

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Biologia e zoneamento de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851
(Hemiptera: Pentatomidae) e do parasitoide de ovos *Telenomus
podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Scelionidae) no Brasil a partir
das exigências térmicas e higrométricas**

Mikaela Terra Souza

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2023**

Mikaela Terra Souza
Bacharel em Engenharia Agrônômica

**Biologia e zoneamento de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851
(Hemiptera: Pentatomidae) e do parasitoide de ovos *Telenomus podisi*
Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Scelionidae) no Brasil a partir das
exigências térmicas e higrométricas**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Souza, Mikaela Terra

Biologia e zoneamento de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) e do parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Scelionidae) no Brasil a partir das exigências térmicas e higrométricas / Mikaela Terra Souza. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

73 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Controle biológico 2. Parasitoide de ovos 3. Exigências térmicas 4. Exigências higrométricas I. Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pela vida e por todas as oportunidades que o Senhor me concedeu, sem Ele eu não conseguia chegar até aqui.

Ao meu marido que me apoiou nessa etapa, me aguentou durante esses dois anos de muito estudo e experimentos, indo muitas vezes me ajudar (totalmente de livre e espontânea vontade) nos finais de semana no laboratório, te amo, obrigada por tudo.

A minha família, que não mediu esforços para me ajudar e incentivar em todos os períodos, mesmo não entendendo por que eu criava pragas que eles tentam combater, obrigada por sempre acreditar em mim.

Ao professor Parra, que me orientou, me inspirou e me ajudou tanto durante esse período. E ao Aloísio que desde o princípio me deu essa oportunidade de conhecer a Entomologia.

Aos amigos do Laboratório de Biologia de Insetos, que aqui não conseguirei citar todos (me perdoem mas fiquei com medo de esquecer alguém), mas sou muito grata por ter vocês na minha vida, fizeram desses anos muito mais leves e divertidos.

As amigas que a ESALQ me deu, obrigada por tudo, mesmo não estando em todos os momentos, se fizeram presente também no mestrado.

Ao SPARCBIO (São Paulo Advanced Research Center for Biological Control) pela contribuição com a infraestrutura oferecida ao Laboratório de Biologia de Insetos.

E a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior Brasil) pela bolsa concedida nesse período.

Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês, diz o Senhor, planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro.

Jeremias 29:11

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 <i>Diceraeus melacanthus</i> Dallas, 1851.....	11
2.2 <i>Telenomus podisi</i> Ashmead, 1893.....	12
2.3 Influência da temperatura em insetos.....	14
2.4 Influência da umidade relativa em insetos.....	17
2.5 Zoneamento para insetos.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Criação de <i>Diceraeus melacanthus</i> Dallas, 1851.....	22
3.2 Exigências térmicas de <i>D. melacanthus</i>	23
3.3 Exigências higrométricas de <i>D. melacanthus</i>	25
3.4 Análises estatísticas dos dados obtidos nos experimentos de exigências térmicas e higrométricas de <i>D. melacanthus</i>	25
3.5 Tabela de vida de <i>D. melacanthus</i> em diferentes temperaturas e umidades relativas.....	26
3.6 Zoneamento de <i>D. melacanthus</i> no Brasil baseado em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas.....	26
3.7 Coleta no campo e criação do parasitoide de ovos <i>Telenomus</i> sp.n.....	26
3.8 Criação do parasitoide de ovos <i>Telenomus podisi</i> Ashmead, 1893.....	27
3.9 Criação de <i>Euschistus heros</i> (Fabricius, 1794).....	27
3.10 Avaliação do parasitismo e viabilidade de ovos de percevejos <i>E. heros</i> e <i>D. melacanthus</i> parasitados por <i>T. podisi</i> e <i>Telenomus</i> sp.n.....	27
3.11 Exigências térmicas de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i>	28
3.12 Exigências higrométricas de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i>	30
3.13 Análises dos dados obtidos nos experimentos de exigências térmicas e higrométricas de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i>	31
3.14 Tabela de vida de fertilidade de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i> em diferentes temperaturas e umidades relativas.....	32
3.15 Zoneamento de <i>T. podisi</i> , em ovos de <i>D. melacanthus</i> no Brasil baseando-se em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas.....	32

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Exigências térmicas de <i>Diceraeus melacanthus</i> Dallas, 1851.....	33
4.2 Exigências higrométricas de <i>D. melacanthus</i>	39
4.3 Tabela de vida de <i>D. melacanthus</i> em diferentes temperaturas e umidades relativas.....	42
4.4 Zoneamento de <i>D. melacanthus</i> no Brasil baseado em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas.....	45
4.5 Avaliação do parasitismo e viabilidade de ovos de percevejos <i>E. heros</i> e <i>D. melacanthus</i> parasitados por <i>T. podisi</i> e <i>Telenomus</i> sp.n.....	47
4.6 Exigências térmicas de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i>	50
4.7 Exigências higrométricas de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i>	52
4.8 Tabela de vida de fertilidade de <i>T. podisi</i> em ovos de <i>D. melacanthus</i> em diferentes temperaturas e umidades relativas.....	53
4.9 Zoneamento de <i>T. podisi</i> , em ovos de <i>D. melacanthus</i> no Brasil baseando-se em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas.....	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS.....	65

RESUMO

Biologia e zoneamento de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) e do parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Scelionidae) no Brasil a partir das exigências térmicas e higrométricas

O percevejo *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851, que ocorre há muito tempo na soja, vem sendo recentemente, um problema também para a cultura do milho. Este fato é motivado pelo aumento de áreas com plantio direto, técnica que favorece o percevejo, que encontra alimento, no fim da safra de soja, alojando-se na “palhada” ou em outras plantas hospedeiras até o plantio e emergência do milho da safra seguinte (safrinha). Assim, com a rotação de culturas a praga “migra” da soja e aparece logo no começo da emergência da plântula de milho, atacando os estágios iniciais, que são os mais vulneráveis. A técnica atualmente utilizada para o controle dessa praga envolve aplicações de inseticidas com calendário de pulverizações, sendo esta prática, uma antítese à sustentabilidade, atualmente buscada por toda a sociedade. O uso de Controle Biológico (CB) do percevejo ainda é pouco expressivo quando comparado ao controle com agroquímicos. Porém o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893, vem criando perspectivas para o uso do CB para o complexo de percevejos encontrados principalmente na soja. Grande parte das práticas inadequadas utilizadas no manejo de *D. melacanthus* se dá pela escassez de conhecimentos básicos da biologia da referida praga. Assim, neste contexto, o presente estudo teve por objetivo estudar aspectos biológicos de *D. melacanthus* em oito diferentes temperaturas (18, 20, 22, 25, 28, 30, 32 e 34°C) e quatro umidades relativas do ar (30, 50, 70, 90%) em dieta natural composta de grãos de amendoim, sementes de girassol, vagem de feijão e uma plântula de milho. E como resultado foi possível verificar que a faixa de temperatura e umidade relativa mais adequadas para o referido percevejo foram de 25 a 32°C e UR de 70%, respectivamente, com uma constante térmica (K) de 356,87 GD e limite térmico inferior de desenvolvimento (Tb) de 14,48°C. Paralelamente, foi feito o estudo dos aspectos biológicos do parasitoide *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* em seis temperaturas (22, 25, 28, 30, 32 e 34°C) e em quatro UR (30, 50, 70 e 90%). Foi possível determinar que a melhor faixa de temperatura para o desenvolvimento do parasitoide é a de 25 a 32°C e UR acima de 50%, sendo a constante térmica (K) de 277,38 GD com limite térmico inferior (Tb) de 7,32°C e superior (Tmax) de 40,98°C. Com esses resultados obtidos da biologia e tabela de vida foi possível realizar o zoneamento de *D. melacanthus* e *T. podisi*, e espera-se com esses resultados auxiliar no embasamento de futuros programas de CB do percevejo barriga-verde como parte do manejo integrado de pragas na rotação de culturas soja-milho.

