

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Ooencyrtus submetallicus*
(HYM.: ENCYRTIDAE) PARA MANEJO DE *Euschistus
heros* (HEM.: PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA**

VALERIA FREITAS CHAVES

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2026**

**DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYM.:
ENCYRTIDAE) PARA MANEJO DE *Euschistus heros* (HEM.:
PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA**

VALERIA FREITAS CHAVES

Bacharel em Biotecnologia e Mestra em Agronomia

Orientador: PROF. DR. FABRICIO FAGUNDES PEREIRA
Coorientador: DR. PATRIK LUIZ PASTORI

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

**Dourados
Mato Grosso Do Sul
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C512d Chaves, Valeria Freitas
DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYM.: ENCYRTIDAE) PARA
MANEJO DE *Euschistus heros* (HEM.: PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA [recurso
eletrônico] / Valeria Freitas Chaves. -- 2026.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Fabricio Fagundes Pereira .
Coorientador: Patrik Luiz Pastori .
Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2026.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Parasitoide de ovos. 2. Hospedeiro alternativo. 3. Criação massal. 4. Economia. I. Pereira,
Fabricio Fagundes. II. Pastori, Patrik Luiz. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.


**DESEMPENHO BIOLÓGICO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYM.:
ENCYRTIDAE) PARA MANEJO DE *Euschistus heros* (HEM.:
PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA**

Por

Valeria Freitas Chaves

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM AGRONOMIA


Aprovada em: 05/ 03 / 2026

Documento assinado digitalmente
 **FABRICIO FAGUNDES PEREIRA**
Data: 13/04/2026 15:11:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Dr. Fabricio Fagundes Pereira
Orientador/Presidente – UFGD

 Nome: MARCOS ARTURO FERREIRA AGUIERO
Emitido por: CONFIRMA S.A.


Dr. Marcos Ferreira Agüero
Membro Titular – UNA

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE LUIS DUARTE GONELI**
Data: 15/04/2026 10:03:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. André Luís Duarte Goneli
Membro Titular – UFGD

Documento assinado digitalmente
 **JORGE BRAZ TORRES**
Data: 14/04/2026 07:45:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Jorge Braz Torres
Membro Titular - UFRPE

Documento assinado digitalmente
 **ELLEN PATRICIA DE SOUZA**
Data: 14/04/2026 14:23:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Ellen Patricia de Souza
Membro Titular - FUNDECT

Aos meus pais, Eulálio Chaves e Elizabeth do Carmo Freitas
À minha irmã Valeska Freitas Chaves
Aos meus avós Valeriano Freitas e Alice do Carmo Freitas (In memoriam)

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, por serem meu sustento e me guiarem a cada passo dessa jornada.

Aos meus pais e irmã, pelo incentivo, carinho, apoio incondicional e confiança, fornecendo-me forças para alcançar meus objetivos.

Ao Leandro Henrique, por todo carinho e que durante essa jornada sempre esteve ao meu lado, apoiando, ajudando e incentivando incondicionalmente.

Ao Prof. Dr. Fabricio Fagundes Pereira, agradeço imensamente pela orientação, os ensinamentos transmitidos durante minha caminhada no mestrado e doutorado, pela paciência, conselhos, apoio incondicional, incentivos e principalmente por acreditar na minha capacidade.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por proporcionar os recursos e estrutura para concretizar este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL), por todo apoio, experiência e parceria.

Aos meus amigos (as), em especial ao Dr. Helter Carlos Pereira e a Heloísa Martins de Araújo, a amizade, apoio e incentivo de vocês, foram fundamentais nessa jornada.

Ao prof. Dr. Patrik Luiz Pastori, pela coorientação, disponibilidade e conselhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa produtividade ao orientador proc. 312021/2023-2.

“Eu plantei, Apolo regou, mas Deus é quem fez crescer...”

1 Coríntios 3:6

SUMÁRIO

PÁGINA

LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO I.....	x
LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO II	x
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO II.....	x
LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO III	x
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO III	x
RESUMO GERAL.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
OBJETIVO GERAL.....	11
Objetivos específicos.....	11
HIPÓTESE(S).....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO I –DESEMPENHO REPRODUTIVO DE <i>Ooencyrtus submetallicus</i> (HOWARD) (HYM.: ENCYRTIDAE) EM HOSPEDEIROS NATURAL <i>Euschistus heros</i> (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) APÓS TRÊS GERAÇÕES EM HOSPDEIRO ALTERNATIVO <i>Bombyx</i> <i>mori</i> (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE).....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
ETAPA I - Criação e manutenção de insetos utilizados no experimento	21
ETAPA II – Desenvolvimento Experimental e Análises	22
RESULTADOS.....	23
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	26
AGRADECIMENTOS	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
CAPÍTULO II –PARASITISMO E DESENVOLVIMENTO DE <i>Ooencyrtus submetallicus</i> (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) EM OVOS DE <i>Euschistus heros</i> (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES PARA CRIAÇÃO EM LARGA ESCALA	33
RESUMO	34

ABSTRACT	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	37
ETAPA I – Criação e manutenção de insetos utilizados nos experimentos	37
ETAPA II – Desenvolvimento Experimental e Análises	38
RESULTADOS.....	38
DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO	42
AGRADECIMENTOS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
CAPÍTULO III – POTENCIAL DE USO DE <i>Ooencyrtus submetallicus</i> (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) NO MANEJO BIOLÓGICO DE <i>Euschistus heros</i> (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA	48
RESUMO	49
ABSTRACT	51
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
ETAPA I – Criação e manutenção de insetos utilizados nos experimentos	54
ETAPA II – Desenvolvimento Experimental e Análises	55
RESULTADOS.....	56
DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	61
AGRADECIMENTOS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
CONCLUSÕES FINAIS.....	72
ANEXOS.....	73

LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO I

QUADRO 1. Características biológicas (erro padrão \pm média) de *Ooencyrtus submetallicus* criados em ovos de *Bombyx mori* e *Euschistus heros* em condições de laboratório à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026..... 73

QUADRO 2. Características reprodutivas (erro padrão \pm média) de *Ooencyrtus submetallicus* criados em ovos de *Euschistus heros* após seis gerações em ovos de *Bombyx mori* ou *Euschistus heros* em condições de laboratório à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026..... 73

LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO II

QUADRO 1. Ciclo de vida (ovo-adulto), parasitismo (P %), emergência (E %), número de indivíduos por ovo (NIO) e longevidade (L) de *Ooencyrtus submetallicus* em ovos de *Euschistus heros* em condições de laboratório à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026. 73

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO II

FIGURA 1. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10). Temperatura à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS, 2026. 73

LISTA DE QUADROS – CAPÍTULO III

QUADRO 1. Efeito da liberação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre a produtividade da soja e custos do controle biológico (CB) de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Ponta Porã, MS, 2026..... 73

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO III

FIGURA 1. Parasitismo de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026. 73

FIGURA 2. Emergência de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026. 73

FIGURA 3. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10) em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026. 73

FIGURA 4. Parasitismo de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026..... 73

FIGURA 5. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026 73

FIGURA 6. Produtividade de sacos de soja por hectare sob diferentes densidades de liberação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026. 73

RESUMO GERAL

O sucesso na utilização dos parasitoides em programas de controle biológico, depende do conhecimento de vários fatores, dentre eles, como o hospedeiro natural e alternativo, a densidade ideal para criação em larga escala e as estratégias de liberação no campo. Objetivou-se avaliar o desempenho biológico de *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) visando ao controle de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura da soja, integrando estudos sobre a influência da criação em hospedeiro alternativo, a otimização da produção massal e a eficácia de diferentes densidades e liberações do parasitoide em condições de semi-campo e campo. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) na Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil e na Fazenda Rincão Borevi, localizada na cidade de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. Para o estudo do desempenho reprodutivo após criação previa em hospedeiro alternativo, *O. submetallicus* foi multiplicado por três gerações em dois hospedeiros: o alternativo *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) e o natural *E. heros*, ciclo de vida, porcentagem de parasitismo, razão sexual e longevidade com alimento foram semelhantes entre os hospedeiros. Entretanto, a taxa de emergência e o número de indivíduos por ovo foram significativamente maiores em ovos de *E. heros*. No estudo de diferentes densidades, foi utilizando delineamento inteiramente casualizado com cinco proporções parasitoide:hospedeiro. A duração do ciclo ovo-adulto manteve-se estável ($17,7 \pm 0,15$ a $18,0 \pm 0,26$ dias) entre os tratamentos. A taxa de parasitismo (%) variou de $79,99 \pm 3,33$ a $88,68 \pm 1,11$, com valores superiores nas maiores densidades (T4 e T5). Resultados semelhantes foram observados para a emergência (%), que atingiu até $94,23 \pm 0,83$. O número de indivíduos por ovo ($1,85 \pm 0,03$) e a longevidade dos adultos ($23,80 \pm 0,47$ dias) não diferiram entre os tratamentos. Para os ensaios de semi-campo, o aumento da densidade de fêmeas resultou em elevação significativa do parasitismo e da emergência ($R^2 > 0,90$), bem como do índice de produção de indivíduos. No campo, as liberações de *O. submetallicus* em diferentes densidades demonstraram relação positiva entre a densidade liberada, o parasitismo e a produtividade da soja, também aumentaram conforme o aumento das densidades liberadas. O tratamento 4 com (20.000 ovos/ha = 800 ovos/400m²), apresentou o melhor retorno econômico (R\$ 7.771,55/ha), as densidades intermediárias (tratamentos 1, 2 e 3) também retornaram uma boa relação custo/benefício. *Ooencyrtus submetallicus* pode ser criado por até três gerações no hospedeiro alternativo *B. mori*, sem prejuízo ao seu desempenho biológico quando posteriormente mantido no hospedeiro natural *E. heros*. O aumento do número de *O. submetallicus* e da disponibilidade de ovos favoreceu as taxas de parasitismo e emergência, principalmente nas densidades mais altas, sem afetar características biológicas, sendo a combinação de 30 fêmeas de *O. submetallicus* para 300 ovos de *E. heros* a que apresentou os melhores resultados para a criação em larga escala desse parasitoide. Em condições de semi-campo e campo, observou-se que a elevação significativa no parasitismo, na produção de descendentes de *O. submetallicus* e na produtividade da soja, resultando em maior retorno econômico. Assim, a utilização estratégica deste parasitoide representa uma alternativa eficiente, sustentável e economicamente viável no manejo biológico de *E. heros*, o que pode contribuir na redução do uso de inseticidas sintéticos e para a adoção de práticas agrícolas mais equilibradas e ambientalmente seguras.

Palavra-chave: Parasitoide de ovos; Hospedeiro alternativo; Criação massal; Economia

ABSTRACT

The successful use of parasitoids in biological control programs depends on knowledge of several factors, including the natural and alternative host, the ideal density for large-scale rearing, and field release strategies. This study aimed to evaluate the biological performance of *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) for the control of *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean crops, integrating studies on the influence of rearing on an alternative host, optimization of mass production, and the effectiveness of different densities and releases of the parasitoid under semi-field and field conditions. The experiments were conducted at the Insect Biological Control Laboratory (LECOBIOL) at the Faculty of Biological and Environmental Sciences (FCBA) of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil, and at the Rincão Borevi Farm, located in the city of Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brazil. For the study of reproductive performance after prior rearing on an alternative host, *O. submetallicus* was multiplied for three generations on two hosts: the alternative host *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) and the natural host *E. heros*. Life cycle, percentage of parasitism, sex ratio, and longevity with food were similar between the hosts. However, the emergence rate and the number of individuals per egg were significantly higher in *E. heros* eggs. In the study of different densities, a completely randomized design with five parasitoid:host ratios was used. The duration of the egg-to-adult cycle remained stable (17.7 ± 0.15 to 18.0 ± 0.26 days) across treatments. The parasitism rate (%) ranged from 79.99 ± 3.33 to 88.68 ± 1.11 , with higher values at higher densities (T4 and T5). Similar results were observed for emergence (%), which reached up to 94.23 ± 0.83 . The number of individuals per egg (1.85 ± 0.03) and adult longevity (23.80 ± 0.47 days) did not differ between treatments. For the semi-field trials, increasing female density resulted in a significant increase in parasitism and emergence ($R^2 > 0.90$), as well as in the individual production index. In the field, releases of *O. submetallicus* at different densities showed a positive relationship between the released density, parasitism, and soybean productivity, which also increased with increasing release densities. Treatment 4 (20,000 eggs/ha = 800 eggs/400 m²) showed the best economic return (R\$ 7,771.55/ha), while intermediate densities (treatments 1, 2, and 3) also showed a good cost-benefit ratio. *Ooencyrtus submetallicus* can be reared for up to three generations on the alternative host *B. mori* without compromising its biological performance when subsequently maintained on the natural host *E. heros*. The increase in the number of *O. submetallicus* and the availability of eggs favored parasitism and emergence rates, mainly at higher densities, without affecting biological characteristics. The combination of 30 *O. submetallicus* females to 300 *E. heros* eggs showed the best results for large-scale rearing of this parasitoid. Under semi-field and field conditions, a significant increase in parasitism, in the production of *O. submetallicus* offspring, and in soybean productivity was observed, resulting in a greater economic return. Thus, the strategic use of this parasitoid represents an efficient, sustainable, and economically viable alternative in the biological management of *E. heros*, which can contribute to reducing the use of synthetic insecticides and to the adoption of more balanced and environmentally safe agricultural practices.

Key words: Egg parasitoid; Alternative host; Mass farming; Economy

INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], é uma das principais culturas do Brasil, possuindo papel central na economia nacional, o país está entre um dos maiores exportadores mundiais, correspondendo cerca de 35% da oferta global (CONAB, 2024). A alta produtividade da cultura está constantemente ameaçada por fatores abióticos e bióticos, dentre esses fatores se destacam os insetos-praga, que atacam a cultura na fase vegetativa até a maturação das vagens (ALMEIDA et al., 2025). Dentre esses insetos, se destaca o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), que é considerado uma das principais pragas da cultura da soja na América do Sul, devido aos prejuízos diretos à qualidade dos grãos, refletindo na queda de produção (TUELHER et al., 2016). Além dos danos diretos, o hábito alimentar dos percevejos causam distúrbios fisiológicos como a soja-louca, que causa maturação irregular das vagens e retenção anormal das folhas dificultando a colheita (MORAES et al., 2022).

A alta capacidade de dispersão e adaptação a diferentes ambientes, dificulta o manejo da espécie, tornando-o um desafio recorrente nas áreas produtoras. Com isso, o controle de *E. heros* tem se baseado no controle químico, prática que, embora seja eficaz em muitos casos, tem provocado desequilíbrios ecológico, resistência das pragas e impactos ambientais significativos (PAZINI et al., 2019). Diante disso, o controle biológico surge como alternativa sustentável, dando destaque para o uso de parasitoides, que atuam reduzindo as populações de percevejos antes mesmo do surgimento das ninfas (RAMOS et al., 2024).

No Brasil são comercializados espécies de parasitoides de ovos como, *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) para manejo biológico de espécies de *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) (PINTO, 2006), *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e *Trichogramma* spp. (Westwood, 1833) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), utilizado no controle de lepidópteros-praga em diversas culturas (PARRA et al, 2002). Já os parasitoides como *Trissolcus basalus* (Wollaston, 1858) (Hymenoptera: Scelionidae) e *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (Hymenoptera: Platygasteridae) são utilizados em grande escala nos programas de controle biológico de percevejos (SOUZA et al., 2014; BUENO et al, 2020).

Entre esses inimigos naturais associados ao controle de percevejo da soja, destaca-se o parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), um endoparasitoide solitário, que se reproduzem por partenogênese telítoca, ou seja, gera em grande maioria somente indivíduos fêmeas (HUANG e NOYES, 1994). *Ooencyrtus submetallicus* foi registrado parasitando ovos de *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), de lepidópteros, como *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) e ovos de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) (SILVA, 2017; FACA et al., 2021). O interesse crescente por este parasitoide deve-se a sua capacidade de adaptação em diferentes condições térmicas, a elevada taxa de parasitismo e ao seu possível potencial na utilização em programas de controle biológico (CHAVES et al., 2021).

Em programas de controle biológico com parasitoides, é essencial conseguir realizar a produção em grande escala destes inimigos naturais. Porém, um dos grandes desafios dessa técnica, é a dependência de ovos do hospedeiro natural, que muitas vezes são limitados e de difícil manutenção em laboratório (RAMALHO et al., 2003). Portanto, para suprir essa limitação, o uso de hospedeiros alternativos tem se mostrado uma estratégia promissora, o que permite a criação contínua e econômica de parasitoides (BERMÚDEZ et al., 2024). O sucesso dessa técnica depende da adequação fisiológica entre o parasitoide e o hospedeiro alternativo, de forma que as características biológicas como, viabilidade, longevidade e fecundidade dos indivíduos não seja comprometida, além disso, o uso desses hospedeiros alternativos favorece a manutenção de colônias estáveis em períodos de entressafra em que pode ocorrer escassez do hospedeiro natural (FORESTI et al., 2012).

Outro aspecto importante nos processos de produção massal de parasitoides é o ajuste das proporções ideais entre parasitoide e hospedeiro nos recipientes de criação, idade dos insetos, tempo de exposição, são determinantes para maximizar a produção desses parasitoides (LÜ et al., 2024). Conhecer e ajustar a densidade adequada, ajuda a otimizar a produção sem comprometer características essenciais do parasitoide, pois densidades inadequadas podem reduzir a eficiência produtiva e a qualidade biológica desses agentes de controle biológico (HOU-DING et al., 2024).

No campo, as estratégias de liberação devem considerar o ciclo do inseto-praga e o comportamento do parasitoide. Geralmente, as liberações são realizadas de forma aumentativa ou inundativa, com densidades variando entre 3.000 a 5.000 parasitoides por hectare, com algumas repetições, conforme a necessidade, como ocorre para *T. podisi* na

cultura da soja (FORESTI et al., 2012). O momento de realizar as liberações é um dos fatores mais críticos para o sucesso dessa estratégia, pois os parasitoides de ovos atuam exclusivamente na fase embrionária da praga, portanto, as liberações devem coincidir com os períodos de oviposição dos hospedeiros (ABELL et al., 2020). A eficácia das liberações também depende da qualidade biológica dos parasitoides utilizados, incluindo vigor, capacidade de voo e comportamento de busca. Parasitoides mantidos por muitas gerações em condições artificiais podem apresentar perda de desempenho no campo, reduzindo sua eficiência (SANTOS e MIHSFELDT, 2014).

Portanto, programas de controle biológico de pragas com parasitoides devem contemplar protocolos rigorosos de controle de qualidade, envolvendo testes de parasitismo, razão sexual, emergência, longevidade e comportamento antes da distribuição aos produtores. Dessa forma, o sucesso das liberações depende de um planejamento detalhado, que integre o ciclo da praga, as condições ambientais e a capacidade logística de produção. Quando bem implementadas, essas ações representam uma alternativa sustentável e economicamente viável para o manejo de percevejos na cultura da soja (VASCONCELLOS et al., 2023).

Ainda existem lacunas na literatura sobre a interação de *O. submetallicus* com outros inimigos naturais, sua dispersão em campo e a viabilidade de sua produção em larga escala e liberação à campo. O objetivo foi avaliar o desempenho biológico de *O. submetallicus* visando ao controle de *E. heros* na cultura da soja, integrando estudos sobre a influência da criação em hospedeiro alternativo, a otimização da produção em maior escala e a eficácia de diferentes densidades e liberações do parasitoide em condições de semi-campo e campo.

REVISÃO DE LITERATURA

Percevejo marrom (*Euschistus heros*)

O percevejo marrom, *E. heros* é uma das principais pragas da cultura da soja no Brasil. Essa espécie é nativa da região Neotropical, e se adaptou com facilidade às condições climáticas e sistema de cultivo da soja, tornando-se cada vez mais predominante nas lavouras comerciais. Foi registrado pela primeira vez em 1992 na cultura da soja, na região norte do estado do Paraná (ALMEIDA et al., 2025). Fatores como temperatura, disponibilidade de alimento e recursos hídricos influenciam seu ciclo biológico, se desenvolvendo melhor em regiões tropicais e subtropicais (SANTOS et al., 2023). *Euschistus heros* supera outras espécies de percevejos devido à sua maior capacidade competitiva, tolerância à inseticidas e adaptação a sistemas de plantio direto e múltiplas safras (TUELHER et al., 2016).

Adultos de *E. heros* passam por períodos de entressafra, entre os meses de abril a novembro, ficam em diapausa reprodutiva onde ficam geralmente abrigados sob folhas secas/palhada, próximos de plantas verdes nas bordaduras das matas, durante este período, o metabolismo dos percevejos são reduzidos, não se reproduzem e nem atacam as culturas (GODOY et al, 2010). Em novembro, com o início do ciclo da soja os percevejos saem da diapausa e colonizam as lavouras principalmente, na fase reprodutiva, onde alimenta-se de grãos em formação, tornando-os murchos e enrugados, causando má formação das vagens e abortamento, prejudicando a maturação e vigor dos grãos, causando perdas diretas na qualidade e produtividade (MORAES et al., 2022). Além dos danos diretos, o habito alimentar pode causar distúrbios fisiológicos como a soja-louca, que é caracterizada pela retenção anormal das folhas e maturação irregular de vagens ao final do seu ciclo, o que dificulta na hora da colheita (SOUZA et al., 2017).

Euschistus heros apresenta coloração marrom escura quando adultos, possuem uma mancha branca em formato de meia lua, no final do escutelo, e dois prolongamentos laterais do pronoto em formato de espinho (BARRUFALDI et al., 2023). Quando em plena maturação sexual, as fêmeas de *E. heros* depositam seus ovos nas vagens ou folhas de soja, em massas de 5 a 8 ovos em média, estes possuem coloração inicialmente amarelada, e de coloração marrom-avermelhada quando estão próximos a eclosão das ninfas, o período de ovo até a fase adulta é de aproximadamente 24 dias, com longevidade de até 116 dias (DEPIERI e PANIZZI, 2011; OLIVEIRA 2016). Ninfas de primeiro instar não se alimentam e apresentam comportamento gregário, ou seja, ficam sobre ou entorno

dos ovos e, somente após o terceiro instar possuem potencial de ocasionar injúrias, que é resultado da alimentação das vagens e sementes que ocorre pela inserção do estilete, isso afeta o desenvolvimento e qualidade dos grãos, levando a queda na produção dos grãos (BUENO et al., 2021).

O controle químico é o método mais utilizado, porém apresenta limitações importantes, onde pulverizações frequentes favorecem a seleção de populações resistentes, o que muitas vezes acaba elevando os custos de produção (TIBOLA et al., 2021). Além disso, o uso indiscriminado de inseticidas químicos pode afetar organismos que são benéficos e gerar impactos no ambiente. Com isso, o manejo integrado de pragas é a abordagem mais recomendada, pois combina o monitoramento populacional, controle químico racional e uso de agentes biológicos, como os parasitoides de ovos de percevejos (BUENO et al., 2020; ALMEIDA et al., 2025).

Parasitoides de ovos

Os parasitoides, principalmente vespas das famílias Braconidae, Platygasteridae, Scelionidae, Encyrtidae e Trichogrammatidae, são usados em programas de controle biológico, afim de reduzir insetos-praga como *Spodoptera* spp. *E. heros*, atuando em fases iniciais do ciclo da praga, parasitando os ovos ou larvas, impedindo o desenvolvimento inseto e reduzindo danos às culturas (WANG et al., 2019). Pelo menos uma fase do desenvolvimento desses parasitoides, está associado ao hospedeiro do qual se alimenta, levando a morte do mesmo (GARCIA et al., 2020).

