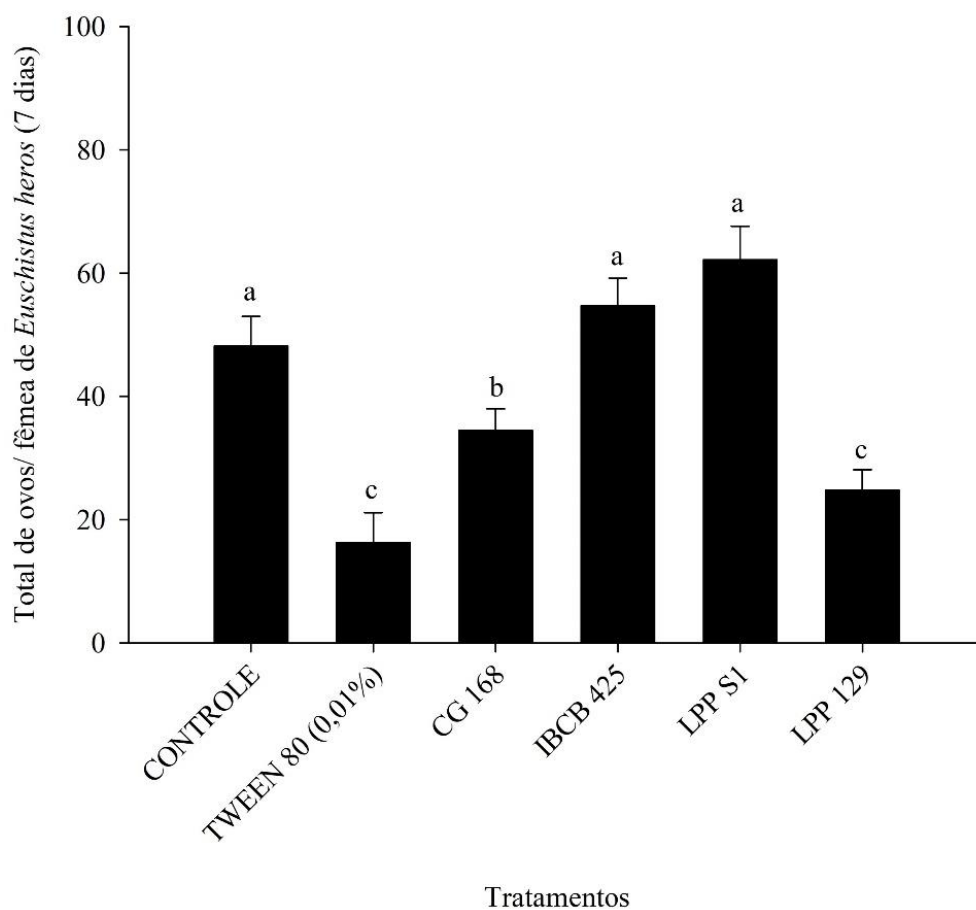
887

888 **Figura 7.** Conidiogênese do isolado CG 168 de *Metarhizium anisopliae* na superfície
889 corporal de adulto de *Euschistus heros* após inoculação com 1×10^8 conídios viáveis/mL.



908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919

920 **Figura 8.** Oviposição de fêmeas *Euschistus heros* após sete dias da inoculação com
921 *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* na concentração de 1×10^8 conídios
922 viáveis/mL.