Palavras-chave: Controle biológico, Parasitoide de ovos, Exigências térmicas, Exigências higrométricas

ABSTRACT

Zoning of *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) and the egg parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Scelionidae) in Brazil based on thermal and hygrometric requirements

The green-belly stink bug *Diceraeus melacanthus*, long found in soybean crops, has recently become a problem for corn cultivation as well. The increased use of no-till farming favors the bug, which finds food in the soybean stubble or other host plants until the next corn crop (second crop). With crop rotation, the pest “migrates” from soybean and appears early in the emergence of the corn seedlings, attacking the vulnerable early stages. The current technique used to control this pest involves insecticide applications with a spraying schedule, which is counterproductive to sustainability, a goal currently sought by society. The use of Biological Control (BC) for the bug is still limited compared to agrochemical control. However, the egg parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 has shown prospects for the use of BC for the bug complex found mainly in soybeans. Many inappropriate practices used to manage *D. melacanthus* are due to the scarcity of basic knowledge about the biology of this pest. The present study investigated aspects of the biology of *D. melacanthus*, kept on a natural diet, at eight different temperatures (18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, and 34°C) and four relative air humidities (30, 50, 70, 90%). The data showed that the most suitable temperature and humidity range for the bug was 25 to 32°C and 70% RH, with a thermal constant (K) of 356.87 degree-days (GD) and a lower thermal threshold (T_b) of 14.48°C. Additionally, biological aspects of *T. podisi* on *D. melacanthus* eggs were studied at six temperatures (22, 25, 28, 30, 32, and 34°C) and four RH levels (30, 50, 70, and 90%). The optimal temperature range for the parasitoid's development was 25 to 32°C with RH above 50%, with a thermal constant (K) of 277.38 GD, a lower thermal threshold (T_b) of 7.32°C, and an upper thermal threshold (T_{max}) of 40.98°C. The results from these biology and life-table studies enabled the zoning of *D. melacanthus* and *T. podisi*. This new data will inform future BC programs for the stink bug, as part of integrated pest management in the soybean-corn crop succession.

Keywords: Biological control, Egg parasitoids, Thermal requirements, Hygrometric requirements

1. INTRODUÇÃO

Dentre os grãos, o milho *Zea mays* L. é atualmente o segundo mais cultivado no Brasil, apresentando não só importância econômica como também grande importância social. No Brasil, a cultura apresenta duas safras, a primeira é menor em área plantada, sendo a segunda safra a que apresenta hoje a maior produção; mesmo assim ainda é chamada de “safrinha”, pois no passado sua área plantada era menor em relação à primeira safra (CONAB, 2019). O plantio da safrinha está relacionado ao estreitamento da “janela” de plantio da soja e uso do plantio direto (Cassol et al., 2007). Nesse manejo, não há revolvimento do solo e mantém-se a matéria vegetal seca (“palhada”). Apesar de gerar benefícios para o produtor, tal tecnologia altera o agroecossistema intensificando o ataque de diferentes espécies-pragas. Dentre as pragas beneficiadas pelo sistema plantio direto, percevejos como *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851, apresentam uma significativa importância (Gassen, 2001).

O percevejo *D. melacanthus*, comumente chamado de barriga-verde e anteriormente classificado como *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851), era conhecido como uma praga da soja *Glycine max* (L.) Merrill no final de ciclo. Atualmente, devido ao plantio direto, o inseto vem se destacando como uma importante praga de milho, pois encontrou refúgio na referida “palhada” alimentando-se dos grãos de soja e milho que permanecem no solo após a colheita da cultura anterior. Apesar de representar uma praga com cada vez mais importância no Brasil, os estudos com *D. melacanthus* ainda são escassos e relativamente discrepantes (Tomazine, 2017).

Fatores abióticos como temperatura e umidade relativa do ar (UR) são fatores climáticos que mais influenciam o desenvolvimento dos insetos, sendo estudados de diversas formas em diferentes espécies. Uma forma prática e precisa de se estudar tal influência é por meio de pesquisas sobre exigências térmicas e higrométricas dos insetos (Bean, 1961; Silveira-Neto et al., 1976). Seus estudos são de grande importância pois influenciam tanto fatores físicos dos insetos, como também aspectos metabólicos e reprodutivos. A compreensão da biologia do inseto e suas exigências térmicas e higrométricas favorecem a implementação de medidas de manejo mais adequadas (Garcia et al., 2019; Parra e Coelho Jr, 2022). Hoje os principais métodos utilizados para o controle de *D. melacanthus* são realizados, quase que exclusivamente, por meio da aplicação de produtos químicos via tratamento de sementes ou em pulverizações realizadas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999; Brustolin et al., 2011; Panizzi et

al., 2015; Chiesa et al., 2016). Entretanto, o levantamento da empresa de consultoria McKinsey com mais de 5.500 agricultores ao redor do mundo indicou que 55% dos agricultores brasileiros utilizam o controle biológico nas fazendas, contra 23% na Europa, 6% nos Estados Unidos da América (EUA) e 4% na Argentina (McKinsey, 2022).

Dentre os agentes de CB, os parasitoides de ovos são considerados, em vários países, como os principais inimigos naturais dos percevejos da família Pentatomidae (Underhill, 1934; Hokyo et al., 1966; Buschman e Whhitcomb, 1980). O uso do parasitoide *Telenomus podisi* Ashmed, 1893 tem sido bem sucedido no controle do complexo de percevejos, mas principalmente para *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) em que já é registrado e vendido, como produto biológico, por diversas empresas no Brasil. Porém, poucos estudos são realizados buscando estudar a relação entre o percevejo *D. melacanthus* e o parasitoide *T. podisi*.

Portanto, a presente pesquisa teve por objetivo estudar as exigências térmicas e higrométricas de *D. melacanthus*, e do parasitoide de ovos *T. podisi*, buscando assim, compreender a relação entre eles e sua distribuição geográfica por meio do zoneamento da praga e do seu inimigo natural, com o objetivo de direcionar e melhorar o manejo da praga no campo, baseando-se na distribuição da praga e do parasitoide no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851

O percevejo *D. melacanthus* é conhecido popularmente como barriga-verde, justamente por apresentar a parte inferior do abdome de coloração verde. O complexo de percevejos, que inclui *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *D. melacanthus*, o percevejo verde, *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e o percevejo verde pequeno, *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) entre outros, são comumente considerados pragas de leguminosas, principalmente da soja, *Glycine max* (L.) Merrill. Contudo, de acordo com Panizzi (2000) e Manfredi-Coimbra *et al.*, (2005) os pentatomídeos (heterópteros) são, em geral polívoros, ou seja, na falta das plantas de preferência, esses insetos, usam outras plantas como abrigos e também podem estar utilizando-as como fontes alternativas de alimento, ao sugarem suas folhas e ramos; segundo Panizzi (2000) este hábito pode afetar o comportamento, biologia e desempenho de adultos e ninfas. Assim, *D. melacanthus* além de praga secundária de soja (Galileo *et al.*, 1977; Chocorosqui e Panizzi, 2008), vem se destacando pelo seu hábito de se alimentar de diversas plantas hospedeiras não cultivadas como trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e cultivadas como trigo (*Triticum aestivum* L.), braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), crotalária (*Crotalaria lanceolata* L.) e milho (*Zea mays* L.) (Chocorosqui e Panizzi, 2004; Manfredi-Coimbra *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2013). Seu primeiro registro em milho foi em Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul (Ávila e Panizzi, 1995). No cultivo de milho o percevejo possui preferência pelos primeiros estádios fenológicos (Copatti e Oliveira, 2011), porém causa prejuízos desde a emergência até a fase V5 (Duarte, 2009). Esses novos hábitos alimentares do percevejo são consequência do aumento de plantio direto principalmente na região Sul e Centro-Oeste do país, com a adoção dessa tecnologia há cerca de 20 anos. O plantio direto caracteriza-se pela rotação de culturas e o não revolvimento do solo, criando assim um microclima ideal para o desenvolvimento de *D. melacanthus*.

Apesar de representar uma praga cada vez mais importante no Brasil, os estudos com *D. melacanthus* ainda são escassos e relativamente divergentes (Tomazine, 2017). Para a criação dessa espécie em laboratório a dieta para percevejos pentatomídeos fitófagos tem sido estudada e desenvolvida desde o trabalho de Panizzi *et al.* (2000). Essa dieta foi utilizada como base para uma dieta artificial de sucesso para a criação de *E. heros* (Fabricius, 1798), sendo esta à base de feijão-de-vagem liofilizada e amendoim triturado (Mendoza *et al.*, 2016). Porém,

para a criação de *D. melacanthus*, algumas modificações já tinham sido feitas anteriormente na dieta artificial com a inclusão de ligustro (*Ligustrum lucidum* W.T.Aiton) por Meiga et al. (2008). Grãos de amendoim, girassol, soja seca, grão-de-bico, milho seco, soja úmida e milho úmido, também foram testados como dieta natural de *D. melacanthus* (Tomazine, 2017).

O dano de *D. melacanthus* na soja assim como para os demais percevejos é causado pela sucção do grão de soja em seu período mais seco; porém no milho, este inseto é comumente visto na plântula de milho na posição de cabeça para baixo, pois isso facilitaria a ingestão da seiva do xilema, da qual se alimenta, pelo fato dela se movimentar no sentido ascendente (Minosso e Panizzi, 2016). Os adultos e ninfas de *D. melacanthus* se alimentam na base das plântulas de milho, introduzindo seus estiletes através da bainha até as folhas internas causando lesões, e posteriormente danos. Após essas folhas crescerem e se desenrolarem, os sintomas visíveis são perfurações simétricas, “encharutamento” e perfilhamento da planta, podendo levá-la à morte (Link, 2006; Viana et al., 2007; Ávila et al., 2023). Esses danos, principalmente no cultivo de milho, têm levado os produtores a buscarem diferentes métodos de controle do inseto, já que, por estar presente no campo o ano todo (Carvalho, 2007) e se esconder em plantas hospedeiras, ou na palhada, torna-se difícil seu controle via aplicação foliar (Albuquerque et al., 2006).