Parasitoides são caracterizados por utilizarem um único hospedeiro para se desenvolverem, além de possuírem preferência por uma determinada fase de desenvolvimento do seu hospedeiro alvo, como as fases de ovo, larva, pupa ou adulto, diferente dos predadores, que podem se alimentar de diferentes fases de desenvolvimento da mesma presa, como ser predador tanto fase larval quanto adulta (ŽIKIĆ et al., 2024).

Parasitoides podem ser classificados a partir de sua estratégia de parasitismo, os idiobiontes impedem o desenvolvimento do hospedeiro após a oviposição, geralmente causa a paralisia permanente e são frequentemente ectoparasitoides, se desenvolvem externamente ao hospedeiro e alimenta-se dele imobilizado. Incluem famílias como Torymidae, Perilampidae e Chalcididae além de alguns Ichneumonidae e Braconidae (GAULD, 1988; ABRAM et al., 2019). Parasitoides cenobiontes permitem que o hospedeiro continue seu desenvolvimento após o parasitismo, estes frequentemente são

endoparasitoides, se desenvolvem internamente, sincronizando seu ciclo com o do hospedeiro, que permanece vivo até estágios avançados do parasitoide. Famílias como Ichneumonidae, Trichogrammatidae e Braconidae apresentam muitos parasitoides cenobiontes (ABRAM et al., 2019). Existem também os parasitoides solitários, onde apenas um parasitoide se desenvolve por hospedeiro, os hiperparasitoides, que parasitam outros parasitoides primários, podendo ocorrer em sistemas complexos de múltiplos níveis tróficos e os parasitoides gregários, onde vários indivíduos do parasitoide se desenvolvem simultaneamente no mesmo hospedeiro, compartilhando recursos, esta estratégia está associada a maior fecundidade e tolerância entre as larvas (ŽIKIĆ et al., 2024).

Parasitoides de ovos representam uma ferramenta valiosa no manejo biológico de pragas, estudos demonstram o potencial dessas vespas, como *Trichogramma* spp., utilizado no controle de diversos lepidópteros-praga, *C. flavipes* para o controle da broca-da-cana, *D. saccharalis* (PARRA et al., 2002). *Telenomus* spp., no controle de percevejos como *E. heros*, e de lepidópteros do complexo *Spodoptera* spp. (PINTO, 2006).

***Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae)**

Ooencyrtus é um gênero diverso de vespas parasitoides de ovos, amplamente distribuído globalmente e de grande relevância para o controle biológico de pragas agrícolas. Este gênero possui mais de 300 espécies reconhecidas, com alta dificuldade de identificação devido à morfologia variável. Novas espécies continuam sendo descritas em diferentes regiões, além de revisões taxonômicas em áreas neotropicais e asiáticas (POLASZEK et al., 2023).

Ooencyrtus submetallicus, é um parasitoide de ovos pertencente à família Encyrtidae, possui registros de ocorrência em diversas regiões do Brasil. É um endoparasitoide solitário, porém, existem espécies que podem ser gregárias, se reproduzem por partenogênese telítoca, gerando majoritariamente indivíduos fêmeas. Os machos nessa espécie são raros, podendo surgir em determinadas condições de temperatura, onde abaixo de 29,5°C (~85°F) favorecem a produção de fêmeas, enquanto temperaturas iguais ou superiores a esse valor induzem a produção de machos. Uma fêmea deste parasitoide pode ovipositar várias vezes um único ovo, mas se o número de oviposição for muito grande, provavelmente irá emergir um ou dois indivíduos de cada ovo parasitado (WILSON e WOOLCOCK, 1960).

Este parasitoide foi descrito pela primeira vez em Granada, nas Índias Ocidentais, por Howard em 1897. Sua relevância científica agrícola está ligada ao potencial de controle biológico de percevejos, onde a espécie começou a ser relatada como um inimigo natural de *N. viridula*, *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), *E. ello*, *Chinavia pengue* (Rolston, 1983) (Hemiptera: Pentatomidae), *P. guildinii* e *E. heros* (GOLIN et al., 2011; SILVA et al., 2017; EDUARDO, 2018; PEREIRA, 2025).

Nos últimos anos, estudos têm se concentrado em entender melhor o desempenho desse parasitoide em diferentes condições ambientais, por exemplo, Chaves et al., (2021), avaliaram o desenvolvimento de *O. submetallicus* em ovos de *E. heros* sob sete temperaturas, os resultados indicaram que o parasitoide apresenta boa adaptabilidade térmica, com maior taxa de parasitismo, emergência e proporção de fêmeas em temperaturas entre 25 a 29°C. Outro estudo foi em relação a seletividade de inseticidas, alguns ativos usados no manejo da cultura da soja, podem afetar negativamente adultos de *O. submetallicus* (SANOMIA et al., 2020). Essas pesquisas são essenciais para conhecer o desempenho do parasitoide, afim de integrá-lo no manejo biológico em especial de *E. heros*.

Hospedeiros alternativos na criação de parasitoides

Hospedeiros alternativos são organismos que, embora não sejam os alvos naturais dos parasitoides, oferecem condições adequadas para o seu desenvolvimento, estudos mostram que muitos parasitoides conseguem completar seu ciclo de vida em hospedeiros alternativos, sem prejuízo significativo de parâmetros biológicos essenciais (ZHANG et al., 2025). A escolha destes hospedeiros busca facilitar a criação em laboratório durante épocas em que o hospedeiro-alvo não está disponível, reduzir custos e garantir estabilidade na produção.

A eficiência de um hospedeiro alternativo para criação dos parasitoides de ovos está diretamente relacionada a sua capacidade de sustentar o ciclo de vida do parasitoide sem comprometer características essenciais como fecundidade, longevidade e tempo de desenvolvimento (FORESTI et al., 2012). Bermúdez et al., (2024), avaliaram a criação de *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) por 30 gerações em hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), e concluíram que este parasitoide pode ser criado no hospedeiro alternativo sem comprometer seu desempenho biológico. Em outro estudo avaliando a criação de

Palmistichus elaeisis (Delvare e LaSalle, 1993) (Hymenoptera: Eulophidae) no hospedeiro alternativo *Spodoptera cosmioides* (Caminhante, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), demonstrou que *P. elaeisis* parasitou e se desenvolveu com sucesso no hospedeiro alternativo (FAUSTINO-JUNIOR et al., 2024).

As vantagens de utilizar hospedeiros alternativos são: custos menores por ser mais barato de criar, produção mais estável e controlada, menos dependente de variabilidade ambiental ou disponibilidade do hospedeiro natural e possibilidade de manter estoque de parasitoides fora de época do hospedeiro-alvo (FORESTI et al., 2012). Em relação as desvantagens e riscos: mudanças de qualidade, como preferência pelo hospedeiro, capacidade de busca ou fecundidade podem se alterar, adaptativos condicionamentos pré-imaginais, onde parasitoides podem se tornar “aclimatados” ao hospedeiro alternativo e apresentar menor desempenho com hospedeiro natural, as alterações morfológicas ou de comportamento de forrageamento e dimensões físicas ou nutricionais do hospedeiro alternativo podem limitar o desenvolvimento (RAMALHO et al., 2003).

Produção massal de parasitoides

A produção massal de parasitoides é uma etapa essencial para o sucesso de programas de controle biológico aplicado, pois permite a liberação em larga escala de inimigos naturais para o manejo sustentável de pragas agrícolas (DINIZ et al., 2008). O sucesso dessa técnica depende da combinação de vários fatores como, fatores biológicos, técnicos e econômicos, estes visam garantir a alta produtividade e a qualidade biológica dos indivíduos que vão estar sendo produzidos (PARRA e COELHO, 2022).

Um dos desafios na criação massal desses inimigos naturais é a seleção adequada do hospedeiro ideal, como o parasitoide necessita de ovos de outros insetos para completar seu desenvolvimento, em muitos casos é inviável utilizar o hospedeiro natural em grande escala devido à dificuldade de obtenção (períodos de escassez) e custo. Então são utilizados o hospedeiros alternativos, que apresentam ciclo de vida curto, alta fecundidade e fácil manejo (PARRA e COELHO, 2019).

O controle das condições ambientais, como temperatura, fotoperíodo e umidade influenciam diretamente a fecundidade e desenvolvimento dos inimigos naturais (BITTAU et al., 2021). Estudos indicam que temperaturas em torno de 25°C e umidade relativa entre 60-70% favorecem o desempenho de muitas espécies de parasitoides, como *T. podisi*, essencial no controle de *E. heros*, portanto o ajuste dessas condições permite

sincronizar o ciclo de vida do hospedeiro com o do parasitoide, otimizando a taxa de parasitismo e a produção dos descendentes (PARRA et al., 2023). A alimentação dos parasitoides adultos também exerce fortemente a influência sobre a taxa de parasitismo e longevidade, geralmente é utilizado mel ou outras soluções açucaradas como fonte de energia para esses inimigos naturais (PONCIO et al., 2018). Nos últimos anos, houve avanços significativos em utilizar técnicas de armazenamento dos ovos dos hospedeiros, que permite programar continuamente a produção e fornecimento contínuo dos parasitoides para liberações à campo (BITTAU et al., 2021).

Portanto, a produção em massa bem sucedida dos parasitoides de ovos, exige equilíbrio entre eficiência técnica e manutenção das características ecológicas essenciais para sua sobrevivência no campo. Afinal, o objetivo não é apenas gerar grandes quantidades de parasitoides, mas assegurar que estes mantenham o desempenho necessário para atuar efetivamente após serem liberados (HANKE et al., 2022).

Estratégias de liberação de parasitoides

As estratégias de liberação dos parasitoides constituem etapas práticas e decisivas no programas de controle biológico, onde determinam como, quando e qual a quantidade ideal os parasitoides devem ser liberados no ambiente de cultivo para alcançar o melhor equilíbrio, tanto na eficiência do controle quando no custo e sustentabilidade (FORESTI et al., 2012).

As liberações podem ser de três tipos, o que vai depender do objetivo do programa. Podem ser inundativas, onde o objetivo é supressão imediata, nesse caso, grandes quantidades de parasitoides são liberados para reduzir de forma brusca a população de pragas. A liberação inoculativa, consiste na liberação de um número reduzido de parasitoides no início da infestação, esperando que eles se multipliquem de forma natural no campo e possam manter as pragas sob controle ao longo do tempo. Já a liberação aumentativa, geralmente ocorre em situações de alta pressão das pragas (PARRA e COELHO, 2022).

O momento de realizar as liberações é um dos fatores mais críticos para o sucesso dessa estratégia, como os parasitoides de ovos podem atacar somente na fase embrionária da praga, as liberações devem coincidir com os períodos de oviposição dos hospedeiros (ABELL et al., 2020). Estudos com liberações de *T. podisi* realizadas logo no início da presença de ovos de *E. heros*, resultaram em maiores taxas de parasitismo e melhor

estabelecimento dos parasitoides em campo (PARRA et al., 2023). O número de indivíduos a serem liberados devem ser ajustadas conforme as espécies de parasitoides, as condições ambientais e o nível de controle de pragas (FORESTI et al., 2012). O método como serão liberados também influencia no sucesso do programa, em pequenas áreas, por exemplo, liberação manual é suficiente, já em áreas mais extensas, o uso de drones e dispensadores automáticos tem se mostrado uma alternativa viável, reduzindo os custos e garantindo a distribuição homogênea dos insetos (PRIYANKA et al., 2023).

A eficácia das liberações também dependem da qualidade dos insetos que estão sendo liberados, como vigor, capacidade de voo e comportamento em busca dos insetos, pois, parasitoides criados por muitas gerações em condições artificiais, podem apresentar perda de desempenho no campo (SANTOS e MIHSFELDT, 2014). Por este motivo, programas de liberação devem adotar protocolos de controle de qualidade, incluindo os testes de parasitismo, razão sexual, emergência, longevidade e comportamento antes de realizar o envio aos produtores (DINIZ et al., 2008). Portanto, é essencial um planejamento detalhado que considere o ciclo da praga, as condições locais e a capacidade logística do sistema de produção, quando estes são bem implementados, as liberações representam uma alternativa sustentável e economicamente segura (VASCONCELLOS et al., 2023).

OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho biológico de *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) visando ao controle de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura da soja, integrando estudos sobre a influência da criação em hospedeiro alternativo, a otimização da produção massal e a eficácia de diferentes densidades e liberações do parasitoide em condições de semi-campo e campo.

Objetivos Específicos

Avaliar se a criação de *O. submetallicus* por três gerações em ovos do hospedeiro alternativo *B. mori* afeta seu desempenho reprodutivo, quando criado posteriormente em ovos de *E. heros*.

Avaliar o parasitismo e desenvolvimento de *O. submetallicus* em ovos de *E. heros* sob diferentes quantidades desse parasitoide, visando otimizar sua criação em larga escala.

Avaliar a eficiência de diferentes quantidades de adultos de *O. submetallicus* no manejo de *E. heros* em condições de semi-campo e campo na cultura da soja.

HIPÓTESE (S)

1. A criação de *O. submetallicus* em ovos de *B. mori* por três gerações não reduz seu desempenho reprodutivo quando criado posteriormente em *E. heros*;
2. A densidade de parasitoides influencia o parasitismo e o desenvolvimento de *O. submetallicus*, permitindo identificar a melhor proporção parasitoide: hospedeiro para produção em maior escala;
3. Diferentes densidades de adultos de *O. submetallicus* afetam sua eficiência no controle de *E. heros* a produtividade na cultura da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, K., DUAN, J., & SHREWSBURY, P. Determining Optimal Parasitoid Release Timing for the Biological Control of Emerald Ash Borer (Coleoptera: Buprestidae). **Florida Entomologist**, v. 102, p. 691 – 694, 2020. Doi: 10.1653/024.102.0403.
- ABRAM, P.; BRODEUR, J.; URBANEJA, A.; TENA, A. Nonreproductive Effects of Insect Parasitoids on Their Hosts. **Annual review of entomology**, v.64, p.259-276, 2019. Doi: 10.1146/annurev-ento-011118-111753.
- ALMEIDA, A.; RODRIGUES, M.; BOAVENTURA, H.; VIEIRA, A.; SILVA, J.; DE JESUS, F.; QUINTELA, E. Can *Metarhizium anisopliae* Reduce the Feeding of the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), and Its Damage to Soybean Seeds?, **Journal of Fungi**, v.11, 2025. Doi: 10.3390/jof11040247.
- BARRUFALDI, A.; HAYASHIDA, R.; HOBACK, W.; HIGLEY, L.; CARVALHO, J.; OLIVEIRA, R. Trade-Offs between Temperature and Fitness in *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae): Implications for Mass Rearing and Field Management. **Insects**, v.14, 2023. Doi: 10.3390/insects14050448.
- BERMUDEZ, N. C.; PAVA, N. L.; CÁCERES, J. S. D.; SILVA-TORRES, C. S.; TORRES, J. B. Long-term suitability of an alternative host for rearing the sugarcane stalk borer parasitoid *Tetrastichus howardi*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 114, p. 347-358, 2024. Doi: 10.1017/S0007485324000129.
- BITTAU, B.; DINDO, M. L.; BURGIO, G.; PEVERIERI, G. S.; HOELMER, K. A.; ROVERSI, P. F.; MASETTI, A. Implementing mass rearing of *Trissolcus japonicus* on cold-stored host eggs. **Insects**, v. 12, 2021. Doi: 10.3390/insects12090840
- BUENO, N.; BALDIN, E.; MELOTTO, G.; SILVA, I.; SANTOS, T.; RIBEIRO, L.; KOCH, R. Potential for injury from different life stages of *Diceraeus melacanthus* and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) on corn seedlings. **Phytoparasitica**, v. 49, p. 883 – 892, 2021. Doi: 10.1007/s12600-021-00925-9.
- BUENO, A. F.; BRAZ, É. C.; FAVETTI, B. M. FRANÇA-NETO, J. 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**, v. 137, p. 1-7, 2020. Doi: 10.1016/j.cropro.2020.105310.
- DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to Soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v.40, p.197-203, 2011. Doi: 10.1590/S1519-566X2011000200007
- DINIZ, F.; RODRIGUES, K.; ROSSI, M. Produção do parasitóide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) para controle biológico da Broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) (Lepidoptera: Crambidae). **Nucleus**, v. 5, p. 39-48, 2008. Doi: 10.3738/NUCLEUS.V5I2.86

EDUARDO, W. I.; TOSCANO, L. C.; TOMQUELSKI, G.V.; MARUYAMA, W. I.; MORANDO, R. Action thresholds for the Soybean stink bug complex: phytotechnical and physiological parameters and egg parasitism. **Revista Colombiana de Entomologia**, v.44, p.165-171, 2018. Doi: 10.25100/socolen.v44i2.7312

FACA, E. C.; PEREIRA, F. F.; FERNANDES, W. C.; SILVA, I. F.; COSTA, V. A.; WENGRAT, A. P. G. S. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Trissolcus* sp. aff. *Urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) in eggs of *Nezara viridula* (hemiptera: Pentatomidae) of different ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 96-106, 2021. Doi: 10.5539/jas.v13n10p96

FAUSTINO-KUNIOR, W.; MORAES, B. V.; ARAUJO, F. H. V.; CALDEIRA, . V.; ASSIS-JUNIOR, S. L.; SILVA, R. S.; SERRÃO, J. E; CASTRO, B. M. C.; PLATA-RUEDA, A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; SOARES, M. A. *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) como hospedeiro alternativo para criação em massa do parasitóide *Palmistichus elaeisis* (Himenópteros: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v.107, 2024. Doi: 10.1515/flaent-2024-0037

FORESTI, J.; GARCIA, M.; BERNARDI, O.; ZART, M.; NUNES, A. Biologia, Seleção e Avaliação de Linhagens de *Trichogramma* spp. para o Controle da Lagarta-da-Espiga em Milho Semente. *EntomoBrasilis*, v.5, p. 43-48, 2012. Doi: 10.12741/EBRASILIS.V5I1.168

GARCIA, F.; OVRUSKI, S.; SUÁREZ, L.; CANCINO, J.; LIBURD, O. Biological Control of Tephritid Fruit Flies in the Americas and Hawaii: A Review of the Use of Parasitoids and Predators. **Insects**, v. 11, 2020. Doi: 10.3390/insects11100662

GAULD, I. Evolutionary patterns of host utilization by ichneumonoid parasitoids (Hymenoptera: Ichneumonidae and Braconidae)*. **Biological Journal of The Linnean Society**, v. 35, p. 351-377, 1988. Doi: 10.1111/J.1095-8312.1988.TB00476.X.

GODOY, K.; ÁVILA, C.; DUARTE, M.; ARCE, C. Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região d a Grande Dourados, MS. **Ciência Rural**,v.40, p.1199-1202, 2010. Doi:10.1590/S0103-84782010005000074.

GOLIN, V.; LOIÁCONO, M. S.; MARGARÍA, C. B.; AQUINO, D. A. Natural incidence of egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) on *Crotalaria spectabilis* in Campo Novo do Parecis, MT, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, p.617-618, 2011. Doi: 10.1590/S1519-566X2011000500015

HANKE, D.; TASCETTO, G.; NASCIMENTO, S.; ÁVILA, M.; NUNES, O. Percepção dos produtores de soja sobre o processo de difusão do controle biológico e manejo integrado de pragas. **Nativa**, v. 10, 2022. Doi: 10.31413/nativa.v10i4.13865

HUANG, D. W.; NOYES, J. S. A revision of the Indo-Pacific species of *Ooencyrtus* (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoids of the immature stages of economically important insects' species (mainly Hemiptera and Lepidoptera). **Bulletin of the Natural History Museum**, v.63, p1-136, 1994.

MORAES, J.; HENNING, F.; CAMPO, C H.; LOPES, I. O. N.; BUENO, A. F. Impact of soybean injury by *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) on feeding preference and survival of *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) (Coleoptera:

Anobiidae), and on soybean quality maintenance under storage. **Journal of Stored Products Research**. v. 99, 2022. Doi: 10.1016/j.jspr.2022.102035.

OLIVEIRA, D.; DUDCZAK, A.; ALVES, L.; SOSA-GÓMEZ, D. Biological Parameters of *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) and its Susceptibility to Entomopathogenic Fungi When Fed on Different Diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 59, 2016. Doi: 10.1590/1678-4324-2016150141.

PARRA, L. M.; CARVALHO, J. R.; HOBACK, W. W.; OLIVEIRA, R. C. Optimizing mass rearing of the egg parasitoid *Telenomus podisi* for control of *Euschistus heros*. **Insects**, v.14, 2023. Doi: 10.3390/insects14050435

PARRA, J.; COELHO, A. Insect Rearing Techniques for Biological Control Programs, a Component of Sustainable Agriculture in Brazil. **Insects**, v.13, 2022. Doi: 10.3390/insects13010105.

PARRA, J.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of Insect Science**, v.19, 2019. Doi: 10.1093/jisesa/iey112.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar**. In: PARRA, J. 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.125-142, 2002. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/318826649_Control_Biologico_Uma_Visao_Inter_e_Multidisciplinar_in_portuguese. Acesso em: outubro de 2025.

PAZINI, J.; PADILHA, A.; CAGLIARI, D.; BUENO, F.; RAKES, M.; ZOTTI, M.; MARTINS, J.; GRÜTZMACHER, A. Differential impacts of pesticides on *Euschistus heros* (Hem.: Pentatomidae) and its parasitoid *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae). **Scientific Reports**, v, 9, 2019. Doi: 10.1038/s41598-019-42975-4.

PEREIRA, F. F. Manejo Biológico do Percevejo-da-soja com Parasitoides. In: PEREIRA, F. F. **Desvendando o Manejo Biológico de Insetos em Ambientes Agrícolas e Florestais**. Dourados, MS : EDUFGD, 2025. v.5, p. 183-199. Disponível em: <https://omp.ufgd.edu.br/livrosabertos/catalog/view/410/293/3528>

PINTO, J. D.; A review of the new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**.v. 15, p. 38-163, 2006. Disponível em: <https://ia600201.us.archive.org/8/items/biostor-363/biostor-363.pdf>. Acesso em: outubro de 2025.

POLASZEK, A.; NOYES, J.; LUGLI, E.; SCHMAEDICK, M.; PECK, R.; BANKO, P.; FUSU, L. *Ooencyrtus pitosina* (Hymenoptera: Encyrtidae)—A natural enemy of Samoan swallowtail butterfly *Papilio godeffroyi* (Lepidoptera: Papilionidae). **PLOS One**, v. 18, e0322818, 2023. Doi: 10.1371/journal.pone.0288306.

PONCIO, S.; NUNES, A. M.; GONÇALVES, R. D. S.; LISBOA, H.; MANICAVERTO, R.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, p. 1087-1095, 2018. Doi: 10.1093/jee/toy058

PRIYANKA, S.; JEYARANI, S.; SATHIAH, N.; MOHANKUMAR, S.; NAKKEERAN, S. Influence of host egg age on parasitic potential of the entomophagous, *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) against the Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and investigations on the developmental biology and ultrastructure of egg parasitoid immature. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 33, p. 1-16, 2023. Doi: 10.1186/s41938-023-00676-1.