923

Tratamentos

924

Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

925

926

927

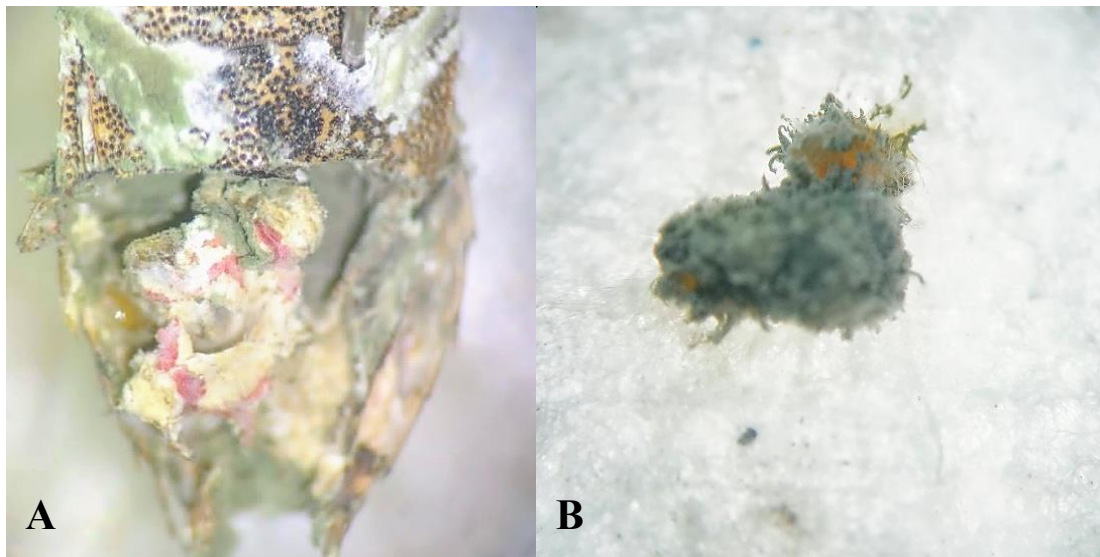
928

929

930

931

932 **Figura 9.** Fêmea de *Euschistus heros* inoculada com isolado IBCB 425 *Metarhizium*
933 *anisopliae*. A – Infecção do aparelho reprodutor pelo isolado fúngico IBCB 425. B – Ovos
934 com infecção fúngica provenientes de fêmea inoculada com IBCB 425.



935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

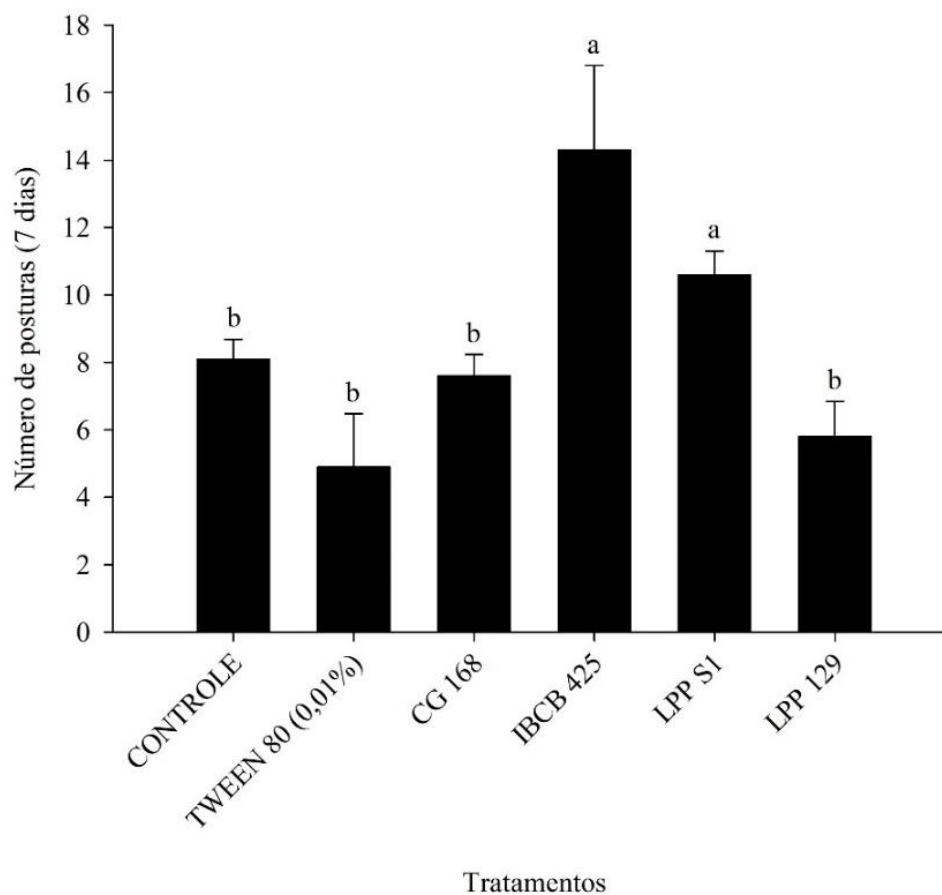
953

954

955

956

957 **Figura 10.** Número de posturas em 7 dias de fêmeas *Euschistus heros* inoculadas com
958 *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* na concentração de 1×10^8 conídios
959 viáveis/mL.



974 Letras distintas indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 1. Características biológicas (média \pm Erro Padrão) de *Telenomus podisi* obtidas em ovos de *Euschistus heros* tratados com *Metarhizium anisopliae* em pré e pós-parasitismo em condições de laboratório (Temp. $26 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h). São Luís, MA. 2022.