2.2 *Telenomus podisi* Ashmead, 1893

O cultivo da soja hoje no Brasil é o maior do mundo em área plantada, com cerca de 41 milhões de hectares na safra 2021/2022, de acordo com a CONAB (Levantamento de 05/2022); no entanto, diversas pragas atingem o cultivo, principalmente o complexo de percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) que, ao se alimentarem da vagem de soja, afetam a qualidade fisiológica e sanitária do grão (Panizzi e Slansky, 1985; Corrêa-Ferreira e Azevedo, 2002). Dentre essas pragas, *E. heros* é, atualmente, o percevejo mais importante e abundante que ocorre na cultura da soja. Porém, o aumento de *D. melacanthus*, no final do ciclo da soja e início do cultivo de milho safrinha fez com que os produtores rurais necessitassem cada vez mais de diferentes manejos para o controle de pragas, já que o percevejo *D. melacanthus* pode permanecer o ano todo na área (Carvalho, 2007), se abrigando na palhada e se alimentando de plantas hospedeiras. Essas pragas geralmente são manejadas exclusivamente por produtos químicos (Bueno et al., 2011; Panizzi, 2013,

Bueno et al., 2015a, b; Chiesa et al., 2016); contudo, o uso excessivo de inseticidas pode causar desequilíbrios na biodiversidade como a resistência de pragas, redução de agentes de controle biológico, surtos de pragas secundárias, entre outros desequilíbrios (Pimentel, 1995; Sosa-Gómez et al., 2001; Fearnside, 2001; Ortega et al., 2005; Sosa Gómez e Silva, 2010).

Por este motivo, a busca pelo manejo integrado de pragas (MIP) tem sido uma alternativa para o produtor. Uma das estratégias de manejo de pragas mais sustentáveis do MIP, que tem sido aplicada cada vez mais em todo o mundo, é o controle biológico aumentativo (van Lenteren et al., 2018), com aumento expressivo no mercado, da ordem de 16% de crescimento entre 2015 e 2020, de acordo com a Associação CropLife Brasil (CropLife, 2022). Dentre os possíveis agentes de controle biológico que poderiam ser utilizados no MIP, os parasitoides de ovos são os mais importantes para o manejo de percevejos (Koppel et al., 2009; Laumann et al., 2010; Querino et al., 2016; Valente et al., 2016). E dentre os diferentes parasitoides de ovos de percevejos, *T. podisi* se destaca por sua alta eficiência no controle dos referidos percevejos (Peres e Corrêa-Ferreira, 2004; Sampaio, 2009; Queiroz et al., 2018).

A distribuição geográfica dos parasitoides de ovos *Telenomus* spp. abrange tanto áreas tropicais, quanto temperadas, sugerindo a existência de linhagens de uma mesma espécie adaptadas às diferentes condições climáticas (Powell e Shepard, 1982; Corrêa-Ferreira e Zamataro, 1989). No Brasil, esses parasitoides são encontrados em uma ampla faixa territorial, desde o Centro-Oeste (Medeiros et al., 1997) até o extremo Sul do País (Moreira e Becker, 1986). De acordo com Queiroz et al. (2019), *T. podisi* possui alto potencial de sucesso no campo, pois apresenta capacidade de parasitar os ovos dos hospedeiros com até 5 dias de desenvolvimento e ainda assim manter seus oócitos viáveis mesmo sem o hospedeiro, ou seja, mantém a capacidade de parasitismo e fertilidade, no referido período, sendo assim um excelente agente de controle em programas de MIP.

Assim, o parasitoide *T. podisi* já é comercializado por grandes empresas de controle biológico para controle não só de *E. heros*, mas também de *D. melacanthus*, do percevejo verde, *N. viridula*, do percevejo verde pequeno, *P. guildinii* e do percevejo do colmo-do-arroz, *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Koppert). Diversos trabalhos mostram a preferência do parasitoide *T. podisi* por ovos do percevejo marrom (Godoy e Ávila, 2000; Pacheco e Corrêa-Ferreira, 2000; Godoy et al., 2005; Silva et al., 2015), porém Costa et al. (2017) relataram sua capacidade de parasitismo

e sua preferência também por ovos de *D. melacanthus*. De forma análoga, a pesquisa de Corrêa- Ferreira e Moscardi (1995) mostrou que 50% do parasitismo em ovos de *D. melacanthus*, coletados no campo no norte do PR, deveu-se à espécie *T. podisi*. Queiroz et al. (2018) compararam o parasitismo de *T. podisi* em ovos de 3 espécies de percevejos: *D. melacanthus*, *E. heros*, e *Podisus nigrispinus* (Dalas, 1851) e também encontraram preferência de parasitismo por ovos de barriga-verde; o estudo também associou o resultado ao fato de que os ovos de *D. melacanthus*, por serem maiores, tanto em largura quanto em comprimento, apresentaram um melhor conteúdo nutricional para o parasitoide.

Em geral, os insetos são influenciados por condições bióticas e abióticas (Bueno et al., 2012). O parasitoide *T. podisi* no campo sofre possível impacto das condições abióticas, especialmente a temperatura, que influencia diretamente o desenvolvimento e a sobrevivência dos insetos (Wilson e Barnett, 1983), afetando a proporção sexual, emergência e outras características biológicas (Canto- Silva et al., 2005). Portanto, o parasitismo de *T. podisi* está diretamente associado à sua capacidade de adaptação a diferentes hospedeiros e condições climáticas. Daí a importância de se estudar os fatores abióticos tanto das pragas quanto dos parasitoides para se propor um manejo integrado de pragas de um modo geral.

2.3 Influência da temperatura em insetos

A temperatura é um dos fatores climáticos que mais influencia o desenvolvimento dos insetos, sendo estudada de diversas formas em diferentes espécies. A temperatura tem papel fundamental no desenvolvimento dos insetos, pois cada espécie se desenvolve em uma faixa térmica específica e possui uma constante térmica (K), expressa em graus – dias (GD), calculada a partir da temperatura base (T_b) ou limiar térmico inferior de desenvolvimento do inseto (Silveira-Neto et al., 1976). Uma forma prática e precisa de se estudar tal influência é por meio de estudos das exigências térmicas dos insetos (Bean, 1961; Silveira-Neto et al., 1976). Assim, a flutuação da temperatura muito acima ou abaixo da faixa ótima de desenvolvimento dos insetos, pode causar não só atraso como também antecipação do ciclo. São escassos os trabalhos que abordam a biologia completa de *D. melacanthus* e o efeito de fatores abióticos no seu desenvolvimento. Esta escassez de estudos pode comprometer o manejo e a adoção de medidas para o controle dessa praga. Para insetos pragas, como o barriga-verde, alvo do presente estudo, o conhecimento da

temperatura é extremamente importante pois interfere não só na quantidade de ovos colocados por uma fêmea, como também afeta o período ninfa-adulto e o peso dos insetos (Chocorosqui e Panizzi, 2002; Bortolotto et al., 2016).

O percevejo *D. melacanthus* é um inseto neotropical que tem sido observado tanto em culturas de verão, quanto de outono e inverno (Ávila e Panizzi, 1995; Panizzi e Chocorosqui, 1999 e 2000; Panizzi et al., 2015). Estudos de Chocorosqui e Panizzi, (2002) mostraram que ovos de *D. melacanthus* submetidos a temperaturas baixas como as de 15°C e 20°C, não deram origem a ninfas. A temperatura também pode afetar o metabolismo dos insetos, podendo ocorrer diapausa ou oligopausa dependendo da espécie. A diapausa é um tipo de dormência que “desacelera” o metabolismo dos insetos, permitindo que estes sobrevivam em condições ambientais desfavoráveis para atividades reprodutivas e metabólicas (Leather et al., 1993). O percevejo *E. heros*, considerado uma das principais pragas da soja, também é beneficiado com os restos culturais, após a colheita da soja, pois este inseto se aloja sob folhas secas, aí permanecendo em diapausa (Panizzi e Niva, 1994). Além de *E. heros*, várias espécies de percevejos entram em diapausa durante o inverno, ou sob condições de dias curtos (Albuquerque, 1993; Nakamura e Numata, 1997). Segundo Kiritani (1963), os insetos que apresentam diapausa possuem órgãos reprodutivos imaturos, param de se alimentar e possuem grande quantidade de lipídios armazenados. Outro tipo de dormência, a oligopausa (ou diapausa fraca), é comum entre os insetos provenientes de regiões com inverno moderado. A principal diferença deste tipo de dormência e da diapausa consiste no fato dos insetos se alimentarem periodicamente durante a oligopausa (Leather et al., 1993). Em laboratório, foi possível constatar a ocorrência de oligopausa reprodutiva em *D. melacanthus* sob fotofases curtas, como ocorre no inverno (Chocorosqui, 2001).