RAMALHO, F.; DIAS, J. D. Efeitos de hospedeiros alternativos na biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitóide de *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 305-310, 2003. Doi: 10.1590/S1519-566X2003000200017.

RAMOS, G.; DALBIANCO, A.; SANTOS, D., DE LIMA ALVAREZ, D.; DE OLIVEIRA, R. Management of *Euschistus heros* with the release of *Telenomus podisi* in soybean in Brazil. **BioControl**, v. 69, p. 529-537, 2024. Doi: 10.1007/s10526-023-10235-0.

SANOMIA, W. Y; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F. Insecticide selectivity to *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) under extended laboratory conditions. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e61793, 2020. Doi: 10.1590/1983-40632020v5061793.

SANTOS, L.; MIHSFELDT, L. Capacidade de Busca e de Parasitismo de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) em Lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). v.7, p. 106-109, 2014. Doi: 10.12741/EBRASILIS.V7I2.333.

SANTOS, T.; BALDIN, E.; LIMA, A.; SANTANA, A.; SANTOS, M.; SILVEIRA, B.; BUENO, N.; CABRAL, I.; SOARES, M.; PINHEIRO, A.; LOURENÇÃO, A. Intra and interspecific interaction and fitness cost of stink bugs *Euschistus heros*, *Diceraeus melacanthus*, and *Piezodorus guildinii* in soybean. **Pest management science**. v. 80, p. 661-668, 2023. Doi: 10.1002/ps.7794.

SILVA, S. A. **Controle Biológico de *Erinnyis Ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Shingidae) com parasitoides na cultura da mandioca**. Tese Doutorado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, p.85, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/487>. Acesso em: outubro de 2025.

SOUZA, E.; CANASSA, V.; BENTIVENHA, J.; BALDIN, E.; PIEROZZI, C.; LOURENÇÃO, A.; PANNUTI, L. Variable Levels of Resistance of Soybean Genotypes on the Performance of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 110, p. 2672 – 2678, 2017. Doi: 10.1093/jee/tox254.

SOUZA, L. A.; BARBOSA, J. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; FRAGA, D. F.; MORAES, L. C.; BUSOLI, A. C. Sequential sampling of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Soybean. **Scientia Agricola**, v.71, p.549-564, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0314>

TIBOLA, C.; SILVA, L.; SGUBIN, F.; OMOTO, C. Monitoring Resistance of *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) to Insecticides by Using Encapsulated Artificial Diet Bioassay. **Insects**, v. 12, 2021. Doi: 10.3390/insects12070599.

TUELHER, E.; SILVA, É.; HIROSE, E.; GUEDES, R.; OLIVEIRA, E. Competition between the phytophagous stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii* in soybeans. **Pest management science**, v.72, p. 1837-1843, 2016. Doi: 10.1002/ps.4306.

VASCONCELLOS, M.; DE NADAI CORASSA, J.; PITTA, R.; ROLIM, G. Estratégias de controle de pragas em soja e suas implicações na comunidade de artrópodes e na rentabilidade da cultura. **Nativa**. v. 11, 2023. Doi: 10.31413/nativa.v11i1.13538.

WANG, Z.; LIU, Y.; SHI, M.; HUANG, J.; CHEN, X. Parasitoid wasps as effective biological control agents. **Journal of Integrative Agriculture**. v.4, p. 705-715, 2019. Doi: 10.1016/S2095-3119(18)62078-7.

WILSON, F.; WOOLCOCK, L. T.; Temperature determination of sex in a parthenogenetic parasite, *Ooencyrtus submetallicus* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae). **Australian Journal of Zoology**, v.8, p.153-169, 1960. Doi: 10.1071/ZO9600153

ZHANG, Y.; XUE, J.; QIAN, H.; BAI, Q.; LI, T.; MEI, J.; MONTICELLI, L.; KANDEGAMA, W.; ZANG, L. Unfertilized and Washed Eri Silkworm Eggs as Superior Hosts for Mass Production of *Trichogramma* Parasitoids. **Insects**, v. 16, 2025. Doi: 10.3390/insects16080751.

ŽIKIĆ, V.; FERNÁNDEZ-TRIANA, J.; TRAJKOVIĆ, A.; LAZAREVIĆ, M. Advancing Sustainable Agriculture: Potential of Life Story Strategies of Solitary and Gregarious Microgastrinae Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to Enhance Biological Control. **Sustainability**, v. 16, 2024. Doi: 10.3390/su162210004.

CAPÍTULO I

**DESEMPENHO REPRODUTIVO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HOWARD)
(HYM.: ENCYRTIDAE) EM HOSPEDEIROS NATURAL *Euschistus heros*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) APÓS TRÊS GERAÇÕES EM
HOSPEDEIRO ALTERNATIVO *Bombyx mori* (LEPIDOPTERA:
BOMBYCIDAE)**

CAPÍTULO I – DESEMPENHO REPRODUTIVO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HOWARD) (HYM.: ENCYRTIDAE) EM HOSPEDEIROS NATURAL *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) APÓS CRIAÇÃO PRÉVIA EM HOSPEDEIRO ALTERNATIVO *Bombyx mori* (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)

Resumo - Hospedeiros alternativos aos hospedeiros naturais são fundamentais em criações massais de parasitoides. O objetivo foi avaliar se a criação de *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), por três gerações no hospedeiro alternativo *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) afeta seu desempenho reprodutivo, quando, posteriormente é transferido e criado em ovos do hospedeiro natural *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Dois grupos de *O. submetallicus* foram multiplicados, separadamente, por três gerações, um do hospedeiro alternativo *B. mori* e o outro no hospedeiro natural *E. heros*. Na sequência, ovos de *E. heros* foram expostos ao parasitismo de *O. submetallicus*, criados anteriormente em ovos de *B. mori* e *E. heros*, por três gerações. A duração do ciclo de vida ($17,47 \pm 0,13$ e $17,40 \pm 0,19$) e porcentagem de parasitismo ($64,00 \pm 2,89$ e $68,67 \pm 2,56$) de *O. submetallicus* não teve diferença entre o hospedeiro alternativo *B. mori* e hospedeiro natural *E. heros*. A taxa de emergência foi significativamente maior em ovos de *E. heros* ($83,35 \pm 3,14$), em relação a emergência observada de *O. submetallicus* criado em ovos de *B. mori* ($33,18 \pm 1,95$). O número de indivíduos por ovo foi maior em ovos de *E. heros* ($1,73 \pm 0,05$). A razão sexual ($1,00 \pm 0,00$ e $1,00 \pm 0,00$) e longevidade dos adultos alimentados com mel ($15,93 \pm 0,42$ e $12,60 \pm 0,47$) foram semelhantes quando comparadas em ovos de *B. mori* e *E. heros*. A longevidade dos adultos não alimentados ($11,13 \pm 0,54$ e $12,60 \pm 0,47$) e o índice de produção de indivíduos ($3,13 \pm 0,29$ e $9,80 \pm 0,42$), apresentaram diferença estatística em ambos hospedeiros. A duração do ciclo (ovo-adulto) ($17,27 \pm 0,21$ e $17,53 \pm 0,17$), parasitismo ($74,67 \pm 3,63$ e $76,00 \pm 3,21$), emergência ($84,84 \pm 2,34$ e $85,70 \pm 2,39$), número de indivíduos por ovo ($1,75 \pm 0,04$ e $1,82 \pm 0,04$), razão sexual ($1,00 \pm 0,00$ e $1,00 \pm 0,00$), longevidade com alimento ($20,80 \pm 0,57$ e $22,00 \pm 0,53$), longevidade sem alimento ($12,40 \pm 0,49$ e $12,20 \pm 0,45$) e índice de produção de indivíduos ($11,14 \pm 0,71$ e $11,91 \pm 0,73$) de *O. submetallicus* em ovos de *E. heros* foi semelhante após esse parasitoide ter sido criado em ovos de *B. mori* e *E. heros*. De maneira geral, *O. submetallicus* pode ser criado em ovos de *B. mori* por três gerações, sem comprometer seu desempenho reprodutivo ao ser criado posteriormente no hospedeiro natural *E. heros*.

Palavras-chave: Controle biológico; percevejo marrom; bicho-da-seda; parasitoide de ovos; características biológicas.

CHAPTER I – REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF *Ooencyrtus submetallicus* (HOWARD) (HYM.: ENCYRTIDAE) IN THE NATURAL HOSTS *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) AFTER PRIOR REARING IN THE ALTERNATIVE HOST *Bombyx mori* (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)

Abstract - Alternative hosts to natural hosts are fundamental in mass rearing of parasitoids. The objective was to evaluate whether rearing *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) for three generations on the alternative host *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) affects its reproductive performance when subsequently transferred and reared on eggs of the natural host *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Two groups of *O. submetallicus* were multiplied separately for three generations, one on the alternative host *B. mori* and the other on the natural host *E. heros*. Subsequently, *E. heros* eggs were exposed to parasitism by *O. submetallicus*, previously reared on *B. mori* and *E. heros* eggs, for three generations. The life cycle duration (17.47 ± 0.13 and 17.40 ± 0.19) and percentage of parasitism (64.00 ± 2.89 and 68.67 ± 2.56) of *O. submetallicus* did not differ between the alternative host *B. mori* and the natural host *E. heros*. The emergence rate was significantly higher in *E. heros* eggs (83.35 ± 3.14) compared to the emergence observed for *O. submetallicus* reared in *B. mori* eggs (33.18 ± 1.95). The number of individuals per egg was higher in *E. heros* eggs (1.73 ± 0.05). The sex ratio (1.00 ± 0.00 and 1.00 ± 0.00) and longevity of adults fed with honey (15.93 ± 0.42 and 12.60 ± 0.47) were similar when compared in eggs of *B. mori* and *E. heros*. The longevity of unfed adults (11.13 ± 0.54 and 12.60 ± 0.47) and the production index of individuals (3.13 ± 0.29 and 9.80 ± 0.42) showed a statistical difference in both hosts. The duration of the cycle (egg-adult) (17.27 ± 0.21 and 17.53 ± 0.17), parasitism (74.67 ± 3.63 and 76.00 ± 3.21), emergence (84.84 ± 2.34 and 85.70 ± 2.39), number of individuals per egg (1.75 ± 0.04 and 1.82 ± 0.04), sex ratio (1.00 ± 0.00 and 1.00 ± 0.00), longevity with food (20.80 ± 0.57 and 22.00 ± 0.53), longevity without food (12.40 ± 0.49 and 12.20 ± 0.45) and individual production index (11.14 ± 0.71 and 11.91 ± 0.73) of *O. submetallicus* in *E. heros* eggs was similar after this parasitoid was reared in *B. mori* and *E. heros* eggs. In general, *O. submetallicus* can be reared in *B. mori* eggs for three generations without compromising its reproductive performance when subsequently reared in the natural host *E. heros*.

Key words: Biological control; Neotropical brown stink bug; Silkworm; egg parasitoid; biological characteristics.

1. INTRODUÇÃO

Parasitoides de ovos são importantes agentes em programas de controle biológico, devido a sua diversidade e eficiência contra insetos pragas de diferentes ordens, onde impedem a eclosão de lagartas e ninfas, diminuindo os danos nas diversas culturas (BUENO et al., 2024). Estes inimigos naturais apresentam diferentes classificações, podendo ser ectoparasitoides ou endoparasitoides, solitários ou gregários, idiobiontes ou koinobiontes, especialistas ou generalistas, primários ou hiperparasitoides, a combinação dessas características podem definir a estratégia de vida de cada parasitoide, influenciando na sua eficiência contra as pragas agrícolas (WU et al., 2019; ZIKIC et al., 2024).

O gênero *Ooencyrtus* (Ashmead, 1900) foi relatado como inimigo natural em pragas agrícolas e florestais, compreende mais de 300 espécies descritas na literatura (NOYES, 2019). *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), é um endoparasitoide solitário, entretanto existem espécies que podem ser gregárias, se reproduzem por partenogênese telítoca, onde os descendentes são geralmente fêmeas, nascendo machos apenas em condições específicas de temperatura (HUANG e NOYES, 1994). Este parasitoide foi relatado parasitando naturalmente ovos de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae), (WILSON e WOOLCOCK, 1960), *Edessa mediatubunda* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) (GOLIN et al., 2011), *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) (SILVA, 2017) e *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) (CHAVES et al., 2021).

A utilização de inimigos naturais em programas de controle biológico, depende de fatores como estudos de sua biologia, capacidade de busca e reprodução em ovos de seus respectivos hospedeiros naturais nas condições de semi-campo e campo, conhecimento da reprodução em hospedeiros alternativos e a possibilidade de criação em massa (FACA et al., 2021). É necessário a escolha adequada do hospedeiro alternativo, pois características físico-químicas de cada inseto, podem afetar tanto a adaptação quanto a aceitação do parasitoide em relação ao hospedeiro, comprometendo o desempenho e qualidade do mesmo (PRATISSOLI et al., 2010). Hospedeiros alternativos são fundamentais em criações massais nos programas de controle biológico, uma vez que estes podem suprir no momento em que não houverem a disponibilidade dos hospedeiros naturais. Portanto, essa escolha requer a utilização de hospedeiros alternativos com baixo custo de produção, sem reduzir a eficiência dos parasitoides sobre o hospedeiro natural (PEREIRA et al., 2010).

O bicho-da-seda *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae), pode ser criado com baixo custo e tem alta produção de ovos, cerca de 400, além da facilidade na obtenção dos mesmos (GREISS et al., 2003).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a criação de *O. submetallicus* por três gerações em ovos do hospedeiro alternativo *B. mori* afeta seu desempenho reprodutivo, quando criado posteriormente em ovos de *E. heros*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) (22°19'80''S e 54°93'38''W), pertencente a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

ETAPA I - Criação e manutenção de insetos utilizados nos experimentos

Ooencyrtus submetallicus

A criação de *O. submetallicus* foi realizada seguindo a metodologia descrita em Faca et al. (2021). Brevemente, os parasitoides foram mantidos em tubos de vidro (2,0 cm de diâmetro x 15,0 cm de altura) fechados com algodão, contendo uma gotícula de mel de abelha para sua alimentação. Os parasitoides foram criados em ovos de *E. heros* até a montagem dos experimentos. Parte da criação foi mantida em câmara climatizada tipo B.O.D (modelo EL 222, ELETROLab®, São Paulo, SP, Brazil) e outra parte em sala climatizada, ambas as criações mantidas à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ umidade relativa do ar e fotofase de 14 horas. Indivíduos foram inicialmente obtidos de postura de *Edessa mediatubunda* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) em folhas de plantas de tomate *Solanum lycopersicum* (Linnaeus, 1753) (Solanales: Solanaceae). A coleta foi realizada por Antônio de Souza Silva na região de Dourados, MS e, posteriormente, identificados por Valmir Antonio Costa (Instituto Biológico) Campinas, São Paulo.

Bombyx mori

Pupas de *B. mori* foram adquiridas de sericultores na região de Glória de Dourados, MS, que realizam a criação comercial do Bicho-da-seda. As pupas foram mantidas no LECOBIOL até a emergência dos adultos em temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa do ar de $60 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h. A retirada dos ovos era feita diariamente e os ovos que sobravam eram armazenados em nitrogênio líquido.

Euschistus heros

Os percevejos foram coletados da fazenda experimental da UFGD por meio de rede de varredura e coleta manual. Ninfas e adultos foram criados em gaiolas confeccionadas de potes plásticos transparentes de 5L. Para alimentação foram fornecidas vagens frescas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sementes verdes de ligustro (*Ligustrum* sp.), grãos secos de soja (*Glycine max* L.), amendoim cru e descascado (*Arachis hypogaea* L.) e como fonte de água, foram utilizadas placas do tipo Petri de plásticos perfurados ao meio, onde ficava um chumaço de algodão umedecido com água. Foi utilizado como substrato de oviposição dos percevejos, papel filtro 30cm x 30cm dobrado em forma de leque (PANIZZI et al., 2000). Parte dos ovos coletados, diariamente, eram separados para manter a criação estoque de *E. heros*, estes eram colocados em placas de Petri com chumaço de algodão úmido e vagem de feijão, outra parte destinada à multiplicação do parasitoide *O. submetallicus* e montagem do experimento. A criação foi mantida em uma sala climatizada à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas. A espécie *E. heros* foi identificada pela Dr^a. Jocélia Grazia, taxonomista de percevejos pentatomídeos (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS).

ETAPA II – Desenvolvimento experimental e análises

Ooencyrtus submetallicus foi criado por uma geração em ovos de *N. viridula* (hospedeiro neutro para eliminar um possível condicionamento ao hospedeiro de criação), e os descendentes foram divididos em dois grupos e multiplicados separadamente por três gerações, sendo um grupo do hospedeiro alternativo *B. mori* e outro no hospedeiro natural *E. heros*, para garantir que o hospedeiro anterior não afetasse suas características biológicas. Dez ovos de *B. mori* e de *E. heros*, com 24 horas de idade, foram individualizados em tubos de vidro (1,00 x 6,00 cm) e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *O. submetallicus*, por 24 horas a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ umidade relativa do ar e fotofase de 14 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *O. submetallicus* foram retiradas dos tubos e os ovos mantidos até a emergência dos adultos. Os descendentes criados anteriormente em ovos de *B. mori* e *E. heros*, foram divididos novamente em dois grupos e multiplicados separadamente por três gerações somente sobre o hospedeiro natural *E. heros*, seguindo a mesma metodologia descrita a cima (Anexo I).

A duração do ciclo (ovo-adulto) (dias), porcentagem de parasitismo [(n° de ovos escuros/n° total de ovos) x 100], emergência [(n° de ovos com orifício/n° de parasitados)

x 100], número de indivíduos por ovo, razão sexual, longevidade (dias) (com e sem alimento) e índice de produção de indivíduos, foram avaliados nas duas etapas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos representados por *O. submetallicus* após ser criado em cada hospedeiro (*B. mori* e *E. heros*), com 15 repetições cada, sendo cada uma representada por dez ovos, individualizados em tubos de vidro, totalizando 150 ovos por tratamento. Na segunda etapa, utilizou-se a mesma metodologia. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, e teste T para comparação das médias, utilizando o software ASSISTAT versão 7.7 pt (2017).

3. RESULTADOS

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) ($17,47 \pm 0,13$ e $17,40 \pm 0,19$) e porcentagem de parasitismo ($64,00 \pm 2,89$ e $68,67 \pm 2,56$) do parasitoide *O. submetallicus* não teve diferença entre o hospedeiro alternativo *B. mori* e hospedeiro natural *E. heros*. Por outro lado, a taxa de emergência foi significativamente maior em ovos de *E. heros* ($83,35 \pm 3,14$), em relação a emergência observada em ovos de *B. mori* ($33,18 \pm 1,95$), respectivamente (Quadro 1).

O número de indivíduos por ovo de *O. submetallicus* foi maior em ovos de *E. heros* ($1,73 \pm 0,05$). A razão sexual ($1,00 \pm 0,00$ e $1,00 \pm 0,00$) e longevidade dos adultos alimentados com mel ($15,93 \pm 0,42$ e $12,60 \pm 0,47$) foram semelhantes quando comparadas em ovos de *B. mori* e *E. heros*. Já a longevidade dos adultos não alimentados ($11,13 \pm 0,54$ e $12,60 \pm 0,47$) e o índice de produção de indivíduos ($3,13 \pm 0,29$ e $9,80 \pm 0,42$), apresentaram diferença estatística em ambos hospedeiros (Quadro 1).

A duração do ciclo (ovo-adulto) ($17,27 \pm 0,21$ e $17,53 \pm 0,17$), parasitismo ($74,67 \pm 3,63$ e $76,00 \pm 3,21$), emergência ($84,84 \pm 2,34$ e $85,70 \pm 2,39$), número de indivíduos por ovo ($1,75 \pm 0,04$ e $1,82 \pm 0,04$), razão sexual ($1,00 \pm 0,00$ e $1,00 \pm 0,00$), longevidade com alimento ($20,80 \pm 0,57$ e $22,00 \pm 0,53$), longevidade sem alimento ($12,40 \pm 0,49$ e $12,20 \pm 0,45$) e índice de produção de indivíduos ($11,14 \pm 0,71$ e $11,91 \pm 0,73$) de *O. submetallicus* em ovos de *E. heros* foi semelhante após esse parasitoide ter sido criado em ovos de *B. mori* e *E. heros* (Quadro 2).

4. DISCUSSÃO

A criação por três gerações de *O. submetallicus* no hospedeiro alternativo *B. mori* não comprometeu as características biológicas dos parasitoides descendentes, esse fato

pode ser explicado pela semelhança do ciclo de vida (dias), taxa de parasitismo, emergência, número de indivíduos por ovo, razão sexual, longevidade (com e sem alimento) e índice de produção de indivíduos, essas características são componentes de qualidade de parasitoides.

A duração do ciclo de vida de *O. submetallicus* não apresentou diferença significativa em ovos do hospedeiro natural, quando criado previamente por três gerações em ovos do hospedeiro alternativo *B. mori*. Esse resultado indica que o uso do hospedeiro alternativo não interfere no tempo necessário para a conclusão do ciclo biológico do parasitoide, evidenciando estabilidade no desenvolvimento larval e pupal, mesmo após sucessivas gerações em um hospedeiro diferente do natural. Tal característica é particularmente relevante para programas de criação massal, pois demonstra que o parasitoide mantém seu padrão de desenvolvimento independentemente do hospedeiro de criação prévia (SILVA et al., 2022). *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) foi criado por 30 gerações em pupas de *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), sem prejuízo em suas características biológicas e preferência pelo hospedeiro-alvo, mantendo desempenho consistente no seu desenvolvimento (BERMÚDEZ et al., 2024).

A taxa de parasitismo se manteve estável entre os hospedeiros, sugerindo que as fêmeas de *O. submetallicus* mantêm sua capacidade de localizar e parasitar ovos, mesmo após serem criadas em um hospedeiro alternativo. Kruitwagen et al. (2022) apontam que desempenho e preferência dos parasitoides podem coevoluir, mas que nem sempre haverá perda de competência de oviposição imediatamente após mudança.

A emergência de *O. submetallicus* em ovos de *B. mori*, foi relativamente baixa em comparação com a emergência de ovos de outros hospedeiros. Alguns estudos indicam que maiores densidades de fêmeas possam elevar as taxas de emergência em sistemas de criação em laboratório (SANOMIA et al., 2021; CARVALHO, 2022). Porém, na natureza o parasitismo ocorre, em geral, com a oviposição realizada por uma única fêmea, o que sugere que a densidade, por si só, não constitui um fator limitante essencial. Dessa forma, a baixa emergência observada, indica que o principal fator restritivo esteja associado às características intrínsecas do ovo do hospedeiro alternativo, como a estrutura e espessura do córion, a composição físico-química do conteúdo do ovo e possíveis mecanismos adaptativos de proteção embrionária, incluindo aqueles relacionados à diapausa, amplamente descritos para essa espécie (TSITILOU et al., 1983; HAMODRAKAS et al., 1984). Tais características podem dificultar o desenvolvimento

do parasitoide, refletindo no menor número de indivíduos por ovo e no baixo índice de produção de descendentes. Apesar disso, quando *O. submetallicus* foi novamente criado em ovos do hospedeiro natural *E. heros*, a emergência, o número de indivíduos por ovo e o índice de produção não foram afetados, demonstrando que a utilização de *B. mori* como hospedeiro alternativo não compromete permanentemente as qualidades biológicas do parasitoide.