	Tratamentos	Parasitismo (%) ¹	Emergência (%) ²	Ovos parasitados não emergidos ²	Número de fêmeas ¹	Número de machos ²	Razão sexual ²
Pré-parasitismo	Controle	73,22 \pm 2,52 a	89,32 \pm 1,84 a	4,05 \pm 0,72 b	25,61 \pm 2,23 a	6,61 \pm 1,93 a	0,78 \pm 0,05 a
	Tween 80	66,22 \pm 4,20 a	92,39 \pm 1,65 a	2,61 \pm 0,61 b	22,27 \pm 2,66 ab	7,77 \pm 1,58 a	0,70 \pm 0,06 a
	CG 168	73,44 \pm 3,84 a	73,20 \pm 2,69 b	9,94 \pm 1,08 a	19,88 \pm 1,73 ab	6,88 \pm 1,15 a	0,73 \pm 0,04 a
	IBCB 425	48,55 \pm 2,64 b	90,97 \pm 2,34 a	2,27 \pm 0,69 b	16,83 \pm 1,88 b	5,16 \pm 1,70 a	0,76 \pm 0,06 a
	F/H	11,93*	24,72*	27,28*	2,96*	5,89 ^{ns}	3,58 ^{ns}
	<i>p</i> -Valor	0,000002	0,0001	0,0001	0,038	0,1168	0,3095
Pós-parasitismo	Controle	68,62 \pm 2,69 a	85,89 \pm 2,49 a	4,93 \pm 0,86 a	23,50 \pm 2,09 a	5,87 \pm 1,31 a	0,86 \pm 0,03 a
	Tween 80	53,12 \pm 2,81 b	89,83 \pm 1,85 a	2,75 \pm 0,49 a	18,43 \pm 2,35 ab	5,37 \pm 1,96 a	0,91 \pm 0,01 a
	CG 168	45,25 \pm 6,17 b	83,95 \pm 3,85 a	3,68 \pm 1,02 a	15,31 \pm 2,91 b	3,6 \pm 1,52 a	0,89 \pm 0,02 a
	IBCB 425	67,50 \pm 3,44 a	86,18 \pm 1,69 a	4,56 \pm 0,56 a	24,43 \pm 2,19 a	4,75 \pm 1,92 a	0,90 \pm 0,00 a
	F/H	17,89*	1,93 ^{ns}	1,59 ^{ns}	3,19*	4,60 ^{ns}	0,24 ^{ns}
	<i>p</i> -Valor	0,0005	0,5864	0,1990	0,0298	0,203	0,9694

¹ Médias (\pm EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

² Médias (\pm EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

^{ns} Não significativo nos testes de Tukey e Kruskal Wallis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico de pragas é uma alternativa sustentável para *E. heros* na cultura da soja, como forma de diminuir ou substituir o uso do controle químico que acarreta problemas ambientais, resistência de insetos e danos aos inimigos naturais. O uso de agentes microbiológicos e macrobiológicos nas lavouras tem crescido nos últimos anos com a inserção de novas estratégias no manejo de *E. heros*. Entretanto, trabalhos que relatam a associação desses agentes de controle biológico devem ser estudados, de forma que isolados microbiológicos sejam eficientes para praga-chave e seletivos aos inimigos naturais.

Este trabalho enriquece o conhecimento acerca do comportamento de diferentes espécies de isolados de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-marrom da soja, *E. heros*. Foi possível constatar na pesquisa que existe diferença na suscetibilidade do percevejo-marrom em diferentes fases do desenvolvimento, assim como o potencial de isolados fúngicos nunca antes estudados na literatura para o manejo *E. heros*.

O estudo de isolados fúngicos entomopatogênicos que já estão no mercado fitossanitário para o controle de *E. heros* sobre os inimigos naturais é de extrema importância quando se planeja a associação de agentes do controle biológico, já o parasitoide de ovos, *Te. podisi* pode vir apresentar efeitos letais e subletais quando em contato com inseticidas químicos. As informações disponíveis nesta dissertação a respeito do uso de produtos fitossanitários microbiológicos elucidam como a associação pode ser benéfica dependendo do isolado fúngico como ingrediente ativo.

De forma geral, necessita-se obter conhecimentos sobre as relações praga-fungo-parasitoide para uso em futuro programa de controle biológico com objetivo de aumentar a eficácia no controle de insetos-praga. Por esse viés, estudos futuros em laboratório e em nível de campo são convenientes, pois as informações geradas, irão auxiliar no desenvolvimento de estratégias que poderão ser usadas por profissionais e agricultores no Manejo Integrado de Pragas da cultura da soja no Brasil.