Como mencionado anteriormente os percevejos são altamente sensíveis a fatores abióticos, como a temperatura e também como os parasitoides sofrem tal influência (De Almeida Paz-Neto et al., 2015). O parasitoide de ovos *T. podisi* é uma espécie cosmopolita que ocorre tanto em regiões tropicais quanto temperadas, estando adaptada a uma ampla faixa de temperatura (Chocorosqui, 2001). Com a presença de seus hospedeiros o parasitoide pode manter a atividade o ano todo, possibilitando a ocorrência de gerações contínuas (Foerster e Nakama, 2002).

As temperaturas mais altas afetam os insetos, ocorrendo uma relação inversa entre temperaturas crescentes e períodos de ovo a adulto mais curtos, ocasionados

por uma maior atividade metabólica do parasitoide (Hernández e Díaz, 1996; Bueno et al., 2009). Uma das vantagens da maior atividade metabólica é a maior taxa de crescimento da população de parasitoides, podendo ser vantajosa para o controle biológico, pois novos adultos surgirão mais cedo. Porém, o aumento na temperatura também pode ocasionar efeitos negativos no parasitismo de *T. podisi*. Em temperaturas extremamente altas, o tempo ideal de desenvolvimento é prejudicado e a mortalidade aumenta (Bueno et al., 2008). Visser e Ellers (2008) estudaram que a alocação de lipídios adquiridos durante a fase larval afetaram a longevidade e a fecundidade de *T. podisi* e, portanto, interferindo no sucesso reprodutivo ao longo da vida (Huey e Berrigan, 2001).

Não apenas temperaturas extremamente altas, mas temperaturas extremamente baixas também podem prejudicar o parasitismo de *T. podisi*. Nos estudos de De Almeida Paz-Neto et al. (2015) a baixa emergência de *T. podisi* observada a 15 °C a partir de ovos de *D. melacanthus* (27,5%) e de *P. nigrispinus* (Dallas, 1851) (3,8%) pode estar relacionada à proximidade deste valor com a menor temperatura letal de *T. podisi*. Yeargan (1980) observou baixa emergência de *T. podisi* em ovos de *Podisus maculiventris* (Say, 1832) a 15,5 °C. Nakama e Foerster (2001) e Torres et al. (1997) também relataram uma viabilidade inferior a 50% quando *T. podisi* foi exposto a 15 °C.

Outra característica importante a ser considerada no controle biológico é a razão sexual, pois para o controle biológico é importante uma maior proporção de fêmeas na população (Bueno et al., 2009). Em geral, um aumento na temperatura foi relacionado a uma diminuição na razão sexual de *T. podisi* (De Almeida Paz-Neto et al., 2015).

É importante ressaltar que, embora a temperatura seja considerada um dos fatores mais importantes para o sucesso do controle biológico aumentativo, ela não é o único fator responsável por mudanças no desenvolvimento e sobrevivência de parasitoides de ovos.

2.4 Influência da umidade relativa em insetos

Estudos relacionados ao efeito da umidade relativa em aspectos biológicos da referida praga, não foram encontrados na literatura. Apesar de ser pouco estudada, a umidade relativa do ar (UR) é um fator abiótico com grande influência em seres vivos.

Um dos motivos para se ter um aumento expressivo no número de *D. melacanthus* pode estar ligado ao fato de que a “palhada” deixada pelo plantio direto se torna um abrigo para este inseto, pois além do sombreamento há um aumento da umidade no solo, podendo assim alterar a biologia do percevejo. O trabalho de Fazolin (2019) demonstrou que para *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) mesmo a simulação de condições de verão serem 3°C mais altas do que as do inverno uma maior fertilidade e taxa líquida de reprodução foram registradas no inverno onde a umidade relativa era mais baixa (55%), ressaltando assim a importância do estudo de UR na biologia de insetos.

Há relatos na literatura comprovando que a desidratação dos ovos se dá pelo córion (Bursell, 1974) e que isso está associado quase sempre a uma redução significativa da taxa metabólica, ocasionando atraso no desenvolvimento embrionário ou morte do embrião (Wigglesworth, 1965). É possível encontrar também na literatura alguns registros sobre o efeito de diferentes índices de UR em características biológicas de hemípteros, porém tais estudos são escassos devido à dificuldade de se controlar esse parâmetro em laboratório, por exigir câmaras climáticas mais sofisticadas (Beament, 1958). Segundo Beament (1961), a interferência da UR nos insetos se dá pela perda de água (via transpiração ou evaporação) por meio da membrana celular. Assim, a UR pode prejudicar principalmente os ovos por ressecá-los. O trabalho de Brito et al. (2019) analisou diferentes condições de estresse de desidratação severa (UR 20%), moderada (UR 40%) ou leve (UR 75%), e concluiu que a espécie *Rhodnius robustus* (Larrousse, 1927) apresenta uma menor tolerância à dessecação, apresentando alta mortalidade dos embriões com UR de 40%. Entretanto, a espécie *Rhodnius prolixus* Stal, 1859 possui uma taxa de eclosão superior a 75%, na faixa de UR de 20 a 75%. Parra et al. (2004) demonstraram que a UR afeta a capacidade de postura e a longevidade de machos e fêmeas do bicho furão *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) [hoje descrita como *Gymnandrosoma aurantiana* (Lima, 1927)], sendo que, nos períodos mais secos do ano, o inseto não coloca ovos e possui vida mais curta. Trabalhos mais recentes como o de Rodrigues et al. (2023), mostraram que em baixas UR, como a de 30% não houve eclosão de *E. heros*, provavelmente devido ao ressecamento dos ovos, como comentado anteriormente. Entretanto, na UR de 90%, considerada alta, foram registrados os menores valores de duração do período ovo-adulto e maiores valores de viabilidade do período.

Para os parasitoides como *Telenomus remus* (Nixon, 1937) em ovos de *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1866) os baixos valores de UR também foram desfavoráveis, porém UR altas, iguais ou superiores a 80% propiciaram um maior parasitismo (Queiroz et al., 2013). De maneira análoga, Torres (2009), avaliando a influência da umidade relativa na capacidade reprodutiva de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) sobre ninfas de *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907) determinou que tanto o parasitismo quanto a emergência foi maior na UR de 70%, sendo esses parâmetros biológicos prejudicados nas UR de 30 e 50%.

Dados como esses podem ser utilizados com o auxílio da estatística para identificar desde qual região do país o inseto se desenvolve melhor, até qual o melhor momento para se fazer o controle da praga.

2.6 Zoneamento para insetos

A compreensão da biologia do inseto e suas exigências térmicas e higrométricas favorecem a implementação de medidas de manejo mais eficientes. O zoneamento ecológico é umas das ferramentas que podem ser utilizadas buscando utilizar dados coletados no laboratório de exigências térmicas e higrométricas de uma determinada espécie que, por meio de sistemas de modelagem, estimam o potencial biológico de estabelecimento de uma praga em campo a partir dos dados de temperatura e umidade relativa (Milanez et al., 2005). Com o zoneamento de pragas, como por exemplo da traça-da-bananeira, *Opogona sacchari* (Bojer, 1856), verificou-se, por meio de um estudo de tabela de vida de fertilidade, que em regiões mais quentes o inseto não ocorre (Lacerda et al., 2019). A biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), em diferentes temperaturas e utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), delimitou as áreas onde a praga pode ocorrer durante o ano todo, na Flórida, EUA (Garcia, 2018). Assim, estudos básicos do efeito da temperatura e UR na biologia de *D. melacanthus* podem ser usados para estimar o número mensal e anual de gerações dessa praga em diferentes regiões produtoras de grãos.

Parra (1985) foi pioneiro no Brasil ao realizar o zoneamento da praga com base na utilização de exigências térmicas, em seu trabalho com o bicho-mineiro-do-café, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842). No caso específico de *E. heros*, Chevarria et al. (2012) propuseram um mapeamento da distribuição espacial da praga na região Sul do país onde, a partir de dados coletados na literatura, foi possível

determinar índices de ocorrência. Alguns outros exemplos, como Hamada et al. (2011) propuseram simulações de susceptibilidade a partir de um “software”, onde foi possível obter mapas de regiões favoráveis ao desenvolvimento da espécie. Garcia et al. (2019) determinaram as melhores regiões e épocas do ano no estado de São Paulo para a liberação do parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) inimigo natural do psíldeo de Citrus, *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907); Oliveira et al. (2022) estimaram o número de gerações de *T. pretiosum* em ovos de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) para as regiões do Brasil em quatro estações do ano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Criação de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851

Exemplares de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 foram coletados no município de Maracaju, um dos maiores produtores de grãos do estado do Mato Grosso do Sul. Os insetos foram armazenados em caixas de plástico transparente de 25x25x8 cm, possuindo uma abertura de 20x20 cm na tampa para permitir a troca gasosa, e recoberta por tela antiáfideo de 0,87 mm de abertura e alimentados com grãos de soja, amendoim e vagem de feijão para o transporte até Piracicaba, SP, local em que foram mantidos a 25 °C, umidade relativa (UR) de 70± 10% e fotofase de 14 horas.