Os resultados encontrados, são semelhantes aos observados em outro estudo, onde as características biológicas de *Palmistichus elaeisis* (Delvare & LaSalle, 1933) (Hymenoptera: Eulophidae), em pupas do hospedeiro natural *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), não foram comprometidas, após terem sido criadas por seis gerações, em pupas dos hospedeiros alternativos *B. mori* e *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) (PEREIRA et al., 2010). As características biológicas de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos do hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), também não foram comprometidas quando criados por sucessivas gerações em ovos do hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1863) (Lepidoptera: Pyralidae) (FERREIRA, 2023).

A razão sexual não foi afetada significativamente em nenhum dos experimentos, apresentando somente parasitoides fêmeas. Isso pode ser explicado devido ao tipo de reprodução do parasitoide, que ocorre por partenogênese telítoca, onde os óvulos desenvolvem apenas descendentes fêmeas, ocorrendo machos em condições raras de temperatura (WILSON e WOOLCOCK, 1960). Essa característica é interessante para a escolha da espécie do parasitoide que será utilizado em programas de controle biológico, pois, é desejável um maior número de fêmeas, sendo elas as responsáveis pelo parasitismo dos ovos do hospedeiro (BUENO et al., 2009).

A longevidade com alimento não teve diferença estatística entre os hospedeiros, demonstrando que os adultos emergidos, independente do hospedeiro de origem, têm capacidade similar de sobrevivência quando recebem alimento (mel). Estudos mostram que a longevidade de parasitoides adultos é fortemente determinada pela disponibilidade e qualidade do alimento, em especial, fontes de açúcares como mel, néctar ou melado (TORRES-MORENO e MAYGOZA, 2024). Em parasitoides como *Psytalia concolor* (Szepligeti, 1910) (Hymenoptera: Braconidae) a longevidade foi significativamente aumentada pela oferta de açúcares, independentemente do hospedeiro utilizado na criação (PINHEIRO et al., 2022).

A longevidade sem alimento do parasitoide criado em ovos do hospedeiro alternativo foi afetada. Isso sugere que parasitoides oriundos do hospedeiro natural acumulam maiores reservas energéticas internas durante o desenvolvimento, permitindo maior tolerância à falta de alimento. Este fato é coerente com achados onde a longevidade e a tolerância a jejum variam conforme a qualidade nutricional do hospedeiro e do alimento disponível na fase adulta (KISHINEVSKY e IVES, 2024). Essa limitação pode ser crítica em campo, onde o parasitoide pode enfrentar momentos sem acesso a fontes de alimento como o néctar (TORRES-MORENO e MAYGOZA, 2024.).

Recomenda-se que, parasitoides com capacidade de utilização de hospedeiros alternativos, possam ser criados em mais de um hospedeiro, uma vez que a manutenção por várias gerações em um único hospedeiro pode resultar na redução do desempenho biológico. A alternância de hospedeiros pode contribuir para minimizar possíveis efeitos da variabilidade genética e da adaptação excessiva ao ambiente de criação, reduzindo o surgimento de características indesejáveis que comprometam a eficiência do parasitoide em programas de controle biológico e no controle de qualidade das criações. Para parasitoides estritamente específicos a um único hospedeiro, estratégias alternativas de manejo genético, como a introdução periódica de indivíduos provenientes do campo, tornam-se necessárias (GLAESER et al., 2014; LI et al., 2024).

As características biológicas e o desempenho reprodutivo de *O. submetallicus* não foram afetadas, negativamente após criação por três gerações em hospedeiro alternativo *B. mori*, e posterior criação no hospedeiro natural *E. heros*. Esse estudo é relevante para a multiplicação e manutenção de *O. submetallicus*, em laboratório, sendo a criação de *B. mori* de baixo custo e podendo suprir a ausência temporária de ovos de *E. heros*, além disso, demonstra a capacidade do parasitoide de parasitar e se adequar a diferentes hospedeiros.

5. CONCLUSÕES

Ooencyrtus submetallicus pode ser criado no hospedeiro alternativo *B. mori* por três gerações, sem comprometer seu desempenho reprodutivo ao ser criado posteriormente no hospedeiro natural *E. heros*.

6. AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudo. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos cedidos a execução deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERMÚDEZ, N.; DE LA PAVA, N.; CÁCERES, J.; SILVA-TORRES, C.; TORRES, J. Long-term suitability of an alternative host for rearing the sugarcane stalk borer parasitoid *Tetrastichus howardi*. **Bulletin of entomological research**, v. 114, 2024. Doi: 10.1017/S0007485324000129

BUENO, A. F.; SUTIL, W. P.; ROSWADOSKI, L. COLMENAREZ, Y. C. **Augmentative biological control of stink bugs on soybean: the Brazilian scenario**. CABI Agriculture and Bioscience, v. 58, p. 1-10, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1186/s43170-024-00264-9>

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; HADDAD, M. L. Desempenho de Tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, v. 38, p. 389-394, 2009. Doi:10.1590/S1519-566X2009000300015

CHAVES, V. F.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; SILVA, I. F.; PASTORI, P. L.; OLIVEIRA, H. N.; COSTA, V. A.; CARDOSO, C. R. G. Thermal Requirements of *Ooencyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) and *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae) Parasitizing *Euschistus heros* Eggs (Hem.: Pentatomidae). **Insects**, v. 12, p. 01-13, 2021. Doi: 10.3390/insects12100924

FACA, E. C.; PEREIRA, F. F.; FERNANDES, W. C.; SILVA, I. F.; COSTA, V. A.; WENGRAT, A. P. G. S. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Trissolcus* sp. aff. *Urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) in eggs of *Nezara viridula* (hemiptera: Pentatomidae) of different ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 96-106, 2021. Doi: 10.5539/jas.v13n10p96

FERREIRA, T. T. **Hospedeiros alternativos podem substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)?** Dissertação Mestrado Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 2023, 66 p.

GLAESER, D. F.; PEREIRA, F. F.; VARGAS, E. L.; CALADO, V. R. F.; FAVERO, K. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* in *Diatraeae saccharalis* after three generations in *Tenebrio molitor*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 213-218, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200013>

GOLIN, V.; LOIÁCONO, M. S.; MARGARÍA, C. B.; AQUINO, D. A. Natural incidence of egg parasitoids of *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) on *Crotalaria spectabilis* in Campo Novo do Parecis, MT, Brazil. *Neotropical Entomology*, v. 40, p.617-618, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000500015>

GREISS, H.; PETKOV, N.; BOITCHEV, K.; PETKOV, Z. Study on improved technology for silkworm *Bombyx mori* L. rearing in Egypt. II. Commercial egg production. **Bulgarian Journal of Agriculture Science**, v.9, p.109-112, 2003. Doi: 10.5555/20043214714

HAMODRAKAS, S. J.; KAMITSOS, E. I.; PAPANIKILAOU, A. Laser-Raman spectroscopic studies of the eggshell (chorion) of *Bombyx mori*. **International Journal**

of **Biological Macromolecules**, v. 6, p. 333-336, 1984. Doi: 10.1016/0141-8130(84)90019-9

HUANG, D. W.; NOYES, J. S. A revision of the Indo-Pacific species of *Ooencyrtus* (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoids of the immature stages of economically important insects' species (mainly Hemiptera and Lepidoptera). **Bulletin of the Natural History Museum**, v. 63, p. 1-136, 1994. Doi: 10.5281/zenodo.16439691

KRUITWAGEN, A.; BEUKEBOOM, L. W.; WERTHEIM, B.; DOORN, G. S. V. Evaluation of parasitoid host preference and performance in response to an invasive host acting as evolutionary trap. **Ecology and Evolution**, v. 4, e9030, 2022. Doi: 10.1002/ece3.9030

KISHINEVSKY, M.; IVES, A. R. Longevity of hymenopteran parasitoids in natural versus agricultural habitats and implications for biological control. **Ecological applications**, v. 34, e3009, 2024. Doi: 10.1002/eap.3009

LI, B.; DUAN, Y.; DU, Z.; WANG, X.; LIU, S.; FENG, Z.; TIAN, L.; SONG, F.; YANG, H.; CAI, W.; LIN, Z.; LI, H. Natural selection and genetic diversity maintenance in a parasitic wasp during continuous biological control application. **Nature Communications**, v.15, e1379, 2024. Doi: [10.1038/s41467-024-45631-2](https://doi.org/10.1038/s41467-024-45631-2)

NOYES, J. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. Disponível em: <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. Acessado em: 12 jul 2024.

PANIZZI, A. R.; MCPHERSON, J. E.; JAMES, D. G.; JAVAHERY, M.; MCPHERSON, R. M. **Stink bugs (Pentatomidae)**. In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, 56 A.R. (Eds.). Heteroptera of economic importance, p. 421-474, 2000. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/stink.panizzi_000ge7ase4102wx5ok0ylax2l13dkn14.pdf. Acesso em: julho de 2025.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; PASTORI, P. L.; CHICHERA, R. A.; ANDRADE, G. S.; SERRÃO, J. Reproductive biology of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with alternative and natural hosts. **Zoologia**, v. 27, n.6, p. 887-891, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000600008>

PINHEIRO, L. A.; PEREIRA, J. A.; MEDINA, P.; SANTOS, S. A. P. Longevity and parasitism capacity of *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) fed on sugar solutions and insect honeydew. **Agronomy**, v. 12, 2022. Doi: 10.3390/agronomy12102401

PRATISSOLI, D.; DALVI, L. P.; POLANCZYK, R. A.; ANDRADE, G. S.; HOLTZ, A. M.; NICOLINE, H. O. Características Biológicas de *Trichogramma exiguum* em Ovos de *Anagasta kuehniella* e *Sitotroga cerealella*. **Idesia**, v. 28, n.1, p 39-42, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000100006>

SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in egg densities of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, p. 1-10, 2021. Doi: 10.4039/tce.2021.52

SILVA, C.; DE CARVALHO, V.; DE ANDRADE BOMFIM, J.; DA SILVA, N.; DE OLIVEIRA, R. Influence of factitious hosts on the morphometry and diversity of endosymbionts of the egg parasitoid *Telenomus remus*: insights for applied biological control. **Phytoparasitica**, v.51, p. 77-88, 2022. Doi: 10.1007/s12600-022-01033-y

SILVA, A. S. **Controle biológico de *Erinnyis Ello* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Sphingidae) com parasitoides na cultura da mandioca.** Tese Doutorado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017, 85 p.

TORRES-MORENO, R.; MOYA-RAYGOZA, G. Effects of food Resources on the longevity, survival, and fecundity of *Parcentrocia subflava* adults, an egg parasitoid of the corn leafhopper pest *Dalbulus maidis*. **Anais de Biologia Aplicada**, v. 185, p. 231-241, 2024. Doi: 10.1111/aab.12906

TSITILOU, S. G.; RODAKIS, G. C.; ALEXOPOULOU, M.; KAFATOS, F. C.; ITO, K.; IATROU, K. Structural features of B Family chorion sequences in the silkworm *Bombyx mori*, and their evolutionary implications. **The EMBO Journal**, v. 2, p. 1845-1983, 1983. Doi: 10.1002/j.1460-2075.1983.tb01668.x

WILSON, F.; WOOLCOCK, L. T.; Temperature determination of sex in a parthenogenetic parasite, *Ooencyrtus submetallicus* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae). **Australian Journal of Zoology**, v.8, p.153-169, 1960. Doi: <https://doi.org/10.1071/ZO9600153>

WU, P. X.; MA, B. X.; WU, F. M.; XU, J. ZHANG, C. Z. The endoparasitoid *Psyllaephagus arenarius* benefits from ectoparasitic venom via multiparasitism with the ectoparasitoid *Tamarixia lyciumi*. **Insect Science**, v. 27, p. 815-825, 2019. Doi: 10.1111/1744-7917.12704

ZIKIC, V. FERNANDEZ-TRIANA, J. L.; TRAJKOVIC, A.; LAZAREVIC, M. Advancing sustainable agriculture; potential of life story strategies of solitary and gregarious Microgastrinae parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to enhance biological control. **Sustainability**, v. 16, p. 1-22, 2024. Doi: <https://doi.org/10.3390/su162210004>

Quadro 1. Características biológicas (erro padrão \pm média) de *Ooencyrtus submetallicus* criados em ovos de *Bombyx mori* e *Euschistus heros* em condições de laboratório à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026

Características biológicas	<i>Bombyx mori</i> (EP \pm média) ¹	(n)	<i>Euschistus heros</i> (EP \pm média) ¹	(n)
Duração do Ciclo de vida (dias)	17,47 \pm 0,13 ^a	15	17,40 \pm 0,19 ^a	15
Parasitismo (%)	64,00 \pm 2,89 ^a	15	68,67 \pm 2,56 ^a	15
Emergência (%)	33,18 \pm 1,95 ^a	15	83,35 \pm 3,14 ^b	15
Nº de Indivíduos/ ovo	1,47 \pm 0,10 ^a	15	1,73 \pm 0,05 ^b	15
Razão sexual	1,00 \pm 0,00 ^a	15	1,00 \pm 0,00 ^a	15
‘ Longevidade (dias)	15,93 \pm 0,42 ^a	15	17,93 \pm 0,90 ^a	15
“ Longevidade (dias)	11,13 \pm 0,54 ^a	15	12,60 \pm 0,47 ^b	15
Índice de produção de indivíduos	3,13 \pm 0,29 ^a	15	9,80 \pm 0,42 ^b	15

¹Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem entre si pelo teste T com 5% de probabilidade.

‘ Longevidade com alimento (mel) e “ Longevidade sem alimento.

Quadro 2. Características reprodutivas (erro padrão \pm média) de *Ooencyrtus submetallicus* criados em ovos de *Euschistus heros* após seis gerações em ovos de *Bombyx mori* ou *Euschistus heros* em condições de laboratório à $25\pm 2^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026.

Características reprodutivas	<i>Euschistus heros</i> (EP \pm média) ¹	(n)	<i>Euschistus heros</i> (EP \pm média) ¹	(n)
Ciclo de vida (dias)	17,27 \pm 0,21 ^a	15	17,53 \pm 0,17 ^a	15
Parasitismo	74,67 \pm 3,63 ^a	15	76,00 \pm 3,21 ^a	15
Emergência	84,84 \pm 2,34 ^a	15	85,70 \pm 2,39 ^a	15
Nº de Indivíduos/ ovo	1,75 \pm 0,04 ^a	15	1,82 \pm 0,04 ^a	15
Razão sexual	1,00 \pm 0,00 ^a	15	1,00 \pm 0,00 ^a	15
Longevidade ‘	20,80 \pm 0,57 ^a	15	22,00 \pm 0,53 ^a	15
Longevidade “	12,40 \pm 0,49 ^a	15	12,20 \pm 0,45 ^a	15
Índice de produção de indivíduos	11,14 \pm 0,71 ^a	15	11,91 \pm 0,73 ^a	15

¹Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem entre si pelo teste T com 5% de probabilidade.

‘ Longevidade com alimento (mel) e “ Longevidade sem alimento.

CAPÍTULO II

**PARASITISMO E DESENVOLVIMENTO DE *Ooencyrtus submetallicus*
(HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES PARA
CRIAÇÃO EM LARGA ESCALA**

CAPÍTULO - II PARASITISMO E DESENVOLVIMENTO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) EM OVOS DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EM DIFERENTES DENSIDADES PARA CRIAÇÃO EM LARGA ESCALA

Resumo - Para aplicação em programas de controle biológico, torna-se necessário estabelecer protocolos de criação massal em condições laboratoriais que assegurem elevada taxa de parasitismo, emergência e qualidade biológica dos parasitoides. O objetivo foi avaliar o parasitismo e desenvolvimento de *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) em ovos do hospedeiro *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), sob diferentes densidades de adultos do parasitoide, visando otimizar sua criação em larga escala. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições. Foram utilizadas fêmeas de *O. submetallicus* com até 120 h de idade, previamente alimentadas com mel, expostas por 24 h a ovos de *E. heros* com 24 h de idade, em diferentes proporções: T1 (1 fêmea: 6 ovos), T2 (6:36), T3 (12:72), T4 (24:144) e T5 (30:300). Após o período de exposição, as fêmeas foram removidas e os ovos mantidos em câmara climatizada (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h) até a emergência dos adultos. Foram avaliados: duração do ciclo ovo-adulto, porcentagem de parasitismo (P%), emergência (E%), número de indivíduos por ovo (NIO), razão sexual e longevidade dos adultos. As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A duração do ciclo ovo-adulto foi semelhante entre os tratamentos, variando de $17,7 \pm 0,15$ a $18,0 \pm 0,26$ dias. A taxa de parasitismo (P%) variou de 79,9% a 87,9%. O tratamento 1 apresentou valor significativamente inferior ($79,99 \pm 3,33$), enquanto T4 e T5 obtiveram os maiores valores ($88,68\% \pm 1,11$ e $87,87 \pm 2,02$). Os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores intermediários ($81,94 \pm 0,85$ e $85,00 \pm 2,42$), não diferindo estatisticamente. Resultados semelhantes foram observados na emergência (E%), com menor valor numérico em T1 ($86,33 \pm 3,00$), maiores valores em T4 ($94,23 \pm 0,83$) e T5 ($93,68 \pm 1,16$), e valores intermediários em T2 e T3 ($91,17 \pm 0,76$ e $91,71 \pm 1,04$). Para NIO e longevidade, não foram detectadas diferenças significativas, permanecendo estáveis em torno de 1,8 indivíduos/ovo e 23,5 dias, respectivamente. O aumento do número de *O. submetallicus* e da disponibilidade de ovos favoreceu as taxas de parasitismo e emergência, principalmente nas densidades mais altas, sem afetar características biológicas, sendo a combinação de 30 fêmeas de *O. submetallicus* para 300 ovos de *E. heros* a que apresentou os melhores resultados para a criação em larga escala desse parasitoide.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico; Inimigos naturais; Produção de parasitoides.

CHAPTER II – PARASITISM AND DEVELOPMENT OF *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) IN EGGS OF *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) AT DIFFERENT DENSITIES FOR LARGE-SCALE REARING

Abstract - For application in biological control programs, it is necessary to establish mass rearing protocols under laboratory conditions that ensure a high rate of parasitism, emergence, and biological quality of the parasitoids. The objective was to evaluate the parasitism and development of *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae) in eggs of the host *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), under different densities of parasitoid adults, aiming to optimize its large-scale rearing. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five treatments and ten replicates. Female *O. submetallicus* stingless bees up to 120 h old, previously fed with honey, were exposed for 24 h to 24 h old *E. heros* eggs in different proportions: T1 (1 female: 6 eggs), T2 (6:36), T3 (12:72), T4 (24:144) and T5 (30:300). After the exposure period, the females were removed and the eggs were kept in a climate-controlled chamber (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ RH and 14 h photoperiod) until adult emergence. The following were evaluated: duration of the egg-to-adult cycle, percentage of parasitism (P%), emergence (E%), number of individuals per egg (NIO), sex ratio and longevity of adults. The means were subjected to analysis of variance and compared using Tukey's test ($p \leq 0.05$). The duration of the egg-to-adult cycle was similar among treatments, ranging from 17.7 ± 0.15 to 18.0 ± 0.26 days. The parasitism rate (P%) ranged from 79.9% to 87.9%. Treatment 1 showed a significantly lower value (79.99 ± 3.33), while T4 and T5 had the highest values (88.68 ± 1.11 and 87.87 ± 2.02). Treatments T2 and T3 showed intermediate values (81.94 ± 0.85 and 85.00 ± 2.42), not differing statistically. Similar results were observed for emergence (E%), with the lowest numerical value in T1 (86.33 ± 3.00), the highest values in T4 (94.23 ± 0.83) and T5 (93.68 ± 1.16), and intermediate values in T2 and T3 (91.17 ± 0.76 and 91.71 ± 1.04). For NIO and longevity, no significant differences were detected, remaining stable around 1.8 individuals/egg and 23.5 days, respectively. The increase in the number of *O. submetallicus* and the availability of eggs favored parasitism and emergence rates, mainly at higher densities, without affecting biological characteristics. The combination of 30 *O. submetallicus* females to 300 *E. heros* eggs showed the best results for large-scale rearing of this parasitoid.

Keywords: Biological control; Natural enemies; Parasitoid production.

1. INTRODUÇÃO

O percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), é uma das principais pragas da cultura da soja no Brasil. Sua ocorrência é frequente em diversas regiões produtoras, e os danos causados por esse inseto incluem a perfuração de vagens, sucção de grãos e redução da qualidade e produtividade da lavoura (SALDANHA et al., 2024). O ataque ocorre principalmente nos estágios reprodutivos da soja (R5-R6), quando a densidade populacional do inseto aumenta (SOUZA et al., 2020). A alta capacidade de adaptação de *E. heros* às condições climáticas e ao sistema agrícola brasileiro contribui para sua ampla disseminação, tornando seu controle um desafio constante (MOREIRA et al., 2024).

O controle químico, embora amplamente utilizado, enfrenta limitações como seleção de populações resistentes e a crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis (SOMAVILLA et al., 2020). Diante disso, com a demanda por alternativas sustentáveis, o controle biológico tem ganhado destaque como estratégia eficaz. Entre os agentes naturais utilizados, destaca-se o parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897), pertencente à família Encyrtidae (SANOMIA et al., 2021). Este himenóptero é capaz de parasitar ovos de *E. heros*, interrompendo seu ciclo de vida e contribuindo para a redução populacional da praga. Além disso, sua eficiência é comparada à de outros parasitoides como *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (Hymenoptera: Platygasteridae) (CHAVES et al., 2021). Estudos demonstram sua capacidade de parasitar eficientemente os ovos do hospedeiro, com boa taxa de emergência e longevidade dos adultos, características desejáveis para programas de criação massa. A multiplicação do parasitoide é eficiente em diferentes densidades de ovos, sendo a proporção 1:6 (parasitoide-ovo) a mais adequada (PIÑEYRO FERREIRA, 2016; SANOMIA et al., 2021).

Em programas de controle biológico com parasitoides de ovos, é necessário realizar a criação e a manutenção dos hospedeiros em laboratório, para que haja produção contínua de ovos e assim, permitir a criação massal do parasitoide (CORRÊA-FERREIRA, 1993). A criação massal, é uma etapa crítica para viabilizar sua aplicação em campo, sendo necessário compreender os fatores que influenciam o desempenho biológico dos parasitoides em condições controladas. A proporção ideal entre parasitoide e hospedeiro, idade dos insetos, tempo de exposição, são determinantes para maximizar a produção desses parasitoides (LÜ et al., 2024). Conhecer e ajustar a densidade adequada, ajuda a otimizar a produção sem comprometer características essenciais como fecundidade,

longevidade e a viabilidade dos descendentes, pois, densidades inadequadas podem reduzir a eficiência produtiva e a qualidade biológica desses agentes de controle biológico (HOU-DING et al., 2024).

Por esse motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar o parasitismo e desenvolvimento de *O. submetallicus* em ovos do hospedeiro *E. heros* sob diferentes densidades de adultos desse parasitoide, visando otimizar sua criação em larga escala.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) (22°19'80''S e 54°93'38''W), pertencente a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

ETAPA I - Criação e manutenção de insetos utilizados nos experimentos

Ooencyrtus submetallicus

A criação de *O. submetallicus* foi realizada seguindo a metodologia descrita em Faca et al. (2021). Brevemente, os parasitoides foram mantidos em tubos de vidro (2,0 cm de diâmetro x 15,0 cm de altura) fechados com algodão, contendo uma gotícula de mel de abelha para sua alimentação. Os parasitoides foram criados em ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) até a montagem dos experimentos. Parte da criação foi mantida em câmara climatizada tipo B.O.D (modelo EL 222, ELETROLab®, São Paulo, SP, Brazil) e outra parte em sala climatizada, ambas as criações mantidas à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ umidade relativa do ar e fotofase de 14 horas. Indivíduos foram inicialmente obtidos de postura de *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) em folhas de plantas de tomate *Solanum lycopersicum* (Linnaeus, 1753) (Solanales: Solanaceae). A coleta foi realizada por Antônio de Souza Silva na região de Dourados, MS e, posteriormente, identificados por Valmir Antonio Costa (Instituto Biológico) Campinas, São Paulo.

Euschistus heros

Os percevejos foram coletados da fazenda experimental da UFGD por meio de rede de varredura e coleta manual. Ninfas e adultos foram criados em gaiolas confeccionadas de potes plásticos transparentes de 5L. Para alimentação foram fornecidas vagens frescas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sementes verdes de ligustro (*Ligustrum* sp.), grãos secos de soja (*Glycine max* L.), amendoim cru e descascado (*Arachis hypogaea* L.) e como

fonte de água, foram utilizadas placas do tipo Petri de plásticos perfurados ao meio, onde ficava um chumaço de algodão umedecido com água. Foi utilizado como substrato de oviposição dos percevejos, papel filtro 30cm x 30cm dobrado em forma de leque (PANIZZI et al., 2000). Parte dos ovos coletados, diariamente, eram separados para manter a criação estoque de *E. heros*, estes eram colocados em placas de Petri com chumaço de algodão úmido e vagem de feijão, outra parte destinada à multiplicação do parasitoide *O. submetallicus* e montagem do experimento. A criação foi mantida em uma sala climatizada à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas. A espécie *E. heros* foi identificada pela Dr^a. Jocélia Grazia, taxonomista de percevejos pentatomídeos (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS).

ETAPA II – Desenvolvimento experimental e análises

Ovos de 24h de idade do hospedeiro *E. heros*, foram expostos ao parasitismo por fêmeas de *O. submetallicus* (com até 120h), previamente alimentadas com mel, em potes coletores. O parasitismo foi permitido por 24h, após este período, as fêmeas do parasitoide foram retiradas e os ovos transferidos para câmara climatizada (25 ± 2 °C) até a emergência dos adultos para avaliação das características. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 10 repetições, sendo no tratamento T1, foi utilizado 1 fêmea do parasitoide para 6 ovos do hospedeiro; T2: 6 fêmeas do parasitoide para 36 ovos do hospedeiro; T3: 12 fêmeas do parasitoide para 72 ovos do hospedeiro; T4: 24 fêmeas do parasitoide para 144 ovos do hospedeiro e para o T5: 30 fêmeas do hospedeiro para 300 ovos do hospedeiro (Anexo II).

A duração do ciclo (ovo-adulto) (dias), porcentagem de parasitismo [(n° de ovos escuros/n° total de ovos) x 100], emergência [(n° de ovos com orifício/n° de parasitados) x 100], número de indivíduos por ovo, longevidade (dias) (com e sem alimento) e índice de produção de indivíduos, foram avaliados nas duas etapas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições cada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando o software ASSISTAT versão 7.7 pt (2017).

3. RESULTADOS

A duração do ciclo de vida não teve diferença estatística, sendo em média de $17,86 \pm 0,22$ dias. O parasitismo variou de $79,99 \pm 3,33$ a $88,68 \pm 1,11$, sendo as maiores médias

observadas nos tratamentos com maior número de ovos, somente o tratamento 1 (1:6) e 4 (24:144) apresentaram diferenças significativas entre si (Quadro 1).

As taxas de emergência apresentaram valores elevados em todos os tratamentos, variando de 86,33% a 94,23%, sendo o tratamento T1 ($86,33 \pm 3,00$) diferente estatisticamente de T4($94,23 \pm 0,83$) e T5 ($93,68 \pm 1,16$). A razão sexual e o número de indivíduos por ovo ($1,73 \pm 0,06$ a $1,85 \pm 0,03$), não apresentaram diferença estatística em relação aos tratamentos. A longevidade dos adultos variou de 23,30 a 23,80 dias, sem diferenças significativas entre tratamentos (Quadro 1).

O índice de produção de indivíduos (IPI), apresentou diferença estatística entre todos os tratamentos, sendo o menor IPI no tratamento 1 ($7,28 \pm 0,51$), e o maior IPI no tratamento 5 ($437,33 \pm 16,16$) (Figura 1).

4. DISCUSSÃO

As diferentes proporções de parasitoide-ovo para o desenvolvimento em larga escala de *O. submetallicus* em ovos de *E. heros*, não afetou significativamente as características biológicas como, ciclo de vida (ovo-adulto), número de indivíduos por ovo e longevidade. Já as características como parasitismo e emergência foram estáveis. O índice de produção de indivíduos foi influenciado diretamente pelas proporções testadas.

A duração do ciclo de vida de *O. submetallicus* manteve-se constante em todos os tratamentos, em média 18,86 dias, evidenciando que o aumento na quantidade de ovos não altera o desenvolvimento temporal do parasitoide. O ciclo de vida deste parasitoide pode chegar até a 19 dias, correspondendo à 60% do ciclo de vida de seu hospedeiro *E. heros*, que é em média 30 dias (PIÑEYRO FERREIRA, 2016; CHAVES et al., 2021). Essa característica pode ser interessante em liberações inundativa, uma vez que, o inimigo natural se reproduz mais rápido que o inseto praga, além disso, permite estimar o tempo de sobrevivência do parasitoide, realizar o planejamento e estimar o número de liberações necessárias em campo (SORESEN et al, 2012).

O parasitismo variou conforme o aumento da proporção parasitoide-ovo, atingindo o pico (88,68%) no tratamento 4 (24:144), sendo o único que se diferenciou estatisticamente do tratamento 1 (1:6), porém, todos eles acima de 76%. Parasitismo acima desta porcentagem em laboratório, demonstra que este parasitoide tem potencial para ser um possível agente de controle biológico (GONÇALVES et al., 2003). Em relação ao tratamento 5 (30:300) não ter superado o tratamento 4 (24:144), sugere a existência de um “limite ótimo”, onde a medida que se aumentou o número de ovos houve

decréscimo no parasitismo, podendo estar relacionado com a capacidade biológica de *O. submetallicus* parasitar ovos ao longo do seu ciclo de vida, uma vez que, na literatura a relatos de uma única fêmea deste parasitoide conseguir parasitar em média de 5 à 6 ovos do hospedeiro em 24 horas (SANOMIA et al., 2021; CHAVES et al., 2021).

É importante ressaltar que a relação da densidade de parasitoide-ovo mostrou ter função sigmoideal, estes resultados são semelhantes com o parasitismo de espécies do gênero *Trissolcus* em ovos de *E. heros*, quando foram submetidos a uma alta densidade de ovos do hospedeiro, o parasitismo atingiu um pico máximo, ocorrendo em seguida um decréscimo na porcentagem de parasitismo (LAUMANN et al., 2008). A função sigmoideal permite determinar o desempenho do parasitoide em função do número de hospedeiro, com isso, é possível explorar sua capacidade à nível de campo (SANOMIA et al., 2021). Outro fator a ser considerado é o tempo de exposição do parasitismo, que pode ter sido insuficiente para parasitar densidade de ovos mais elevadas, este fator foi observado para *Trichogramma pretiosum* (Riley 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que parasitou no máximo 20 ovos do hospedeiro *Diaphana hyalinata* (Linnaeus, 1767) (Lepidoptera: Crambidae), no período de 24h, sendo a taxa de parasitismo reduzida a após este período (POLANCZYK et al., 2011). O processo de parasitismo requer tempo, onde as fêmeas de parasitoides seguem etapas (MOREIRA et al., 2009), como localização do hábitat e do hospedeiro por meio de pistas químicas ou sinais vibratórios, reconhecimento e aceitação do hospedeiro com toque das antenas e ovipositor, além da regulação e oviposição, pois muitas espécies injetam venenos ou vírus (H. C. J. Godfray, Obra Principal: Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology)

As taxas de emergência apresentaram valores elevados em todos os tratamentos (86,33% a 94,23%), o que confirma a eficiência do desenvolvimento do parasitoide mesmo sob diferentes densidades, além de considerar que os ovos de *E. heros* são apropriados para o seu desenvolvimento. Porcentagens de emergência superiores a 70% são consideradas ideais em condições de laboratório (OLIVEIRA et al., 2008). Este parâmetro auxilia na escolha da melhor densidade para a multiplicação do parasitoide em condições de laboratório, uma vez que, taxas muito baixas de emergência podem prejudicar o programa de controle biológico (LÜ et al., 2024).

O número médio de indivíduos por ovo (1,73 a 1,85) se manteve estável, indicando que a quantidade de ovos ofertada não compromete a capacidade de desenvolvimento de múltiplos indivíduos por hospedeiro. O desenvolvimento de mais de um indivíduo por ovo está relacionado à poliembrião, que ocorre em famílias de parasitoides como,

Braconidae, Dryinidae, Encyrtidae, Platygasteridae (STRAND, 2009). O número de indivíduos por ovo é vantajoso desde que não afete de forma negativa a qualidade do parasitoide, sendo necessários os estudos de densidade de parasitismo, para avaliar qual densidade e hospedeiro devem ser utilizados de acordo com cada objetivo a ser alcançado (SANOMIA et al., 2021).

A razão sexual dos parasitoides não foi afetada diante das densidades testadas. *Ooencyrtus submetallicus* se reproduz por partenogênese telítoca, o sexo é determinado pela temperatura em que as fêmeas são expostas durante seu desenvolvimento e vida adulta. Em temperaturas inferiores a 29,44°C, este parasitoide produz exclusivamente descendentes fêmeas (WILSON e WOOLCOCK, 1960). Esse fator pode ter influenciado no caso deste experimento que foi conduzido em sala climatizada a 25°C. Essa característica de produzir somente descendentes fêmeas, é de interesse para a escolha da espécie de parasitoide a ser utilizado em programas de controle biológico, uma vez que, é desejável maior produção de fêmeas, estas responsáveis pelo parasitismo (CHEN et al., 2021).

A longevidade dos adultos variou de 23,30 a 23,80 dias, sem diferenças significativas entre tratamentos, reforçando que a qualidade biológica do parasitoide foi preservada independentemente da densidade de ovos parasitados. No estudo com *Trichospilus diatraeae* (Margabandhu & Cherian, 1942) (Hymenoptera: Eulophidae) obteve a longevidade similar entre os tratamentos quando foram submetidos a diferentes densidades de pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Erebiidae) (OLIVEIRA et al, 2018). Quando o objetivo é a produção em grande escala, a capacidade de sobrevivência de inimigos naturais é um fator de interesse para se obter um manejo eficiente à campo (QUEIROZ, et al., 2017). Além disso, a longevidade dos parasitoides está relacionada a vários fatores como, condições ambientais, alimentação, gasto energético e oviposição (WARSI et al., 2023).

Por outro lado, o índice de produção de indivíduos (IPI) aumentou expressivamente de acordo com a quantidade de ovos oferecidos, variando de aproximadamente 7,28 indivíduos no tratamento 1 (1:6) para mais de 437,33 indivíduos no tratamento 5 (30:300). Esse parâmetro apresentou diferenças estatísticas significativas, demonstrando que o aumento da disponibilidade de hospedeiros impacta diretamente na capacidade de multiplicação do parasitoide em escala laboratorial. O índice de produção de indivíduos estima o número total de parasitoides viáveis produzidos, sendo maximizado nas proporções mais altas, especialmente nos tratamentos 4, apesar do tratamento 5 ter

apresentado maior IPI, o tratamento 4 apresentou maior equilíbrio entre a capacidade de parasitismo e a manutenção da qualidade da prole, levando em consideração características de eficiência reprodutiva (parasitismo, emergência e razão sexual) (OSMAN et al., 2025).

Esses resultados demonstram que *O. submetallicus* mantém estabilidade em seus parâmetros biológicos mesmo sob diferentes proporções parasitoide:ovo, evidenciando sua adaptabilidade às condições de criação. Embora a razão mais elevada (30:300) tenha se destacado pelo maior índice de produção, não foram observados efeitos negativos sobre ciclo, emergência, parasitismo, número de indivíduos por ovo ou longevidade, o que reforça a viabilidade da utilização dessa espécie em programas de liberação massal. Esses achados contribuem para a consolidação de protocolos de criação mais eficientes e fornecem subsídios para futuras etapas de validação em campo, fundamentais para ampliar o uso de parasitoides no manejo integrado de *E. heros*.

5. CONCLUSÃO

. O aumento do número de *O. submetallicus* e da disponibilidade de ovos favoreceu as taxas de parasitismo e emergência, principalmente nas densidades mais altas, sem afetar características biológicas, sendo a combinação de 30 fêmeas de *O. submetallicus* para 300 ovos de *E. heros* a que apresentou os melhores resultados para a criação em larga escala desse parasitoide.

6. AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudo. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos cedidos a execução deste trabalho

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAVES, V. F.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; SILVA, I. F.; PASTORI, P. L.; OLIVEIRA, H. N.; COSTA, V. A.; CARDOSO, C. R. G. Thermal Requirements of *Ooencyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) and *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae) Parasitizing *Euschistus heros* Eggs (Hem.: Pentatomidae). **Insects**, v. 12, p. 01-13, 2021. Doi: 10.3390/insects12100924

CHEN, W.; WENG, Q.; NIE, R.; ZHANG, H.; JING, X.; WANG, M.; LI, Y.; MAO, J.; ZHANG, L. Optimizing Photoperiod, Exposure Time, and Host-to-Parasitoid Ratio for Mass-Rearing of *Telenomus remus*, an Egg Parasitoid of *Spodoptera frugiperda*, on *Spodoptera litura* Eggs. **Insects**, v. 12, p. 1-14, 2021. Doi:10.3390/insects12121050

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Utilização do parasitoide de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) no controle de percevejos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1993, 30 p.

GONÇALVES J. R.; HOLTZ, A. M.; PRATISSOLI, D.; GUEDES, R. N. C. Avaliação da qualidade de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p. 485-489, 2003.

HOU-DING, O.; XIN-QIN, W.; YAO, H.; LAN, W.; XIAO-FEI, Y.; MAO-FA, Y. Density-dependent fitness and mass-rearing of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) incorporating life table variability. **Journal of Stored Products Research**, v. 109, p. 102431, 2024. Doi: 10.1016/j.jspr.2024.102431

LAUMANN, R. A.; MORAES, M. C. B.; PAREJA, M.; BOTELHO, A. C.; MAIA, A. N. A.; LEONARDECZ, E.; BORGES, M. Comparative biology and functional response of *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) and implications for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) biological control. **Biological Control**, v. 44, p. 32-41, 2008.

LÜ, X.; QIU, R.; HE, X.; LI, J. Evaluation of key for mass rearing the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 55, p. 1-12, 2024. Doi: 10.1186/s43170-024-00263-w

MOREIRA, R. O.; PALHARINI, R. B.; MASSOLI, G. S.; DINIZ, L. H. M.; GODOY, D. N.; WARPECHOWSKI, L. F.; STEINHAUS, E. A.; STÜMER, G. R.; BERNARDI, O. Geographic and interspecific variation in susceptibility of *Euschistus heros* and *Diceraeus furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to selected insecticides in southern Brazil. **Crop Protection**, v. 179, p. 106625, 2024. Doi: 10.1016/j.cropro.2024.106625

MOREIRA, M. D.; MARIA, S. C. F. dos; BESERRA, E. B.; TORRES, J. B.; ALMEIDA, R. P. Parasitismo e superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 237-242, 2009.

OLIVEIRA, F. A. L. D.; SILVA, R. O.; OLIVEIRA, N. R. X. D.; ANDRADE, G. S.; PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; COUTINHO, C. R.; PASTORI, P. L. Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) with Different Densities and Parasitism Periods in *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) Pupae. **Folia Biologica-KRAKOW**, v. 66, p. 103-110, 2018.

OLIVEIRA, H. N.; PEREIRA, F. F.; PRATISSOLI, D. Trichogramma como alternativa de controle de *Heliothis virescens*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, p. 191-194, 2008.

OSMAN, I.; ZHIMIN W.; ER-TAO, L.; HONGLIN, F.; JIAO, Y.; GEMEI, L.; ZHENGLING, L.; DEKAI, N.; KEBIN, L.; YONGHUI, X. Host Egg Preference and Density-Dependent Parasitism of *Telenomus remus* in *Spodoptera litura* and *Spodoptera frugiperda* Eggs. **Neotropical entomology**, v. 93, p. 10-54, 2025. Doi: 10.1007/s13744-025-01307-0

PANIZZI, A. R.; MCPHERSON, J. E.; JAMES, D. G.; JAVAHERY, M.; MCPHERSON, R. M. **Stink bugs (Pentatomidae)**. In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, 56 A.R. (Eds.). Heteroptera of economic importance, p. 421-474, 2000. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/stink.panizzi_000ge7ase4102wx5ok0ylax2l13dkn14.pdf. Acesso em: julho de 2025.

PIÑEYRO FERREIRA, N. G. *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE): Um potencial parasitoide de *Euschistus heros* e *Chinavia pengue* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE). Dissertação Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016, 76 p.

POLANCZYK, R. A.; BARBOSA, W. F.; CELESTINO, F. N.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A. M.; MILANEZ, A. M.; COCHETO, J. G.; SILVA, A. F. Influência da densidade de ovos de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera: Crambidae) na capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 238-243, 2011.

QUEIROZ, A. P.; BUENO, A. D.; POMARI-FERNANDES, A.; GRANDE, M. L. M.; BORTOLOTO, O. C.; SILVA, D. M. Quality control of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on the factitious host *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) for successive generations. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 791-798, 2017.

SALDANHA, A. V.; HORIKISHI, R.; DOURADO, P.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; BERGER, G. U.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; MORAES, T.; CORRÊA, A. S.; SCWERTNER, C. F. The first analysis of species composition and abundance of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) on soybean crops in Brazil. **Pest Management Science**, v. 80, p. 3945-3956, 2024. Doi: 10.1002/ps.8097

SANOMIA, W. Y; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in egg densities of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, p. 1-10, 2021.

SOMAVILLA, J. C.; GUBIANI, O. S.; REIS, A. C.; FÜHR, F. M.; MACHADO, E. P.; BERNARDI, O. Susceptibility of *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to insecticides determined from topical bioassays and diagnostic doses for resistance monitoring of *E. heros* in Brazil. **Crop Protection**, v. 138, p. 105319, 2020. Doi: 10.1016/j.cropro.2020.105319

SORENSEN, J. G.; ADDISON, M. F.; TERBLANCHE, J. S. Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. **Crop Protection**, v. 38, p. 87-94, 2012.

SOUZA, L. A.; BARBORA, J. C.; FRAGA, D. F.; ALENCAR, J. R. C.; NETTO, J. C.; BUSOLI, A. C. Population dynamic of *Euschistus heros* in transgenic soybean crops of different development cycles. **Agrarian**, v. 13, p. 309-322, 2020. Doi: 10.30612/agrarian.v13i49.9168

STRAND, M. R. **Polyembryony**. In: RESH, V. H; CARDÉ, R. T. Encyclopedia of Insects, p. 821-825. 2009.

WARSI, S.; CHICAS-MOSIER, A.M.; BALUSU, R.R.; JACOBSON, A.L.; FADAMIRO, H.Y. Effects of Food Source Availability, Host Egg: Parasitoid Ratios, and Host Exposure Times on the Developmental Biology of *Megacopta cribraria* Egg Parasitoids. **Insects**, v. 14, p. 1-20, 2023. Doi:10.3390/insects14090755

WILSON, F.; WOOLCOCK, L. T. Temperature determination of sex in a parthenogenetic parasite, *Ooencyrtus submetallicus* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae). **Australian Journal of Zoology**, v. 8, p. 153-169, 1960.

Quadro 1. Ciclo de vida (ovo-adulto), parasitismo (P %), emergência (E %), número de indivíduos por ovo (NIO) e longevidade (L) de *Ooencyrtus submetallicus* em ovos de *Euschistus heros* em condições de laboratório à 25±2°C, 70±10% de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS. 2026.

Trat	(n)	Ciclo	P (%)	E (%)	NIO	L (dias)
1:6	10	17,7 ± 0,21 ^a	79,99 ± 3,33 ^b	86,33 ± 3,00 ^b	1,73 ± 0,06 ^a	23,50 ± 0,40 ^a
6:36	10	17,7 ± 0,15 ^a	81,94 ± 0,85 ^{ab}	91,17 ± 0,76 ^{ab}	1,82 ± 0,05 ^a	23,30 ± 0,37 ^a
12:72	10	17,9 ± 0,28 ^a	85,00 ± 2,42 ^{ab}	91,71 ± 1,04 ^{ab}	1,84 ± 0,04 ^a	23,80 ± 0,47 ^a
24:144	10	18,0 ± 0,21 ^a	88,68 ± 1,11 ^a	94,23 ± 0,83 ^a	1,85 ± 0,03 ^a	23,70 ± 0,45 ^a
30:300	10	18,0 ± 0,26 ^a	87,87 ± 2,02 ^{ab}	93,68 ± 1,16 ^a	1,78 ± 0,04 ^a	23,40 ± 0,43 ^a
Média		17,86 ± 0,22	84,69 ± 2,14	91,42 ± 1,59	1,8 ± 0,04	23,54 ± 0,42
CV(%)		4,01	8,01	5,51	8,08	5,69

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.
C.V. – Coeficiente de variação.

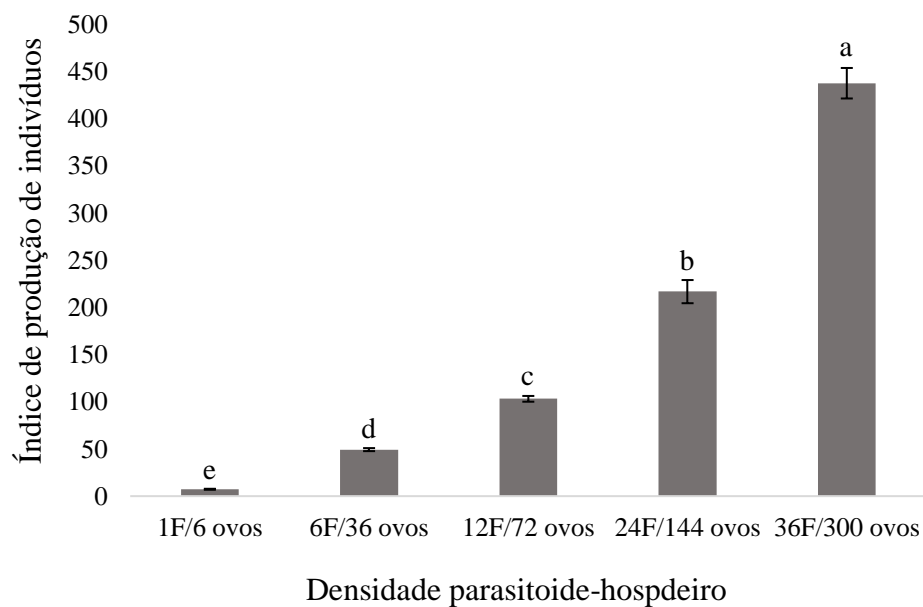


Figura 1. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10). Temperatura à $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 h. Dourados, MS, 2026.