Os insetos coletados foram introduzidos e acrescentados à criação do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo, no campus de Piracicaba. Os percevejos adultos foram mantidos em gaiolas cilíndricas de 7,6 L. Como substrato de postura foram colocados, na caixa, 3 pedaços de tecido de algodão cru (20 x 5 cm) de coloração bege. Como fonte de alimento, os insetos receberam dentro da gaiola, vagem de feijão (*Phaseolus vulgaris*) dispersos no fundo do recipiente, juntamente com amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) mantidos dentro de tampas plásticas N° 7 (COPAZA descartáveis plásticos), além de água destilada fornecida em um recipiente plástico de 50 mL, fechado com tampa plástica, onde foram feitos dois orifícios na tampa para que pudessem ser colocados dois pequenos rolos dentais de algodão; metade do algodão ficou em contato com a água e a outra metade ficou exposta para que os insetos conseguissem se alimentar. Uma plântula de milho em estágio V3 ou V4 foi mantida dentro da gaiola.

Nessa gaiola, destinada a adultos, foram colocados aproximadamente 60 insetos. Os ovos depositados no tecido foram retirados a cada dois dias e transferidos para placas de Petri de 6 cm de diâmetro, com um rolo de algodão dental embebido em água destilada, com a finalidade de fornecer água às ninfas recém eclodidas, para manutenção da população de percevejos.

Os ovos foram transferidos para placas de Petri, contendo um rolo dental umedecido em água destilada e mantidos a 25 °C, UR de ±70% e fotofase de 14 horas. As ninfas permaneceram nas placas de Petri e ao passarem para o segundo ínstar, foram usadas as mesmas caixas plásticas cilíndricas citadas anteriormente

para adultos, com a diferença que não eram fornecidas plântulas para as ninfas e as caixas não possuíam tecido para substrato de postura, mas continham tiras de papel toalha (20 x 5 cm) para que *D. melacanthus* tivesse um local favorável para sua movimentação. A troca da dieta foi realizada semanalmente até que as ninfas atingissem a fase adulta. A sala de criação foi mantida com temperatura de 25°C, UR de 70±10% e fotofase de 14 horas.

3.2 Exigências térmicas de *D. melacanthus*

Foi avaliado o efeito das temperaturas de 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32 e 34 ± 1 °C no período ovo-adulto, longevidade e fertilidade do percevejo *D. melacanthus*. As câmaras climatizadas foram reguladas nas referidas temperaturas, com umidade relativa (UR) de 60±10% e fotofase de 14h. Para cada temperatura, que correspondeu a um tratamento, foram utilizados 6 repetições contendo 50 ovos de *D. melacanthus* para cada repetição, dispostos em placas de Petri de 6cm de diâmetro, contendo um rolo dental embebido em água destilada como fonte de água para os imaturos do percevejo; os ovos foram observados até a eclosão das ninfas, avaliando-se a duração e viabilidade desta fase do ciclo de vida do percevejo.

Ao atingirem o segundo ínstar, as ninfas das respectivas repetições foram transferidas para um recipiente de polietileno transparente de 700mL, com uma abertura na tampa recoberta com tela antiáfideo de 0,87mm, onde permaneceram até atingirem a fase adulta. Como fonte de alimento, foram disponibilizadas vagens de feijão-verde, amendoim e sementes de girassol, dispostos sobre tampas de plástico (usadas para copo de 50 mL), e um rolo dental embebido em água destilada. Os componentes da dieta natural foram repostos em intervalos de 5 dias e a água destilada repostada diariamente. Foram avaliadas a duração e viabilidade do período ovo-adulto, observando-se diariamente a eclosão das ninfas, mortalidade, mudança de ínstar e emergência, em cada temperatura dentre as oito citadas anteriormente.

Após atingir a fase adulta, foram formados casais de *D. melacanthus*, conforme a quantidade de fêmeas e machos que tivesse por tratamento, em que adultos de até 24 horas de idade que emergiram das ninfas da etapa anterior, foram individualizados em copos plásticos de 500 mL invertidos, encaixados sobre a tampa plástica N°7 (COPAZA descartáveis plásticos) contendo uma tira na parte superior do copo de tecido de algodão cru de coloração bege (3x9cm), que serviu como local para oviposição. Os adultos também foram alimentados com dieta natural, contendo vagem

de feijão, 5 grãos de amendoim e 10 sementes de girassol, além de um rolo dental embebido diariamente em água destilada (Figura 1). As dietas naturais oferecidas às ninfas e adultos foram substituídas a intervalos de 7 dias. Para cada casal, foram avaliadas, diariamente, a longevidade de machos e fêmeas, bem como o período de pré- oviposição e fertilidade, nas respectivas temperaturas. O número de casais obtidos de *D. melacanthus* nas diferentes temperaturas variou de 10 a 25 casais dependendo da emergência dos insetos.



Figura 1. Forma de oferecimento de dieta natural para adultos de *Diceraeus melacanthus*, em uma tampa plástica contendo 5 grãos de amendoim e 10 grãos de semente girassol, juntamente com um rolo dental embebido em água destilada.

Utilizando-se o modelo linear, também foram calculadas a constante térmica (K) e a temperatura base (T_b). O limite térmico superior (T_{max}) também foi calculado, utilizando-se o modelo de Lactin (Lactin, 1995).

3.3 Exigências higrométricas de *D. melacanthus*

Estudou-se a biologia nas umidades relativas do ar (UR) de 30, 50, 70 e $90\pm 10\%$, na temperatura de 25°C e 14 h de fotofase. Assim, como no experimento de exigências térmicas, para o estudo das exigências higrométricas de *D. melacanthus* utilizaram-se 50 ovos para cada repetição, em um total de 6 repetições por UR estudada. Em um primeiro teste, os ovos foram colocados em placas de Petri de 6 cm de diâmetro sem a presença de rolo de algodão dental embebido em água destilada ou qualquer outra fonte de água. Porém, os insetos não atingiram o segundo ínstar; assim todos morreram no primeiro ínstar, possivelmente por desidratação. Um novo método foi elaborado para que o inseto pudesse ter acesso à água, com o cuidado de que a água não alterasse a UR no interior da placa de Petri. Dos métodos testados selecionou-se o fornecimento de água envolta em uma cápsula de parafilme (Parafilm M, Pechiney Plastic Packing, Wisconsin, EUA) para o inseto, sendo que as ninfas foram capazes de perfurar o parafilme para obter a água, havendo assim desenvolvimento dos imaturos (Figura 2).



Figura 2. Ninfas de *Diceraeus melacanthus* ingerindo água destilada de uma cápsula de parafilme.

Outra modificação realizada no experimento, em relação ao experimento de exigências térmicas de *D. melacanthus*, foi o tamanho da placa de Petri, modificada para um tamanho maior, 8 cm de diâmetro, com a superfície coberta por “voile”, permitindo assim maior troca de UR, entre o interior da placa e a câmara climatizada.

De maneira semelhante ao experimento de exigências térmicas, para o estudo das exigências higrométricas foram avaliados diariamente: eclosão das ninfas para determinação da duração do período embrionário e viabilidade dos ovos.

Ao atingirem o segundo ínstar, as ninfas das respectivas repetições foram transferidas para um recipiente de polietileno transparente de 700 mL, com uma abertura na tampa recoberta com tela antiafídeo com “mesh” de 0,87 mm, onde permaneceram até o quinto ínstar.

Como fonte de alimento, foram disponibilizadas vagens de feijão, amendoim e sementes de girassol, dispostos sobre tampas de plástico, e um rolo dental embebido em água destilada. Os componentes da dieta natural foram repostos em intervalos de uma semana, sendo a água repostada diariamente. Foram avaliadas a duração e viabilidade do período ninfa-adulto, avaliando-se diariamente: mortalidade, ecdise (“muda”) para o ínstar subsequente até a emergência dos adultos.

Após atingirem a fase adulta, os casais de *D. melacanthus* foram formados e mantidos de maneira semelhante ao descrito no item 3.2, sendo que, permaneceram durante todo o desenvolvimento em câmaras climatizadas reguladas nas diferentes UR (30, 50, 70 e 90±10%), fotofase de 14h e temperatura de 25 ± 1°C.

Para cada casal foram avaliados diariamente a mortalidade de machos e fêmeas, para determinação da longevidade, bem como a determinação do período de pré-oviposição e contagem de ovos para avaliar a fertilidade nas respectivas UR.