CAPÍTULO III

**POTENCIAL DE USO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA:
ENCYRTIDAE) NO MANEJO BIOLÓGICO DE *Euschistus heros*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA**

CAPÍTULO - III POTENCIAL DE USO DE *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) NO MANEJO BIOLÓGICO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) NA CULTURA DA SOJA

Resumo - O percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) destaca-se pelo elevado potencial de danos às vagens e grãos da cultura da soja. Nesse cenário, o uso de inimigos naturais, como o parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), tem se mostrado uma estratégia eficiente para o controle populacional da praga. Estudos em diferentes condições permitem compreender melhor a dinâmica do parasitismo e sua contribuição para o equilíbrio do agroecossistema. Objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes densidades de adultos de *O. submetallicus* no manejo de *E. heros* em condições de semi-campo e campo na cultura da soja. O estudo foi conduzido em duas etapas complementares, semi-campo(etapa preliminar): O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, em vasos de 40 cm de diâmetro, com plantas de soja mantidas em espaçamento semelhante ao utilizado em campo, entre os estádios R3 e R5. Aproximadamente 100 ovos de *E. heros* com 24 h foram fixados na face inferior das folhas (estratos baixeiro, mediano e ponteiro). As plantas foram cobertas com tecido de voile e receberam diferentes densidades de *O. submetallicus*: T1 (controle, sem fêmeas), T2 (5 fêmeas), T3 (10 fêmeas), T4 (15 fêmeas), T5 (20 fêmeas), T6 (25 fêmeas) e T7 (30 fêmeas por gaiola). Após 24 h, os ovos foram recolhidos e mantidos em tubos de vidro até a emergência, avaliando-se a porcentagem de parasitismo. O delineamento foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e dez repetições. Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, relacionando-se a densidade de fêmeas com o parasitismo obtido. Campo (etapa de validação): O experimento foi conduzido em área comercial de soja (parcelas de 400 m²) na Fazenda Rincão Borevi, em Ponta Porã-MS, entre os estágios R3 e R5 da cultura. Foram estabelecidos cinco tratamentos: T1 (5.000 parasitoides/ha), T2 (10.000/ha), T3 (15.000/ha), T4 (20.000/ha) e T5 (controle, sem liberação). As liberações foram realizadas considerando a extrapolação das quantidades de parasitoides por hectare. A amostragem da população de percevejos foi realizada três semanas antes da liberação, e após 96 h da soltura foram coletados ovos para avaliação da porcentagem de parasitismo. Também foram avaliadas a densidade populacional de *E. heros* e a produtividade da soja. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados foram ajustados a modelos de regressão, e a equação escolhida considerou o coeficiente de determinação (R^2), a significância dos coeficientes (β_i) e o teste F ($p \leq 0,05$). No experimento de semi campo, parasitismo e emergência tiveram aumento progressivo à medida que a densidade de fêmeas aumentou, com elevada correlação ($R^2 > 0,90$) e ajuste significativo dos modelos de regressão. O índice de produção de indivíduos também foi elevado conforme o aumento da densidade de parasitoides. No experimento de campo, o parasitismo e a produção de indivíduos por hectare apresentaram crescimento consistente com a densidade liberada. A produtividade também teve aumento significativo com relação ao controle. Já a emergência não foi significativa. Em relação à análise econômica, verificou-se que, apesar do aumento nos custos de criação e liberação com maiores densidades (variando de R\$ 70,00 à R\$280,00 por hectare), os ganhos em produtividade superaram os investimentos, resultando em maior valor de produção por hectare. O tratamento 4 (20.000 ovos/ha – 800 ovos/400m²), apresentou retorno de 7.771,55 R\$, as densidades intermediárias (tratamentos 1, 2 e 3) também retornaram uma boa relação custo/benefício. *Ooencyrtus submetallicus* possui elevado potencial para ser utilizado em programas de controle biológico aplicado contra *E. heros*, com desempenho positivo tanto em condições de semi-campo (com densidades

intermediárias de 20 e 25) e em campo (15.000 a 20.000 parasitoides/ha). O parasitoide contribuiu para o aumento do parasitismo e da produção de descendentes, refletindo diretamente na produtividade da soja e na rentabilidade do cultivo. Dessa forma, a liberação estratégica de *O. submetallicus* pode ser considerada uma alternativa eficiente e economicamente viável no manejo integrado de percevejos da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo integrado; Parasitoide de ovos; Economia.

CHAPTER III – POTENTIAL USE OF *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) IN THE BIOLOGICAL MANAGEMENT OF *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) IN SOYBEAN CULTIVATION.

Abstract - The brown stink bug, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), stands out for its high potential to damage soybean pods and grains. In this scenario, the use of natural enemies, such as the parasitoid *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), has proven to be an efficient strategy for controlling the pest population. Studies under different conditions allow for a better understanding of the dynamics of parasitism and its contribution to the balance of the agroecosystem. The objective was to evaluate the efficiency of different densities of *O. submetallicus* adults in the management of *E. heros* under semi-field and field conditions in soybean cultivation. The study was conducted in two complementary stages, semi-field (preliminary stage): The experiment was carried out in a greenhouse, in 40 cm diameter pots, with soybean plants maintained at a spacing similar to that used in the field, between stages R3 and R5. Approximately 100 24-hour *E. heros* eggs were attached to the underside of the leaves (lower, middle, and apex layers). The plants were covered with voile fabric and received different densities of *O. submetallicus*: T1 (control, no females), T2 (5 females), T3 (10 females), T4 (15 females), T5 (20 females), T6 (25 females), and T7 (30 females per cage). After 24 hours, the eggs were collected and kept in glass tubes until emergence, evaluating the percentage of parasitism. The design was completely randomized, with seven treatments and ten replicates. The data were subjected to polynomial regression analysis, relating female density to the parasitism obtained. Field (validation stage): The experiment was conducted in a commercial soybean area (400 m² plots) at Fazenda Rincão Borevi, in Ponta Porã-MS, between stages R3 and R5 of the crop. Five treatments were established: T1 (5,000 parasitoids/ha), T2 (10,000/ha), T3 (15,000/ha), T4 (20,000/ha), and T5 (control, no release). Releases were carried out considering the extrapolation of parasitoid quantities per hectare. Sampling of the stink bug population was carried out three weeks before release, and 96 hours after release, eggs were collected to evaluate the percentage of parasitism. The population density of *E. heros* and soybean productivity were also evaluated. The experimental design was a randomized block design with five treatments and four replications. Data were fitted to regression models, and the chosen equation considered the coefficient of determination (R^2), the significance of the coefficients (β_i), and the F-test ($p \leq 0.05$). In the semi-field experiment, parasitism and emergence progressively increased as female density increased, with a high correlation ($R^2 > 0.90$) and significant fit of the regression models. The production index of individuals also increased with increasing parasitoid density. In the field experiment, parasitism and production of individuals per hectare showed consistent growth with the released density. Productivity also showed a significant increase compared to the control. Emergence, however, was not significant. Regarding the economic analysis, it was found that, despite the increase in rearing and stocking costs with higher densities (ranging from R\$70.00 to R\$280.00 per hectare), the productivity gains outweigh the investments, resulting in a higher production value per hectare. Treatment 4 (20,000 eggs/ha – 800 eggs/400m²) showed a return of R\$7,771.55, while the intermediate densities (treatments 1, 2, and 3) also showed a good cost-benefit ratio. *Ooencyrtus submetallicus* has high potential for use in applied biological control programs against *E. heros*, with positive performance in both semi-field conditions (with intermediate densities of 20 and 25) and in the field (15,000 to 20,000 parasitoids/ha). The parasitoid contributed to increased parasitism and offspring production, directly

impacting soybean productivity and crop profitability. Therefore, the strategic release of *O. submetallicus* can be considered an efficient and economically viable alternative in the integrated management of soybean stink bugs.

Keywords: Integrated management; Egg parasitoid; Economy.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.), é uma das culturas mais importantes para a economia brasileira. O país é um dos maiores produtores e exportadores mundiais, sendo essa oleaginosa estratégica para a geração de renda em diferentes elos da cadeia produtiva, que se estende desde o produtor rural até as indústrias de processamento e exportação (SOUZA et al., 2021; GAUTAM e KARIYAT, 2025). Entre os principais desafios enfrentados pelos produtores, destaca-se o controle de pragas, especialmente o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), cuja infestação compromete significativamente a qualidade e o rendimento dos grãos (HAYASHIDA et al., 2022).

O controle químico, embora muito utilizado, enfrenta limitações como resistência de populações de pragas, impactos ambientais e custos crescentes (ALMEIDA et al., 2025). Nesse cenário, o controle biológico com parasitoides surge como alternativa viável e sustentável, e pode ser utilizado como complemento ao controle químico. O uso de parasitoides reduz a seleção de populações resistentes, preserva inimigos naturais e polinizadores (BUENO et al., 2024). Parasitoides como *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) (Hymenoptera: Platygasteridae), são regularmente estudados e aplicados para reduzir populações de percevejos na cultura da soja, com taxas de parasitismo que em muitos casos vão de 40-70% em condições favoráveis no campo (BUENO et al., 2020). O parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* (Howard, 1897) (Hymenoptera: Encyrtidae), apresenta potencial para controle biológico de várias espécies de percevejos, inclusive *E. heros*, sendo capaz de parasitar e se desenvolver eficientemente nos ovos deste hospedeiro, apresentando taxas de parasitismo acima de 70% (CHAVES et al., 2021).

O sucesso do controle biológico depende de diversos fatores, sendo necessário estabelecer parâmetros técnicos que orientem sua aplicação em campo (SEEHAUSEN et al., 2021). É fundamental conhecer a densidade ideal de parasitoide por área, número de liberação são fatores decisivos para o sucesso do controle, pois, doses subótimas podem comprometer a eficiência, enquanto liberações excessivas elevam custos sem ganhos proporcionais na produtividade (GARCIA et al., 2024). Alguns estudos recentes destacam que em ensaios com *T. podisi*, densidades de aproximadamente 6.500 indivíduos/ha, com duas a três liberações, alcançam parasitismo de cerca de 70 % ou mais dos ovos presentes, desde que manejados adequadamente (HOBACK et al., 2024).

Além da eficácia biológica, é fundamental considerar viabilidade econômica da prática, custos de criação e liberação dos parasitoides deve ser compatível com o retorno obtido na lavoura (WEBER et al., 2022). Estudos que relacionam densidade de liberação, taxa de parasitismo e produtividade da soja, permitem avaliar o custo-benefício da adoção do controle biológico em escala comercial (BUENO et al., 2024). Nos programas comerciais de controle com *T. podisi*, o custo médio de liberação gira entre R\$ 60 e R\$ 120 por hectare, dependendo da densidade e do número de liberações, enquanto o retorno pode ultrapassar R\$ 400 a R\$ 800 por hectare, considerando o aumento de produtividade e a redução no uso de inseticidas (BUENO et al., 2020). Com isso, compreender o custo por parasitoide liberado e a relação entre densidade e eficiência de parasitismo é fundamental para determinar o ponto de equilíbrio entre investimento e retorno produtivo.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de diferentes densidades de adultos de *O. submetallicus* no manejo de *E. heros* em condições de semi-campo e campo na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) (22°19'80''S e 54°93'38''W), pertencente a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil e na Fazenda Rincão Borevi (22°35'19.1"S e 55°30'26.2"W), localizada na cidade de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil.

ETAPA I - Criação e manutenção de insetos utilizados nos experimentos

Ooencyrtus submetallicus

A criação de *O. submetallicus* foi realizada seguindo a metodologia descrita em Faca et al. (2021). Brevemente, os parasitoides foram mantidos em tubos de vidro (2,0 cm de diâmetro x 15,0 cm de altura) fechados com algodão, contendo uma gotícula de mel de abelha para sua alimentação. Os parasitoides foram criados em ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) até a montagem dos experimentos. Parte da criação foi mantida em câmara climatizada tipo B.O.D (modelo EL 222, ELETROLab®, São Paulo, SP, Brazil) e outra parte em sala climatizada, ambas as criações mantidas à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ umidade relativa do ar e fotofase de 14 horas. Indivíduos foram inicialmente obtidos de postura de *Edessa meditabunda* (Fabricius,

1794) (Hemiptera: Pentatomidae) em folhas de plantas de tomate *Solanum lycopersicum* (Linnaeus, 1753) (Solanales: Solanaceae). A coleta foi realizada por Antônio de Souza Silva na região de Dourados, MS e, posteriormente, identificados por Valmir Antonio Costa (Instituto Biológico) Campinas, São Paulo.

Euschistus heros

Os percevejos foram coletados da fazenda experimental da UFGD por meio de rede de varredura e coleta manual. Ninfas e adultos foram criados em gaiolas confeccionadas de potes plásticos transparentes de 5L. Para alimentação foram fornecidas vagens frescas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sementes verdes de ligustro (*Ligustrum* sp.), grãos secos de soja (*Glycine max* L.), amendoim cru e descascado (*Arachis hypogaea* L.) e como fonte de água, foram utilizadas placas do tipo Petri de plásticos perfurados ao meio, onde ficava um chumaço de algodão umedecido com água. Foi utilizado como substrato de oviposição dos percevejos, papel filtro 30cm x 30cm dobrado em forma de leque (PANIZZI et al., 2000). Parte dos ovos coletados, diariamente, eram separados para manter a criação estoque de *E. heros*, estes eram colocados em placas de Petri com chumaço de algodão úmido e vagem de feijão, outra parte destinada à multiplicação do parasitoide *O. submetallicus* e montagem do experimento. A criação foi mantida em uma sala climatizada à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas. A espécie *E. heros* foi identificada pela Dr^a. Jocélia Grazia, taxonomista de percevejos pentatomídeos (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS).

ETAPA II – Desenvolvimento experimental e análises

Semi-campo

O experimento foi conduzido em condições de semi-campo (casa-de-vegetação) na Fazenda Rincão Borevi, para avaliar o efeito de diferentes densidades de *O. submetallicus* no parasitismo de ovos de *E. heros* na cultura da soja. Foram utilizados vasos de 40 cm de diâmetro obedecendo ao espaçamento comumente utilizado no campo. O ensaio foi conduzido entre os estádios R3 e R5 da soja, que marca o início do aparecimento de percevejos nas lavouras, já que tem preferência por se alimentar de vagens e grãos. Aproximadamente 100 ovos do hospedeiro foram fixados com grampeador na face inferior das folhas colocando uma postura no estrato preferido (baixeiro, mediano ou ponteiro). Os vasos foram cobertos com tecido branco e fino (“voile”). O parasitismo foi permitido por 24 h, após este período os ovos foram

recolhidos e mantidos em tubos de vidro de fundo chato (2,5 cm x 8 cm), até a emergência dos parasitoides, para avaliação da porcentagem de parasitismo [(n° de ovos escuros/n° total de ovos) x 100], emergência [(n° de ovos com orifício/n° de parasitados) e índice de produção de indivíduos. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos e 10 repetições, sendo tratamentos: T1: 0 (controle), T2: 5 fêmeas, T3: 10 fêmeas, T4: 15 fêmeas, T5: 20 fêmeas, T6: 25 fêmeas e T7: 30 fêmeas de *O. submetallicus*/gaiola (Anexo III).

Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, relacionando-se o número de fêmeas de *O. submetallicus* por ovo e porcentagem de parasitismo.

Campo

Para o estudo do parasitismo de *O. submetallicus* em campo, foram medidas parcelas de 400 m² em uma área com soja na Fazenda Rincão Borevi. Onde foram utilizadas diferentes quantidades/ número de liberações do parasitoide entre os estágios R3 e R5. Foi feita uma regra de três extrapolando para hectare. Foram realizados cinco tratamentos, sendo T1: 5.000 parasitoides/hectare; T2: 10.000 parasitoides/ha; T3: 15.000 parasitoides/ha; T4: 20.000 parasitoides/ha e T5: controle (sem liberação). Foi realizada a amostragem de percevejos, durante 3 semanas antes da liberação. Feita a liberação, pelo método de “caminhamento”, onde as cápsulas contendo os ovos foram fixadas nas plantas de soja, após 96h foram coletados os ovos parasitados. Foram avaliadas as características biológicas de: porcentagem de parasitismo [(n° de ovos escuros/n° total de ovos) x 100], emergência [(n° de ovos com orifício/n° de parasitados), índice de produção de indivíduos, produtividade da soja e análise econômica. O Experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições (Anexo IV).

A equação que melhor se ajustar aos dados avaliados será escolhida com base no coeficiente de determinação (R²), na significância dos coeficientes de regressão (β_i) e de regressão pelo teste F ($P \leq 0,05$), e o fenômeno biológico estudado, utilizando o software estatístico SigmaPlot 30-Day Trial.

2. RESULTADOS

No experimento de semi campo, a regressão linear ($R^2 = 0,9050$; $p = 0,0035$), mostrou que o aumento da densidade de fêmeas de *O. submetallicus* promoveu um aumento significativo na taxa de parasitismo. Em baixas densidades (T2- 5 fêmeas:100 ovos), o

parasitismo foi inferior a 30%, enquanto em densidades maiores (T6- 25 fêmeas : 100 ovos e T7= 30 fêmeas : 100 ovos), o parasitismo foi maior que 60% (Figura 1).

A emergência dos parasitoides também aumentou com a densidade de fêmeas ($R^2= 0,8488$; $p=0,0091$). O percentual inicial foi de 69,4% (Tratamento 2), chegando a 87,5% (Tratamento 7) em maiores densidades (Figura 2).

O índice de produção de indivíduos também foi significativo ($R^2 = 0,9825$; $p= 0,0023$), indicando que o número de parasitoides produzidos aumenta até certo ponto e tende a estabilização (Figura 3).

No experimento de campo, a regressão linear obtida ($R^2= 0,9833$; $p= 0,0084$), indicou forte relação positiva e significativa entre a densidade de fêmeas de *O. submetallicus* e a taxa de parasitismo, variando de 44% (tratamento 1) até acima de 80% (tratamento 4) (Figura 4). A emergência não apresentou diferença significativa entre as densidades de liberação.

O índice de produção de indivíduos por hectare, também foi significativa ($R^2 = 0,9833$; $p= 0,0084$), indicando relação linear positiva entre a densidade de *O. submetallicus* e o número de indivíduos emergido (Figura 5).

A produtividade também teve aumento significativo com relação ao controle ($R^2 = 0,9944$; $p 0,0028$), conforme o aumento da densidade de parasitoides liberados, o número de sacas aumentou, passando de 46,01 sacas/ha (controle) para 55,71 sacas/ha (Tratamento 4) (Figura 6).

Em relação à análise econômica, verificou-se que, apesar do aumento nos custos de criação e liberação com maiores densidades (variando de R\$ 70,00 à R\$280,00 por hectare), os ganhos em produtividade superam os investimentos, resultando em maior valor de produção por hectare. O tratamento 4 (20.000 ovos/ha – 800 ovos/400m²), apresentou retorno de 7.771,55 R\$, as densidades intermediárias (tratamentos 1, 2 e 3) também retornaram uma boa relação custo/benefício (Quadro 1).

3. DISCUSSÃO

O desempenho de *O. submetallicus* como parasitoide de ovos de *E. heros*, promoveu desempenho significativos nas características avaliadas sob condições de semi-campo e campo. Nos ensaios de semi-campo, foi observado relação linear positiva entre as densidades de fêmeas de *O. submetallicus* e a taxa de parasitismo, onde maiores proporções tendem a explorar melhor os ovos do hospedeiro, dentro dos limites de busca e competição. Em baixas densidades o parasitismo foi menor de 30%, enquanto em

densidades mais elevadas, foi superior à 60%. Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho, 2021, onde conforme a quantidade de fêmeas adultas de *O. submetallicus* aumentou, a taxa de parasitismo em ovos de *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Bombycidae) também aumentou, sendo superior a 60%. Esse comportamento está relacionado à maior probabilidade de encontro do parasitoide com os ovos do hospedeiro, quando há mais indivíduos disponíveis para exploração, resultando em maiores taxas de parasitismo (PRIYANKA et al., 2023). Deve-se considerar que efeito positivo da densidade possui limite biológico, em densidades muito altas de parasitoide, pode ocorrer superparasitismo ou interferência intraespecífica, o que pode reduzir a eficiência do parasitoide (HILL et al., 2024).

A porcentagem de emergência também aumentou com a densidade de fêmeas de *O. submetallicus*, sendo acima de 80% nas maiores densidades. Isso indica a boa qualidade biológica das fêmeas utilizadas e das condições adequadas para o desenvolvimento do parasitoide dentro dos ovos do hospedeiro *E. heros*, como também a tolerância do parasitoide em relação as densidades testadas, sem comprometer sua viabilidade de adultos, o que é fundamental para programas de controle biológico (FACA et al., 2021). No estudo com *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) em diferentes densidades em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), foi observado emergência acima de 80% conforme o aumento da densidade de parasitoide em relação aos ovos do hospedeiro (LU et al., 2024).

O índice de produção de indivíduos, aumentou até certo ponto (densidades intermediárias de 20 e 25 atingiu seu pico), com produção acima de 100 indivíduos, porém, na proporção de 30 fêmeas, houve tendência de estabilização, ou seja, sem aumento proporcional. Esse resultado sugere que há um ponto de saturação (SANOMIA et al., 2021), onde o aumento da densidade de *O. submetallicus* não resulta em maior, provavelmente devido à limitação de recursos como o número fixo de ovos que foram ofertados. O ponto de inflexão da curva pode representar a densidade ideal para liberações em campo, otimizando assim, o custo de produção e o uso de indivíduos.

No experimento de campo, os resultados reforçaram a tendência observada no experimento de semi-campo: com relação linear entre as densidades liberadas e parasitismo. O aumento no número de parasitoides liberados resultou em alto percentual de ovos parasitados, variando de 40% a acima de 80% nas maiores liberações. Em estudos de campo com liberação do parasitoide *T. podisi* para o controle de *E. heros*, foram relatadas taxas de parasitismo variando de 50% a 80% (PACHECO e CORRÊA-

FERREIRA, 2000; BUENO et al., 2020). É possível observar com este resultado que a eficiência do parasitismo é diretamente proporcional ao número de fêmeas de *O. submetallicus* liberados, evidenciando a capacidade do parasitoide em localizar e parasitar os ovos do hospedeiro em campo, além de refletir a boa adaptação da espécie ao ambiente agrícola.

A emergência não variou significativamente entre as densidades liberadas de *O. submetallicus*. Isso pode indicar que a qualidade do desenvolvimento do parasitoide não foi afetada mesmo nas altas densidades de liberação, nas condições do experimento. Porém é necessário levar em consideração que fatores externos como temperatura, umidade, presença de predadores, competição e qualidade dos ovos parasitados, podem atuar como limitantes no desenvolvimento e até mesmo sobrevivência do parasitoide no campo. Esses fatores podem nivelar a eficiência de emergência independente da densidade que está sendo liberada quando necessário fazer intervalos e repetição das liberações (DHILLON e SHARMA, 2000; XIA et al., 2025). Outro fator a ser considerado são os resíduos de inseticidas utilizados na cultura da soja (como lambda-cialotrina, tiametoxam e metomil) que podem afetar a taxa de emergência, mesmo aplicado dias antes da liberação (SANOMIA et al., 2020) Isso reforça a importância de integrar o controle biológico com práticas de manejo seletivas, evitando os resíduos de inseticidas aos inimigos naturais.