3.4 Análises estatísticas dos dados obtidos nos experimentos de exigências térmicas e higrométricas de *D. melacanthus*

O número de ovos parasitados foi analisado por meio de modelos lineares generalizados (GLM) do tipo quase-Poisson. Já o parasitismo, viabilidade e também para a razão sexual utilizou-se GLM do tipo quase-binomial, sendo que as comparações entre os tratamentos foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para os parâmetros duração do período ovo-adulto e longevidade do casal de percevejos foi utilizada a curva de sobrevivência de Kaplan-Meier com teste de long-rank com 5% de significância.

3.5 Tabela de vida de *D. melacanthus* em diferentes temperaturas e umidades relativas

A partir dos dados de viabilidade das fases de desenvolvimento e da duração do período ovo-adulto, razão sexual, período de pré-oviposição, fertilidade diária de cada fêmea e longevidade dos adultos (machos e fêmeas), foram determinados os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *D. melacanthus* para as oito temperaturas estudadas. Foram avaliadas a taxa líquida de reprodução (R_0), razão finita de aumento (λ), capacidade inata de aumentar em número (r_m), tempo médio de uma geração (T) e tempo para dobrar o tamanho da população (D_t). A comparação dos índices foi realizada pelo teste de Bootstrap com 10.000 simulações (Maia et al., 2000; Reigada et al., 2016).

De maneira análoga à tabela de vida em diferentes temperaturas, os parâmetros utilizados para a tabela de vida em diferentes UR foram: viabilidade e duração do período ovo-adulto, razão sexual, período de pré-oviposição, longevidade de machos e fêmeas e número de ovos por dia.

3.6 Zoneamento de *D. melacanthus* no Brasil baseando-se em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas

Foi utilizado o banco de dados climáticos georreferenciados NASAPOWER (<https://power.larc.nasa.gov/>), e os valores de R_0 (taxa líquida de reprodução) da população de *D. melacanthus* em cada temperatura e UR obtidos experimentalmente. Foram elaborados mapas interpolados relacionando, por meio de uma função matemática, os valores de R_0 com temperatura e umidade relativa do ar, conforme Lacerda et al. (2019).

3.7 Coleta no campo e criação do parasitoide de ovos *Telenomus* sp.n.

Com o objetivo de coletar percevejos em campo, também foram coletadas algumas posturas de *D. melacanthus* no dia 06/04/2021, na região de Maracaju, Mato Grosso do Sul (Latitude: 21° 37' 8" Sul, Longitude: 55° 10' 2" Oeste). Poucos dias depois foi observado o escurecimento dessas posturas, indicando assim o parasitismo natural. Essas posturas foram trazidas ao Laboratório de Biologia de Insetos, ESALQ/USP e identificadas como *Telenomus* sp.n., porém mais estudos taxonômicos estão sendo realizados para identificação a nível de espécie e, aparentemente, não se trata de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (segundo a taxonomista Dra. Ana Wengrat)

Os parasitoides coletados foram mantidos em ovos de *D. melacanthus* e uma população foi separada e mantida em ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1794). Ambos foram criados de maneira semelhante, em um saco plástico transparente de 36x 25 cm. No interior do saco plástico, os parasitoides recém emergidos receberam separadamente ovos das duas espécies mencionadas, armazenados em freezer (-20°C), por até sete dias, dentro de uma placa de Petri de 6 cm de diâmetro. A criação foi realizada em temperatura de 25 °C, UR de ±70% e fotofase de 14 horas.

3.8 Criação do parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893

A população do parasitoide *T. podisi* do laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ/USP é proveniente de Ribeirão Preto, SP, e está há mais de 10 anos sendo mantida no laboratório com os mesmos procedimentos descritos no item 3.7, para criação do parasitoide *Telenomus* sp.n.

3.9 Criação de *Euschistus heros* (Fabricius, 1794)

Os insetos foram criados e mantidos conforme metodologia de Rodrigues (2020) em dieta natural, composta de vagem de feijão, grãos de amendoim além de água destilada.

3.10 Avaliação do parasitismo e viabilidade de ovos dos percevejos *E. heros* e *D. melacanthus* parasitados por *T. podisi* e *Telenomus* sp.n.

A fim de se determinar o parasitismo das duas espécies de parasitoides, incluindo *Telenomus* sp. de ocorrência natural, em ovos dos dois percevejos pragas, foi elaborado um experimento contendo quatro tratamentos, sendo eles:

	Ovos do hospedeiro	Parasitoide
Tratamento 1	<i>Euschistus heros</i>	<i>Telenomus podisi</i>
Tratamento 2	<i>Euschistus heros</i>	<i>Telenomus</i> sp.n.
Tratamento 3	<i>Diceraeus melacanthus</i>	<i>Telenomus</i> sp.n.
Tratamento 4	<i>Diceraeus melacanthus</i>	<i>Telenomus podisi</i>

Para todos os tratamentos as fêmeas foram individualizadas, 24 horas após sua emergência para garantir a cópula. Durante seis dias, os ovos dos hospedeiros *E. heros* ou *D. melacanthus* foram trocados diariamente, oferecendo-se ovos com até cinco dias de armazenamento em freezer (-20°C) para os parasitoides, *T. podisi* ou *Telenomus* sp.n. conforme os tratamentos estabelecidos.

Cada tratamento continha 15 repetições, formadas por uma fêmea do parasitoide em um tubo de ensaio de 7x0,9, com uma gotícula de mel puro no interior, para alimentação do adulto do parasitoide e tampado com algodão hidrófilo. Ovos que eram retirados dos tubos, após o período de parasitismo, eram mantidos em um tubo novo sem a presença da fêmea. A partir de resultados prévios do potencial de parasitismo diário de *T. podisi*, nos dois primeiros dias foram oferecidos 50 ovos, sendo que nos quatro dias seguintes foram oferecidos 30 ovos. Todos os ovos foram mantidos em câmaras climatizadas reguladas a 25 °C, UR de $\pm 70\%$ e fotofase de 14 horas. Após a emergência dos parasitoides foi possível avaliar o parasitismo, viabilidade, a duração em dias, bem como a razão sexual das espécies em estudo.

3.11 Exigências térmicas de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*

Em função dos resultados obtidos no experimento descrito no item 3.10, foi possível determinar que o parasitoide *T. podisi* foi um agente de controle biológico superior ao parasitoide encontrado no campo (*Telenomus* sp.n.), tanto para o parasitismo em ovos de *E. heros* como de *D. melacanthus*. Por este motivo, a espécie foi selecionada para dar continuidade aos experimentos de exigências térmicas e higrométricas.

A criação do parasitoide de ovos *T. podisi* do Laboratório de Biologia de Insetos ESALQ/USP foi mantida em ovos de *E. heros*. Portanto, para a realização do experimento, por uma geração foram oferecidos ovos de *D. melacanthus* para esses parasitoides, a fim de diminuir um possível efeito pré-imaginal. Após uma geração, 24

horas após a emergência dos parasitoides, foram separados os casais. Para o experimento foram utilizados seis tratamentos, correspondentes às temperaturas de 22, 25, 28, 30, 32 e 34±1 °C (as temperaturas de 18 e 20°C não foram consideradas pois pelos resultados da biologia do percevejo *D. melacanthus*, foi avaliado que a 18°C o adulto não consegue se desenvolver e a 20°C a fêmea não coloca ovos). Cada tratamento continha 15 repetições, que consistiram de um tubo de ensaio de 7 x 0,9 cm contendo uma gotícula de mel puro no seu interior, para a alimentação do casal de parasitoides, e fechado com algodão hidrófilo para permitir a troca de ar e UR.

Após a individualização dos casais, foram oferecidos ovos de *D. melacanthus* com 24 horas de desenvolvimento embrionário em cada tubo (Figura 3a). Estes ovos eram trocados diariamente por novos ovos; a partir de dados prévios do potencial de parasitismo diário de *T. podisi*, nos dois primeiros dias foram oferecidos 50 ovos; nos quatro dias seguintes foram oferecidos 30 ovos. Após as 24 h de parasitismo, diariamente os ovos foram retirados do tubo em que estava o casal de parasitoides, alocados em outro tubo sem a presença do parasitoide e mantido nas respectivas temperaturas em que se deu o parasitismo até que os parasitoides emergissem (Figura 3b, 3c). Após a emergência da geração F1, foi contabilizado diariamente o número de fêmeas e machos que emergiram. Foi avaliado o parasitismo da fêmea de *T. podisi* nos seis primeiros dias de vida. Na geração F1 foi avaliada a duração do período ovo-adulto, com observações diárias, contando-se o número de parasitoides emergidos, a viabilidade do parasitismo, número de ovos parasitados e ovos parasitados contendo o orifício de emergência (Figura 3d). A razão sexual foi determinada por meio do número de machos e fêmeas através da fórmula:

$$\text{razão sexual} = \frac{n^{\circ} \text{ de machos}}{n^{\circ} \text{ de machos} + n^{\circ} \text{ de fêmeas}}$$

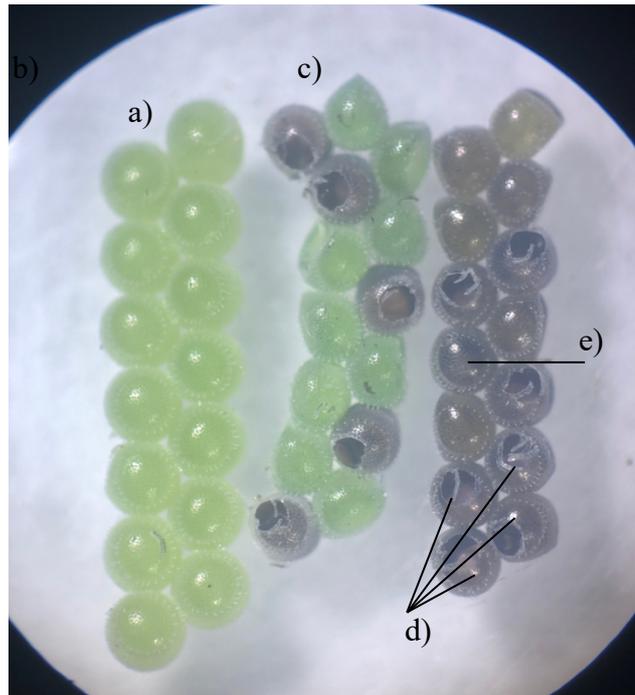


Figura 3. Características da postura de *Diceræus melacanthus*: a) postura com 24h; b) postura armazenada em ultra-freezer por 5 dias e posteriormente parasitada por *Telenomus podisi* [(incluindo ovos não parasitados (verde claro) e ovos parasitados (pretos)]; c) postura oxidada armazenada em ultra-freezer por 5 dias e posteriormente parasitada por *T. podisi* [incluindo ovos oxidados (verde escuro) e parasitado (preto)]; d) ovos parasitados com orifício de saída; e) ovo parasitado inviável.

Utilizando-se o modelo linear, foram calculadas a constante térmica (K) e a temperatura base ou limite térmico inferior de desenvolvimento (Tb). O limite térmico superior (Tmax) também foi calculado, utilizando o modelo de Lactin (Lactin, 1995).

3.12 Exigências higrométricas de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*

De maneira semelhante ao experimento de exigências térmicas, os parasitoides *T. podisi* mantidos em ovos de *E. heros* do Laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ/USP foram criados por uma geração em ovos de *D. melacanthus* para evitar um possível condicionamento pré-imaginal. Após a emergência de *T. podisi*, proveniente dos ovos de *D. melacanthus*, foi aguardado o período de 24h para que os insetos acasalassem e então foram separados 15 casais para cada tratamento. Foram utilizadas quatro umidades relativas do ar (UR), 30, 50, 70 e $90 \pm 10\%$. Cada casal foi mantido em tubos de ensaio de 7x0,9 cm, contendo uma gotícula de mel puro no interior e tampados com algodão hidrófilo para permitir o equilíbrio entre a UR no interior do tubo e da câmara em estudos. Durante os dois primeiros dias foram oferecidos 50 ovos de *D. melacanthus* por casal (tubo) e nos 4 dias seguintes foram

oferecidos 30 ovos. Quando os ovos eram retirados, diariamente, dos tubos contendo os casais, estes eram mantidos em novos tubos de ensaio de 7x0,9 cm na respectiva UR, na qual se deu o parasitismo. Após a emergência dos parasitoides foram contabilizados os ovos parasitados (Figura 4a) e os ovos com orifício de emergência (Figura 4b), para avaliação da viabilidade. Outro parâmetro contabilizado após a emergência dos insetos foi, a razão sexual a duração do período ovo-adulto assim como mencionado no item 3.11.

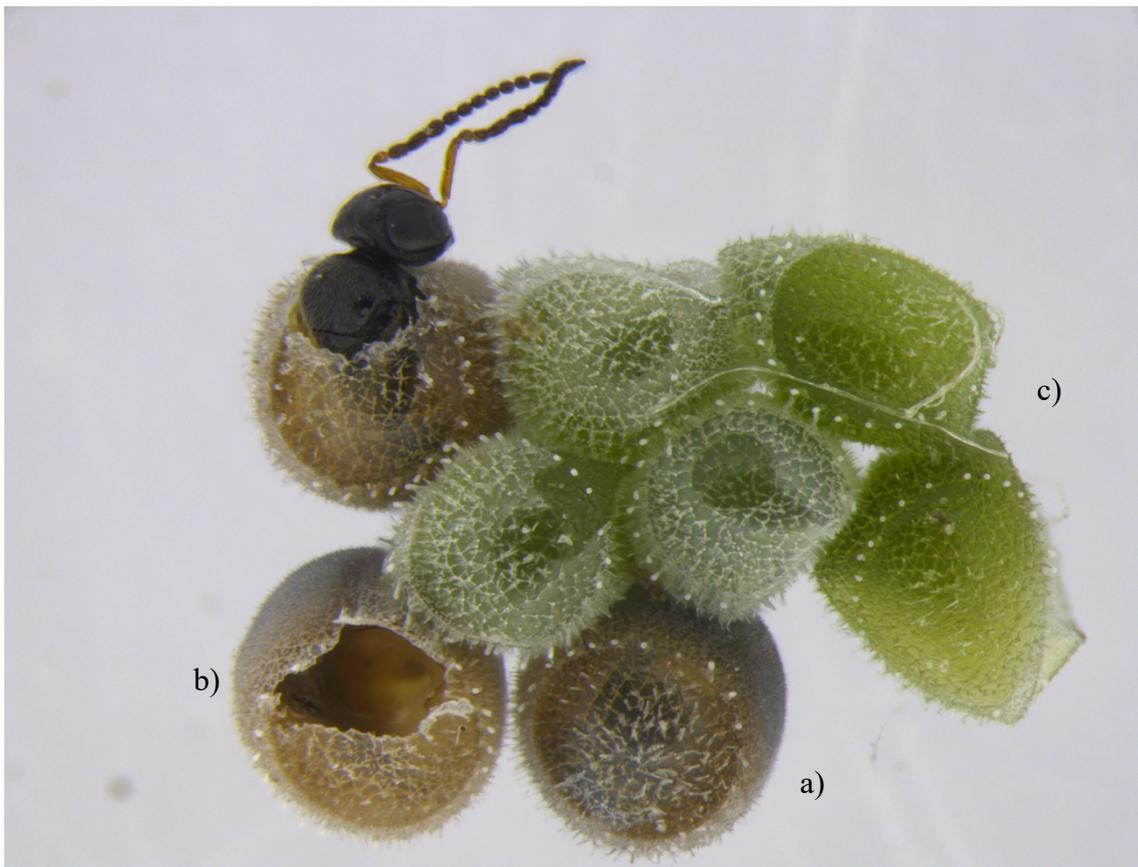


Figura 4. Características da postura de *Diceræus melacanthus* parasitada por *Telenomus podisi*; a) ovos parasitados; b) ovos parasitados com orifício de saída c) ovos não parasitados.

3.13 Análises estatísticas dos dados obtidos nos experimentos de exigências térmicas e higrométricas de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*

Assim como na análise estatística dos dados obtidos nos experimentos de exigências térmicas e higrométricas de *D. melacanthus*, para o parasitismo, viabilidade e razão sexual utilizou-se GLM do tipo quase-binomial, sendo que as comparações entre os tratamentos foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de

significância. Para duração do período ovo-adulto foi utilizada a curva de sobrevivência de Kaplan-Meier com teste de long-rank com 5% de significância.

3.14 Tabela de vida de fertilidade de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* em diferentes temperaturas e umidades relativas

Foi realizada a estimativa da taxa líquida de reprodução R_0 , considerando-se que até o sexto dia, cerca de 75% dos ovos são colocados pela fêmea de *T. podisi* e o cálculo do R_0 utiliza apenas a fertilidade diária, razão sexual e viabilidade ovo-adulto (Silveira-Neto et al., 1976; Gotelli, 2007)

De maneira semelhante ao cálculo do R_0 em diferentes temperaturas, para o cálculo de R_0 em diferentes UR também utilizaram-se somente os seis primeiros dias de vida do parasitoide para avaliar o parasitismo, viabilidade, razão sexual e duração. Nas diferentes UR também foi avaliado o parâmetro R_0 .