O índice de produção de indivíduos aumentou progressivamente com a quantidade de fêmeas de *O. submetallicus* liberadas, mostrando que as maiores densidades favoreceram não só o parasitismo, mas também a produção efetiva de descendentes viáveis, mesmo com a emergência não sendo significativa em relação as densidades liberadas. Esse comportamento demonstra o potencial de multiplicação natural da espécie e o impacto direto na população de *E. heros*. *Ooencyrtus submetallicus* se desenvolvem em ovos de *E. heros* numa faixa de temperatura entre 19-31°C, com números significativos de indivíduos emergidos por ovo, isso confirma que em regiões em que a temperatura se mantém dentro desses valores durante a safra, este parasitoide deve operar bem, inclusive apresentando maiores taxas de parasitismo (CHAVES et al., 2021). Na cidade de Ponta Porã, MS onde ocorreu este experimento, em janeiro de 2025 foi registrado temperaturas médias diárias de 29°C (Weather Spark, 2025), temperatura dentro da faixa de desenvolvimento ótimo dos parasitoides, esse fator pode ter contribuído para o sucesso das fêmeas em localizar e parasitar os ovos, além de favorecer o desenvolvimento

completo dos descendentes, refletindo no índice de produção de indivíduos (SAMPAIO et al., 2025).

A produtividade da soja (sacas ha⁻¹), teve aumento expressivo com o aumento da densidade de parasitoides liberados. Isso demonstra que o controle biológico de *E. heros* pelo parasitoide *O. submetallicus* resultou em menor danos às vagens e maior rendimento final. *Euschistus heros*, é responsável por perdas de até 30% na produtividade da soja, especialmente em estádios reprodutivos como R5 e R6, portanto, o controle eficaz durante esse período é essencial para garantir o enchimento das vagens e qualidade dos grãos (PAZINI et al., 2019). A liberação do parasitoide pode contribuir para ganhos econômicos significativos na cultura, para produtores, esse tipo de evidência é o que justifica adoção de liberações, não apenas em teoria, mas em retornos diretos (WYCKHUYS et al., 2018).

Em relação à análise econômica, verificou-se que, apesar do aumento nos custos de criação e liberação com maiores densidades (variando de R\$ 70,00 à R\$280,00 por hectare), os ganhos em produtividade superam os investimentos, resultando em maior valor de produção por hectare. O tratamento 4 (20.000 ovos/ha – 800 ovos/400m²), apresentou retorno de 7.771,55 R\$, as densidades intermediárias (tratamentos 1, 2 e 3) também retornaram uma boa relação custo/benefício em comparação com o controle, onde não houve liberação dos parasitoides. Esses resultados reforçam a ideia de que o controle biológico, quando bem planejado, é economicamente viável e que o custo de produção de parasitoides pode ser reduzido com técnicas de criação em larga escala (AGBOKA et al., 2024). Estudos com liberações de *T. podisi* também deram bom retorno econômico, sendo comparável ao manejo químico, onde a produtividade e a qualidade das sementes não deram diferença significativa entre as áreas tratadas com *T. podisi* e com inseticidas (BUENO et al., 2020; FILHO et al., 2022). Outros estudos demonstram que liberações de 15.000 a 20.000 parasitoides/ha, em duas a quatro aplicações, são suficiente para manter as pragas abaixo do nível de dano econômico, maximizando o retorno sem desperdício de recursos (BUENO et al., 2020; WEBER et al., 2022). Portanto, é essencial determinar o número ideal de liberação, uma vez que liberações excessivas podem não trazer ganhos proporcionais e aumentam o custo operacional, reduzindo a eficiência econômica (MYINT et al., 2023).

Os resultados indicam que *O. submetallicus* tem desempenho promissor como agente de controle biológico de *E. heros*, tanto em condições controladas, quanto em campo, podendo incentivar futuros programas de controle biológico que considerem dupla ou complementar liberação de diferentes parasitoides, diversificando estratégias. As

respostas lineares observadas em todas as variáveis avaliadas sugerem que o aumento da densidade de liberação é uma estratégia eficaz para elevar o parasitismo, melhorar a produtividade e garantir retorno econômico.

No entanto, é importante considerar fatores ambientais e logísticos que podem influenciar a eficiência em diferentes regiões e safras. Estudos complementares sobre a interação com outros inimigos naturais; a dispersão dos parasitoides após liberação, para definir o espaçamento ótimo entre os pontos de liberação; avaliar liberação múltipla (repetidas vezes), não apenas liberação única; realizar modelagens de custo-benefício dinâmica, incorporando risco e a variabilidade de mercado (preço de grãos, custo de produção); estender o período de avaliações pós-liberação em campo além de 96h, para capturar parasitismo tardio, dispersão e sobrevivência do parasitoide, podem fortalecer ainda mais sua adoção em larga escala.

4. CONCLUSÃO

Ooencyrtus submetallicus possui elevado potencial para ser utilizado em programas de controle biológico aplicado contra *E. heros*, com desempenho positivo tanto em condições de semi-campo (com densidades intermediárias de 20 e 25) e em campo (15.000 a 20.000 parasitoides/ha). O parasitoide contribuiu para o aumento do parasitismo e da produção de descendentes, refletindo diretamente na produtividade da soja e na rentabilidade do cultivo. Dessa forma, a liberação estratégica de *O. submetallicus* pode ser considerada uma alternativa eficiente e economicamente viável no manejo integrado de percevejos da soja.

5. AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de estudo. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos cedidos a execução deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PIÑEYRO FERREIRA, N. G. *Ooencyrtus submetallicus* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE): Um potencial parasitoide de *Euschistus heros* e *Chinavia pengue* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE). Dissertação Mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016, 76 p.

AGBOKA, K.; TONNANG, H.; MURIITHI, B.; NIASSY, S.; NDLELA, S.; ABDEL-RAHMAN, E.; MOHAMED, S.; EKESI, S. Economic impact of classical biological control program: application to *Diachasmimorpha longicaudata* against *Bactrocera dorsalis* fruit fly in Kenya. **BioControl**, v. 69, p. 269-278, 2024. Doi: 10.1007/s10526-023-10217-2

ALMEIDA, A.; RODRIGUES, M.; BOAVENTURA, H.; VIEIRA, A.; SILVA, J.; DE JESUS, F.; QUINTELA, E. Can *Metarhizium anisopliae* Reduce the Feeding of the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), and its Damage to Soybean Seeds?. **Journal of Fungi**, v. 11, 2025. Doi: 10.3390/jof11040247

BUENO, A F.; SUTIL, W.; ROSWADOSKI, L.; COLMENÁREZ, Y. Augmentative biological control of stink bugs on soybean: the Brazilian scenario. **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 58, p. 1-10, 2024. Doi: 10.1186/s43170-024-00264-9

BUENO, A. F.; BRAZ, É. C.; FAVETTI, B. M. FRANÇA-NETO, J. 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**, v. 137, p. 1-7, 2020. Doi: 10.1016/j.cropro.2020.105310.

CHAVES, V. F.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; SILVA, I. F.; PASTORI, P. L.; OLIVEIRA, H. N.; COSTA, V. A.; CARDOSO, C. R. G. Thermal Requirements of *Ooencyrtus submetallicus* (Hym.: Encyrtidae) and *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae) Parasitizing *Euschistus heros* Eggs (Hem.: Pentatomidae). **Insects**, v. 12, p. 01-13, 2021. Doi: 10.3390/insects12100924

DHILLON, M.; SHARMA, H. Temperature influences the performance and effectiveness and laboratory strains of the ichneumonid parasitoid. **BioControl**, v. 54, p. 743-750, 2000. Doi: 10.1007/s10526-009-9225-x

FACA, E. C.; PEREIRA, F. F.; FERNANDES, W. C.; SILVA, I. F.; COSTA, V. A.; WENGRAT, A. P. G. S. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Trissolcus* sp. aff. *urichi* (Hymenoptera Scelionidae) in Eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) of Different Ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 96-106, 2021. Doi: 10.5539/jas.v13n10p96

FILHO, J. C. A. P.; ALMEIDA, W. S. M.; GLADENUCCI, J.; ZACHRISSON, B.; OLIVEIRA, R. C. Efficacy of *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) release for the control of *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) eggs in soybean, in Brazil. **Idesia**, v. 40, 2022, Doi: 10.4067/S0718-34292022000100077

GARCIA, A.; WAJNBERG, E.; PARRA, J. Optimizing the releasing strategy used for the biological control of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* by *Trichogramma*

galloi with computer modeling and simulation. **Scientific Reports**, v.14, p. 1-9, 2024. Doi: 10.1038/s41598-024-60146-y.

GAUTAM, M.; KARIYAT, R. Drought and Herbivory, Drive Physiological and Phytohormonal Changes in Soybean (*Glycine max* Merrill): Insights from a Meta-Analysis. **Plant, Cell & Environment**, v. 1, p. 1-13, 2025. Doi: 10.1111/pce.70067

HAYASHIDA, R.; HOBACK, W.; BUENO, A. F. Atest of economic thresholds for soybeans expoded to stink bugs and defoliation. **Crop Protection**, v. 164, p. 106128, 2023. Doi: 10.1016/j.cropro.2022.106128

HILL, J. G.; COLL-ARÁOZ, M. V.; LUFT-ALBARRACIN, E.; FERNÁNDEZ, P. C.; VIRLA, E. G. Intraspecific competition and performance of *Anagrus virlai* parasitizing the corn leafhopper. **Annals of Applied Biology**, v. 186, p. 279-287, 2024. Doi: 10.1111/aab.12965

HOBACK, W.; RAMOS, G.; HAYASHIDA, R.; SANTOS, D.; ALVAREZ, D.; OLIVEIRA, R. Optimizing the Release Pattern of *Telenomus podisi* for Effective Biological Control of *Euschistus heros* in Soybean. **Insects**, v.15, 2024. Doi: 10.3390/insects15030192.

LÜ, X.; QIU, R.; HE, X.; LI, J. Evaluation of key for mass rearing the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 55, p. 1-12, 2024. Doi: 10.1186/s43170-024-00263-w

MYINT, Y. Y.; HUANG, X.; BAI, S. ZHANG, T.; BABENDREIER, D.; HE, K.; WANG, Z. Field evaluation of *Trichogramma* strains collected from Myanmar for biological control of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and sustainable maize production, **Crop Protection**, v. 171, 106284, 2023. Doi: 10.1016/j.cropro.2023.10628

PACHECO, J. P. D.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 295-302, 2000. Doi: 10.1590/S0301-80592000000200011

PAZINI, J.; PADILHA, A.; CAGLIARI, D.; BUENO, F.; RAKES, M.; ZOTTI, M.; MARTINS, J.; GRÜTZMACHER, A. Differential impacts of pesticides on *Euschistus heros* (Hem.: Pentatomidae) and its parasitoid *Telenomus podisi* (Hym.: Platygasteridae). **Scientific Reports**, v. 9, 6544, 2019. Doi: 10.1038/s41598-019-42975-4

PRIYANKA, S. L.; JEYARANI, S.; SATHIAH, N.; MOHANKUMAR, S.; NAKKEERAN, S. Influence of host egg age on parasitic potential of the entomophagous, *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) against the Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and investigations on the developmental biology and ultrastructure of egg parasitoid immature stages. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 33, p. 1-16, 2023. Doi: 10.1186/s41938-023-00676-1

SAMPAIO, F.; MARCHIORO, C.; FOERSTER, L. Modeling parasitoid development: climate change impacts on *Telenomus remus* (Nixon) and *Trichogramma foersteri*

(Takahashi) in southern Brazil. **Pest management science**. v. 81, p. 5335-5349, 2025. Doi: 10.1002/ps.8888

SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F.; CARDOSO, C. R. G.; LUCCHETTA, J. T. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) in egg densities of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **The Canadian Entomologist**, v. 154, p. 1-10, 2021.

SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F. Insecticide selectivity to *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) under extended laboratory conditions. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e61793, 2020. Doi: 10.1590/1983-40632020v50e61793.

SEEHAUSEN, M.; AFONSO, C.; JACTEL, H.; KENIS, M. Classical biological control against insect pests in Europe, North Africa, and the Middle East: What influences its success? **NeoBiota**, v. 65, p. 169-191, 2021. Doi: 10.3897/NEOBIOTA.65.66276

SOUZA, J.; PASSOS, M.; SILVA, E.; DE BRITO FILHO, A.; DE ALMEIDA, S.; OLIVEIRA, S. A.; FERREIRA, L. S.; SOUSA, S. W.; ALMEIDA, E.; SILVA, R. Estimated losses in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Harvest according to the speed and rotation of the trail system. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, p. 559-563, 2021). Doi: 10.21475/ajcs.21.15.04.p2868..

WEBER, I.; GARCIA, A.; BUENO, A.; DE OLIVEIRA, R.; GODOY, W. Release strategies of *Telenomus podisi* for control of *Euschistus heros*: A computational modeling approach. **Pest management science**, 2022. Doi: 10.21203/rs.3.rs-1182644/v1

WYCKHUYS, K.; WONGTIEM, P.; RAUF, A.; THANCHAROEN, A.; HEIMPEL, G.; LE, N.; FANANI, M.; GURR, G.; LUNDGREN, J.; BURRA, D.; PALAO, L.; HYMAN, G.; GRAZIOSI, I.; LE, V.; COCK, M.; TSCHARNTKE, T.; WRATTEN, S.; NGUYEN, L.; YOU, M.; LU, Y.; KETELAAR, J.; GOERGEN, G.; NEUENSCHWANDER, P. Continental-scale suppression of an invasive pest by a host-specific parasitoid underlines both environmental and economic benefits of arthropod biological control. **PeerJ**, v. 6, e5796, 2018. Doi: 10.7717/peerj.5796

XIA, S.; MA, N.; WANG, P.; LU, Y. Effects of temperature and humidity on the fitness of aphid parasitoid, *Binodoxys communis*. **Insects**, v. 16, 2025. Doi: 10.3390/insects16030264

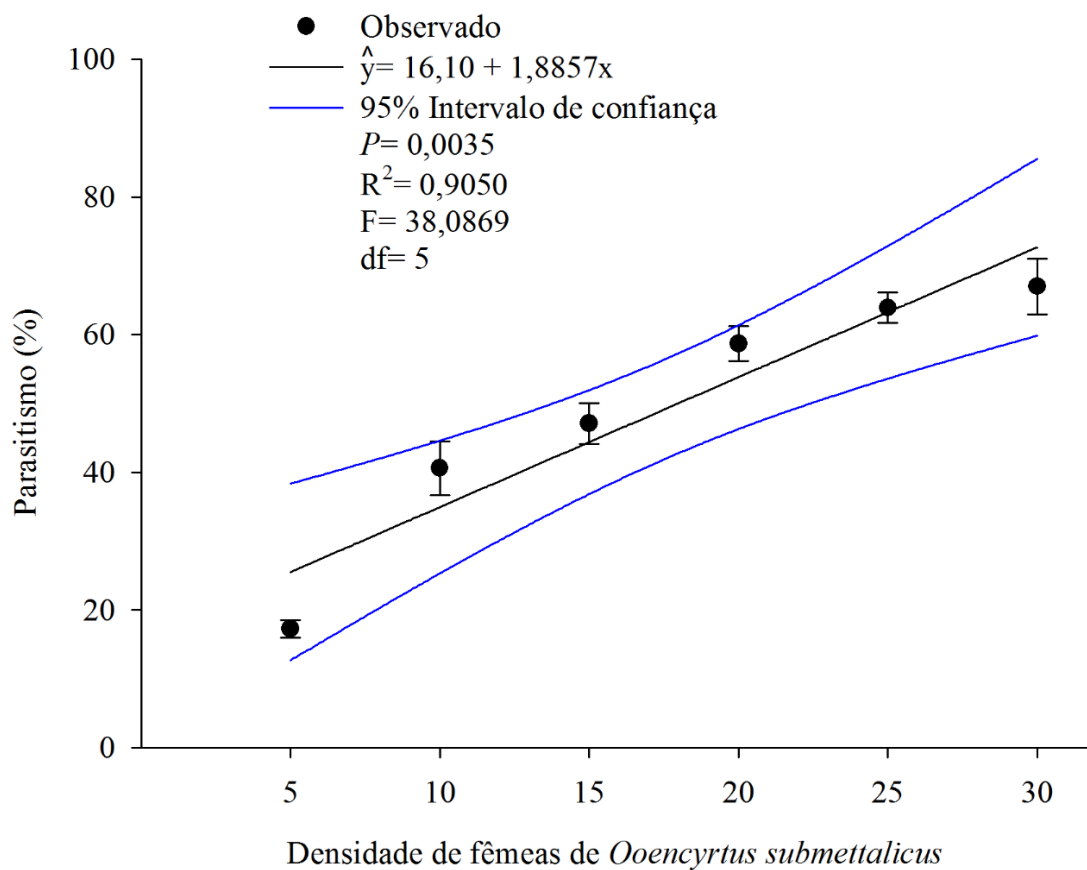


Figura 1. Parasitismo de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026.

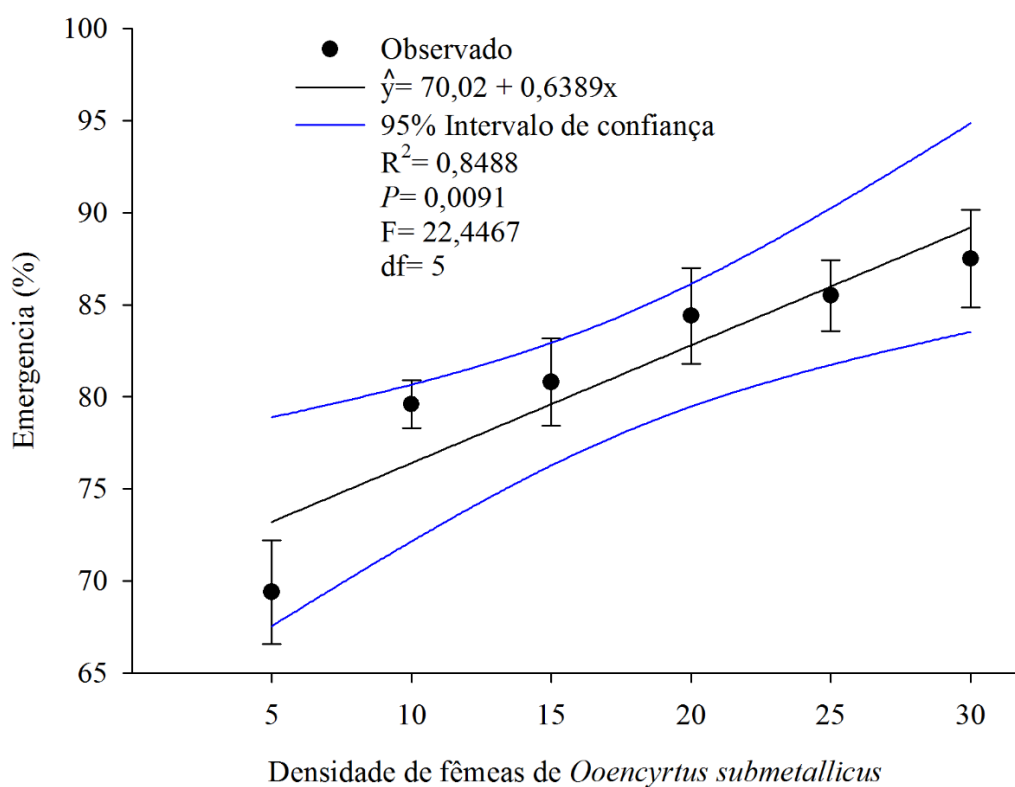


Figura 2. Emergência de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026.

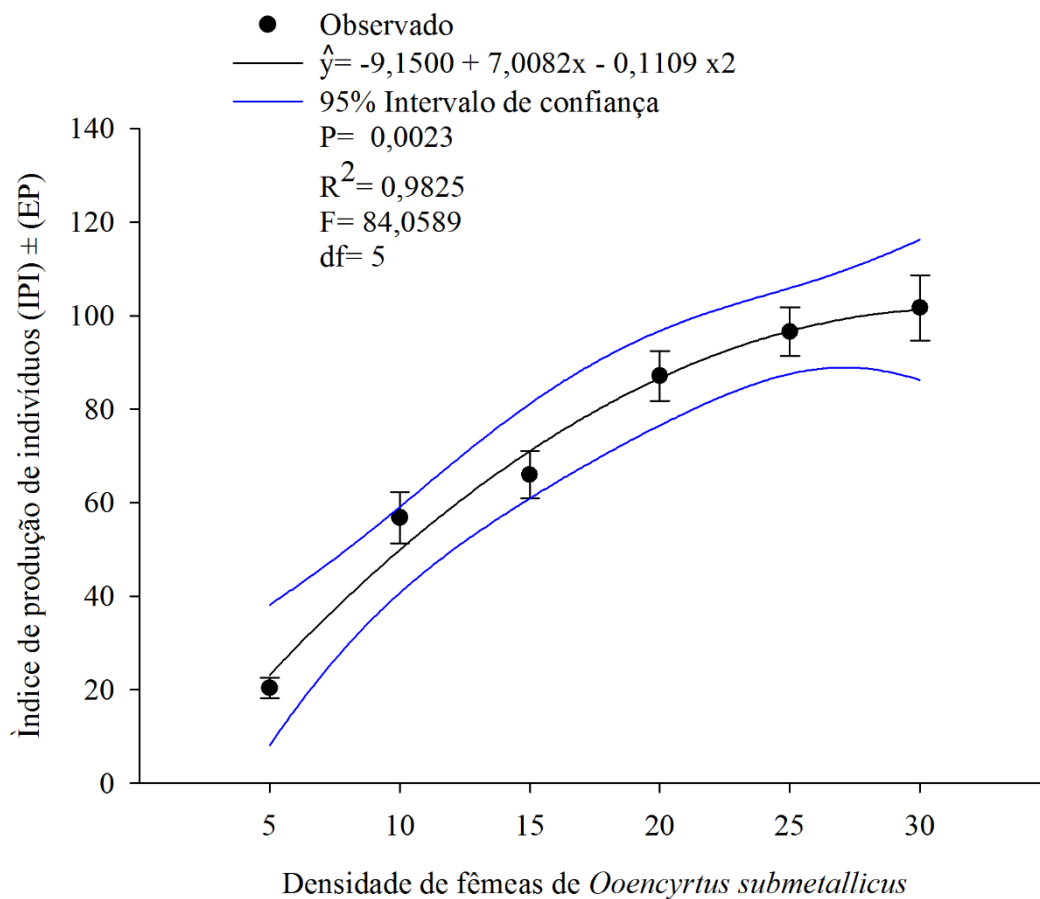


Figura 3. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10) em condições de semi-campo. Ponta Porã, MS, 2026.

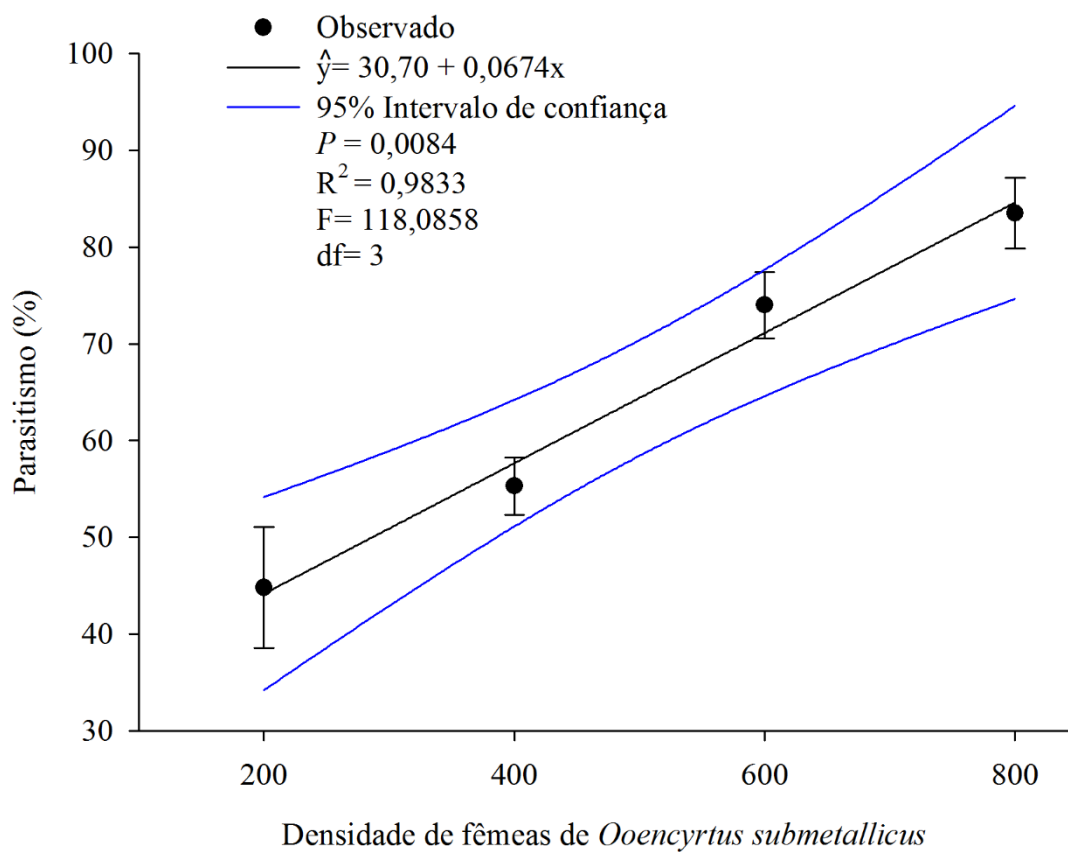


Figura 4. Parasitismo de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026.

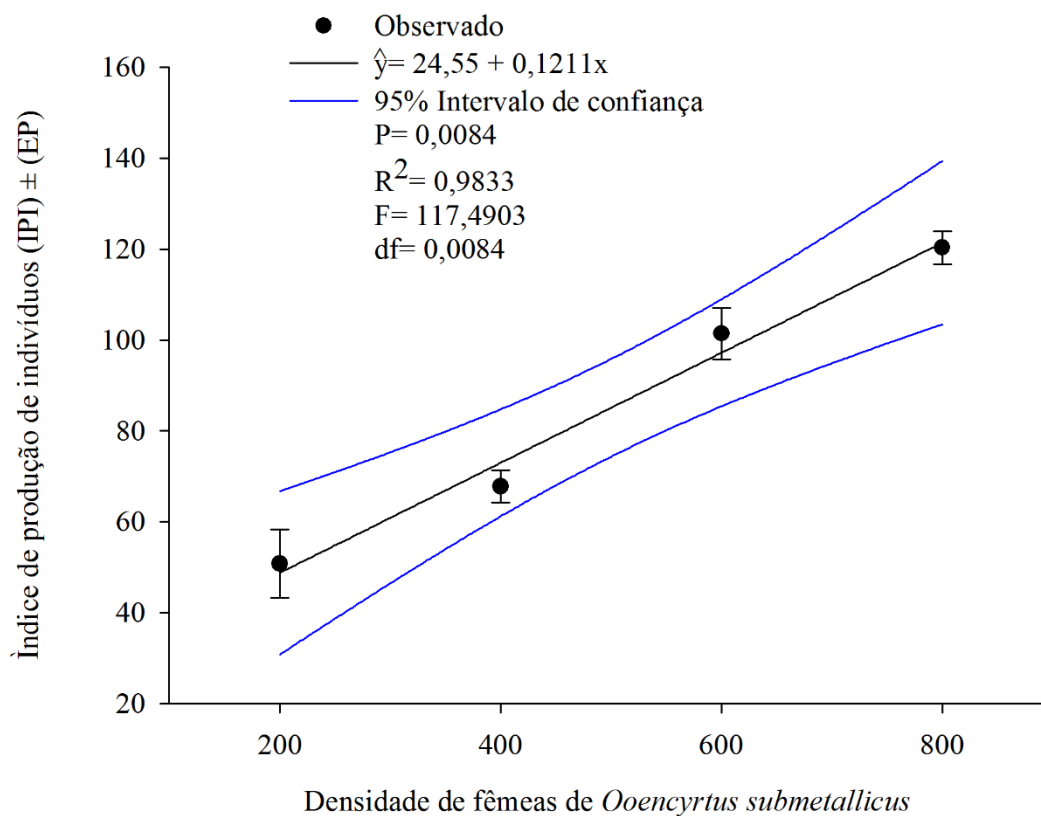


Figura 5. Índice de produção de indivíduos de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae), em diferentes densidades, em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026.

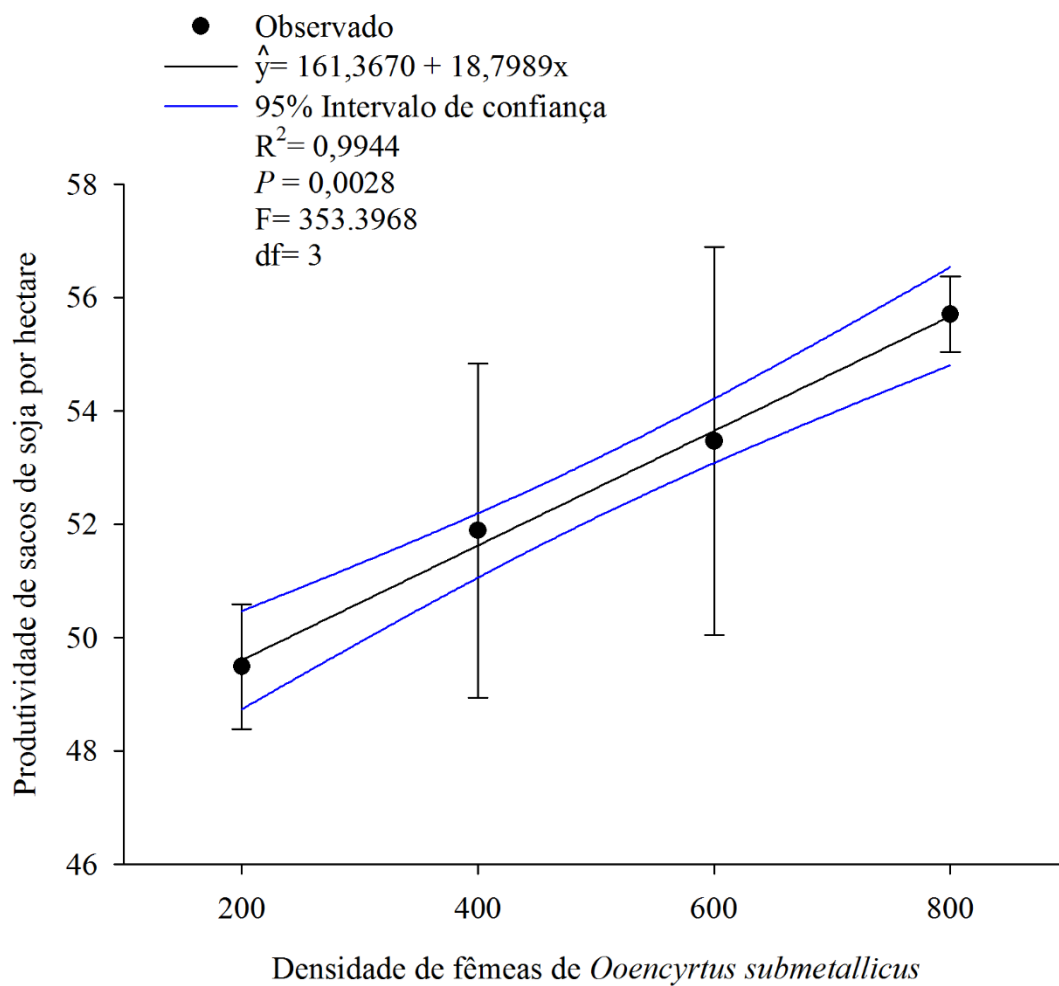


Figura 6. Produtividade de sacos de soja por hectare sob diferentes densidades de liberação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) (n=10), em condições de campo. Ponta Porã, MS, 2026.

Quadro 1. Efeito da liberação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre a produtividade da soja e custos do controle biológico (CB) de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Ponta Porã, MS, 2026.

NEP/ha*	Sacas/ha	Valor Sc (R\$)	Custo CB (R\$)
200 ovos\ 400m ²	49,49	6.904,20	2,8
(5000 ovos\ 10.000m ²)	-	-	70
400 ovos\ 400m ²	51,89	7.238,66	5,6
(10.000 ovos\ 10.000m ²)	-	-	140
600 ovos\ 400m ²	53,47	7.458,72	8,4
(15.000 ovos\ 10.000 m ²)	-	-	210
800 ovos\ 400m ²	55,71	7.771,55	11,2
(20.000 ovos\ 10.000m ²)	-	-	280
Controle (sem liberação)	46,01	6.419,09	-

*NEP/ha: Número estimado de parasitoides por hectare.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi possível entender melhor o desempenho biológico de *O. submetallicus* em condições de laboratório, semi-campo e campo, especialmente em soja cultivada no Mato Grosso do Sul.

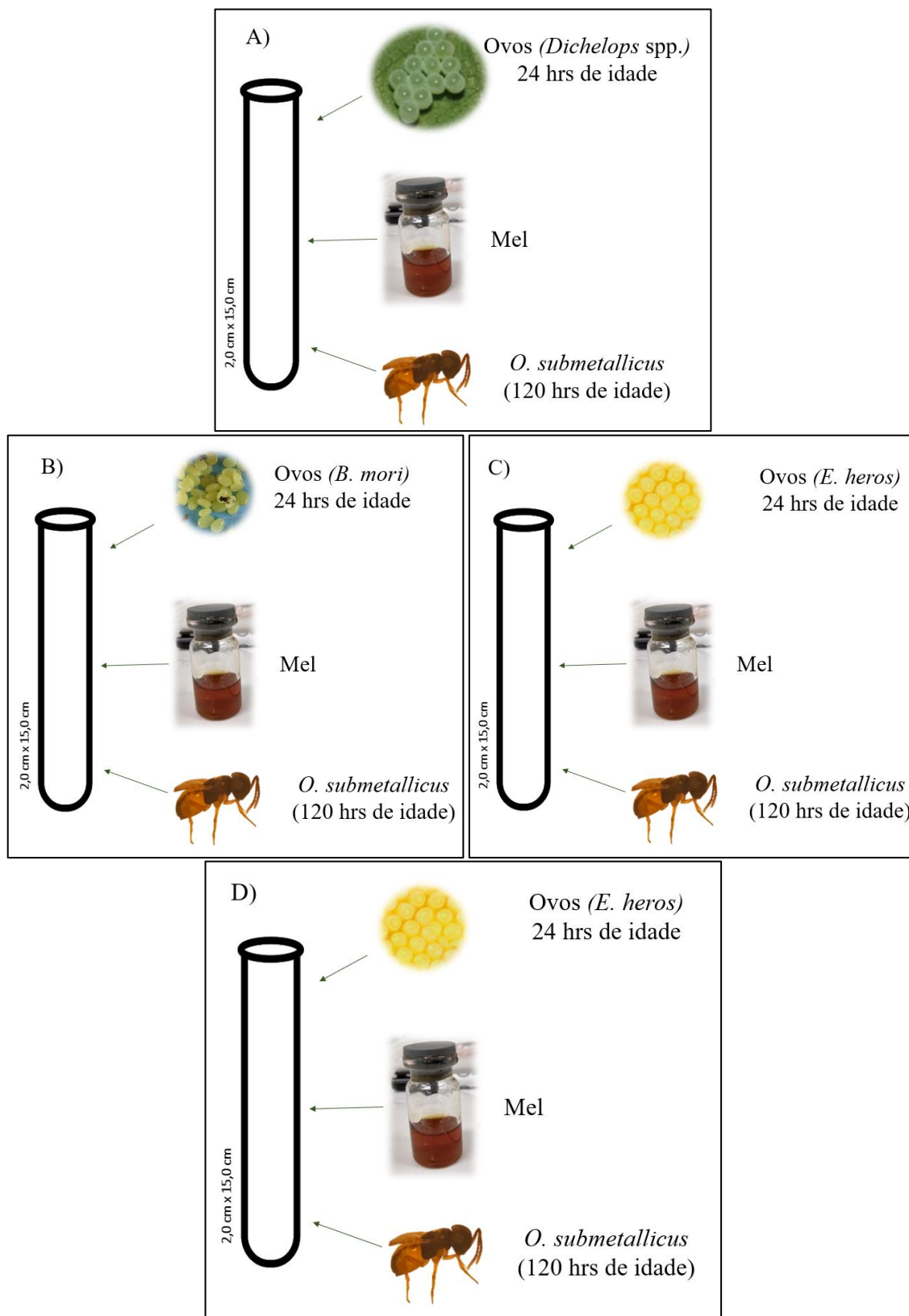
Ooencyrtus submetallicus pode ser criado com sucesso por até três gerações consecutivas no hospedeiro alternativo *B. mori*, sem prejuízos ao seu desempenho reprodutivo quando posteriormente transferido novamente para seu hospedeiro natural. Isso possibilita a maior flexibilidade e redução de custos em programas de criação massal do parasitoide.

Visando otimizar protocolos de criação massal de *O. submetallicus*, o aumento de densidades de fêmeas resultou em maiores taxas de parasitismo e emergência, sem comprometer sua longevidade, estes resultados demonstram a capacidade do parasitoide em manter sua eficiência biológica em diferentes condições de densidades, reforçando seu potencial para multiplicação em larga escala e viabilizando a produção contínua dos indivíduos que são destinados aos programas de controle biológico.

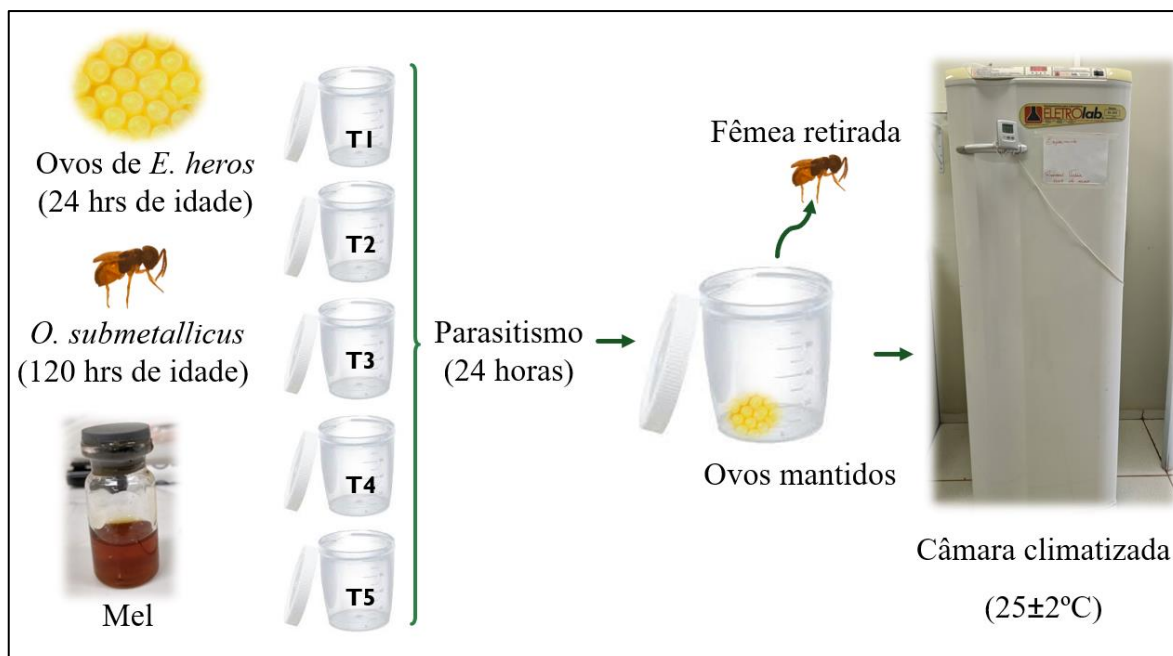
Nas condições de semi-campo e campo, o parasitoide apresentou elevado potencial no controle de *E. heros* na cultura da soja. Liberações intermediárias a alta (15.000 a 20.000 parasitoides/ha), resultou em aumentos significativos na taxa de parasitismo, isso demonstra a eficiência de *O. submetallicus* em reduzir populações de percevejos, e conseqüentemente os danos econômicos associados. A análise econômica demonstrou que os ganhos em produtividade superaram os custos de criação e liberação.

Ooencyrtus submetallicus apresentou características favoráveis a ser um candidato para o controle biológico de *E. heros* em todas as condições testadas, porém ainda são necessários mais estudos em condições de campo, por exemplo, estudos com a dispersão dos parasitoides após liberação, os pontos de liberação, realizar um menor número de liberação, mas com repetições. Estudos assim, ajudam a fortalecer o potencial deste parasitoide para ser utilizado futuramente como um novo agente biológico no controle de *E. heros* na cultura da soja.

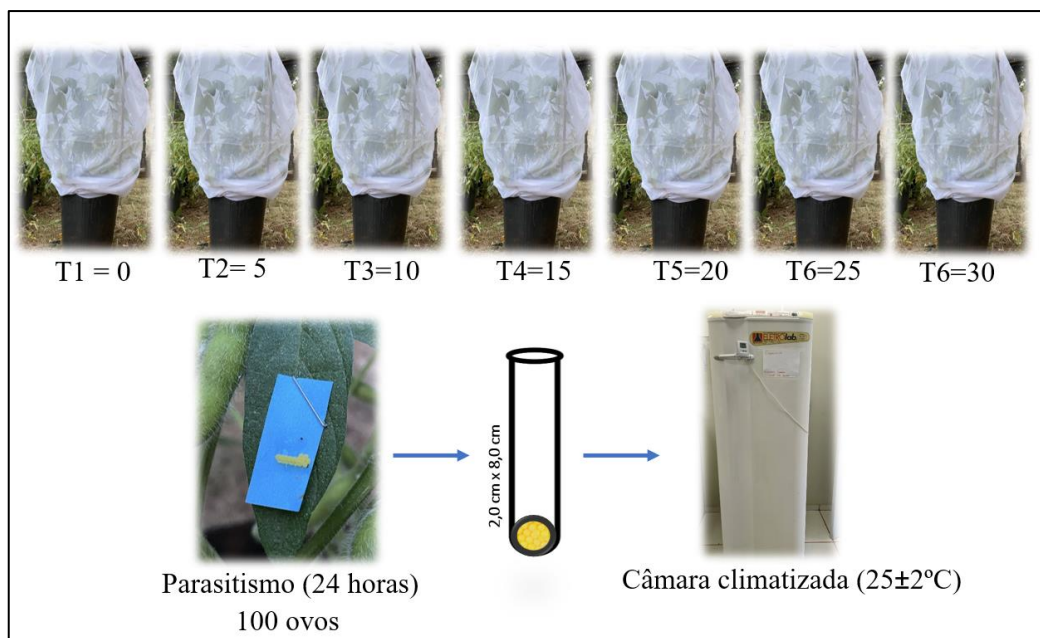
ANEXOS



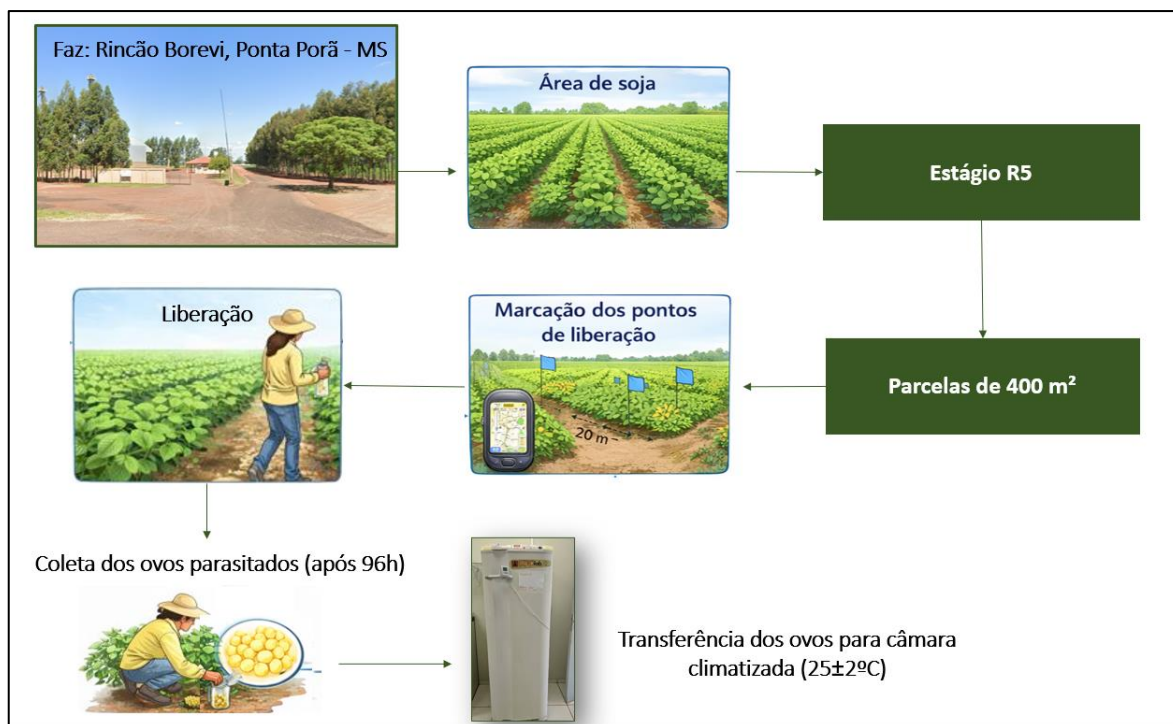
ANEXO I. Detalhes da metodologia do experimento de desempenho reprodutivo de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em hospedeiros alternativos e natural. UFGD, Dourados, MS, 2026.



ANEXO II. Detalhes da metodologia de diferentes densidades para criação em larga escala de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitando ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). UFGD, Dourados, MS, 2026.



ANEXO III. Detalhes da metodologia de semi-campo com *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitando ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). UFGD, Dourados, MS, 2026.



ANEXO IV. Detalhes da metodologia do experimento de campo, com liberação de *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) na cultura da soja. Ponta Porã, MS, 2026.