3.15 Zoneamento de *T. podisi*, em ovos de *D. melacanthus* no Brasil baseando-se em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas

Foi utilizando o banco de dados climáticos georreferenciados NASAPOWER (<https://power.larc.nasa.gov/>) e os valores de R_0 (taxa líquida de reprodução) da população de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* em cada temperatura e UR obtidos experimentalmente. Foram elaborados mapas interpolados relacionando por meio de uma função matemática os valores de R_0 com temperatura e umidade relativa do ar, conforme Lacerda et al. (2019)

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Exigências térmicas de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851

A duração do período ovo-adulto de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 foi afetada pela temperatura, variando de 64,56 a 18,59 dias, na faixa de 20 a 34°C, respectivamente. Em todas as fases a temperatura afetou a duração de *D. melacanthus*, desde a fase de ovo ($\chi^2 = 94,9$, gL=6, $P < 0,01$), até o quinto ínstar ($\chi^2 = 56,5$, gL=6, $P < 0,01$).

Na temperatura de 18°C ocorreu a morte dos insetos principalmente nos ínstars iniciais e apenas 19 ninfas sobreviveram até o terceiro ínstar (equivalente a 6,33 % dos ovos oferecidos); por este motivo, os dados não foram computados na comparação dos resultados obtidos (Tabela 1).

Tabela 1. Duração do período ovo-adulto de *Diceraeus melacanthus* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

Temperatura (°C)	DURAÇÃO (dias) ¹						Ovo- adulto
	Ovo	1 ° Ínstar	2 ° Ínstar	3° Ínstar	4° Ínstar	5° Ínstar	
18°C	-	-	-	-	-	-	-
20°C	12,10±0,17 a	7,09±0,37 a	9,50±1,63 a	11,10±1,99 a	14,10±2,57 a	10,26±2,11 a	64.56
22°C	9,42±0,1 b	3,44±0,64 b	5,80±1,29 bc	8,23±1,93 ab	11,12±2,67 ab	6,76±2,22 ac	44.66
25°C	7,09±0,02 c	3,40±0,44 b	6,24±1,13 b	6,61±1,25 b	8,10±1,56 b	5,47±1,14 b	36.87
28°C	5,20±0,07 d	3,40±0,20 bc	3,20±0,15 d	4,80±0,34 b	6,20±0,56 b	3,28±0,36 d	26.08
30°C	4,40±0,06 e	2,30±0,25 c	3,80±0,93 cd	3,60±0,91 bc	4,60±0,76 bc	4,48±2,01 c	23.18
32°C	3,50±0,11 f	2,70±0,50 c	3,00±0,56 d	2,60±0,76 c	3,80±0,82 c	4,07±0,82 d	19.67
34°C	3,30±0,04 f	2,00±0,05 c	2,60±0,09 d	2,00±0,15 c	3,20±0,27 c	5,49±0,61 d	18.59

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

A viabilidade dos diferentes estágios ninfais de *D. melacanthus* foi influenciada em algumas das oito temperaturas estudadas (de 18 a 34°C), observando-se que o percevejo se desenvolveu melhor na faixa de temperatura de 25 a 30°C (Tabela 2). Somente para o primeiro (F=2,33; gL=6;35; P=0,052) e terceiro ínstaes (F=1,86; gL=6;27; P=0,12) a viabilidade não foi afetada nas diferentes temperaturas. Por outro lado, para a fase de ovo (F=3,95; gL=6;35; P<0,01), segundo (F=4,54; gL=6;33; P<0,01), quarto (F=3,95; gL=6;35; P<0,01) e quinto ínstaes ($\chi^2 = 35,98$; gL=2;15; P<0,01) a viabilidade foi afetada pela condição térmica

Tabela 2. Viabilidade do período ovo-adulto de *Diceraeus melacanthus* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

Temperatura (°C)	VIABILIDADE (%) ¹						Ovo- adulto (%)
	Ovo	1 ° Ínstar	2 ° Ínstar	3 ° Ínstar	4 ° Ínstar	5 ° Ínstar	
18°C	-	-	-	-	-	-	-
20 °C	84,7±1,77 ab	54,98±4,64 a	53,86±2,32 ab	66,67±2,53 a	92,11±2,54 ab	77,14±1,90 b	11,88
22°C	74,33±2,59 ab	54,98±4,51 a	22,99±2,04 b	90,48±1,95 a	80,00±1,90 ab	100,00±1,90 a	7,60
25°C	57,33±3,11 b	84,42±3,82 a	47,11±2,59 ab	87,72±1,82 a	88,00±1,51 b	100,00±1,51 a	17,60
28°C	88,33±1,96 a	30,94±2,80 a	71,95±2,21 a	93,22±2,16 a	90,91±2,26 a	92,00±1,90 ab	15,33
30°C	72,00±3,56 ab	43,98±2,93 a	61,05±3,17 ab	79,31±2,49 a	100,00±2,49 ab	100,00±2,50 a	15,33
32°C	81,67±1,77 a	31,84±4,20 a	36,92±0,53 ab	93,75±0,52 a	94,45±0,70 a	100,00±0,70 a	8,50
34°C	79,67±1,22 a	50,63±4,00 a	59,50±3,08 a	93,06±3,05 a	100,00±3,05 a	91,04±2,55 ab	20,33

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Como mencionado anteriormente, não houve desenvolvimento do inseto a 18°C e conseqüentemente não foram obtidos adultos (Tabela 3). A temperatura de 20°C, causou efeitos deletérios ao inseto adulto. Assim, embora o inseto tenha completado o desenvolvimento, sendo possível a formação de casais e até mesmo o acasalamento, não foram produzidos ovos. Chocorosqui e Panizzi (2002) também não obtiveram insetos na temperatura de 15 °C, sendo obtido somente 1 inseto adulto a 20°C. A faixa de temperatura de 22 a 32 °C proporcionou alta fecundidade ($F=4,08$; $gL=5,81$; $P<0,01$), sendo que somente as temperaturas extremas (20 e 34°C) foram prejudiciais à fecundidade do inseto. Para a temperatura superior, ou seja 34°C, o inseto se desenvolveu, porém, a fecundidade do inseto foi muito prejudicada, com os adultos colocando quase metade dos ovos do que as fêmeas mantidas a 25°C.

Quanto à razão sexual ($\chi^2 = 0,42$; $gL=1,229$; $P=0,52$), somente nas temperaturas de 20 e 22 °C houve uma maior produção de machos ($<0,5$), mostrando a inadequação do extremo térmico inferior ao inseto. As temperaturas de 25 a 34°C apresentaram valores maiores ou iguais a 0,5 portanto, na maioria, com predominância de fêmeas. A longevidade das fêmeas ($\chi^2 = 57,3$; $gL=6$; $P<0,01$) e dos machos ($\chi^2 = 66,1$; $gL=6$; $P<0,01$) apresentou diferenças significativas nas diferentes temperaturas estudadas. A longevidade dos adultos variou em média de 20 a 100 dias, dependendo da temperatura. Em geral, este parâmetro foi inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto menor a temperatura, maior a longevidade de *D. melacanthus*, devido à menor atividade metabólica do inseto nas temperaturas mais baixas.

Tabela 3. Fecundidade (total de ovos), razão sexual e longevidade dos adultos de *Diceraeus melacanthus* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

Temperatura (°C)	Fecundidade ¹	Razão Sexual ¹	Longevidade (dias) ²	
			Macho	Fêmea
18 °C	-	-	-	-
20 °C	-	0,48±0,09 a	136,93±16,16 a	70,54±11,52 a
22 °C	239,71±43,65 ab	0,45±0,11 a	80,71±15,02 b	77,00±18,93 a
25 °C	252,55±33,41 a	0,51±0,07 a	55,48±7,75 c	59,22±6,28 a
28 °C	302,65±31,59 a	0,50±0,07 a	31,39±5,48 d	44,09±5,33 b
30 °C	265,71±108,50 ab	0,62±0,11 a	31,87±11,21 cd	36,92±5,39 bc
32 °C	337,67±107,06 a	0,60±0,13 a	52,17±7,96 c	43,33±10,16 bc
34 °C	139,04±20,75 b	0,51±0,07 a	21,93±2,42 d	21,75±2,46 c

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

2. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de log-rank ($P \leq 0,05$).

A partir do modelo linear da relação temperatura/velocidade de desenvolvimento, obteve-se a constante térmica (K) para *D. melacanthus* de 356,87 GD e o limite térmico inferior ou temperatura base (Tb) de 14,48°C (Figura 5). O limite térmico superior não foi possível ser estimado pois ainda possuía tendência crescente a 34°C. Não foram encontrados trabalhos com os valores de limite térmico inferior (Tb) e constante térmica (K) para o percevejo *D. melacanthus*, porém para *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) Rodrigues et al. (2023) obtiveram em dieta natural, uma Tb de 14,1°C e uma constante térmica (K) de 354,1GD e para dieta artificial os valores de 14,5°C para a Tb e K de 358,2 GD. Tais valores são muito próximos aos do presente trabalho para o percevejo *D. melacanthus*. Essas constantes foram calculadas com o intuito de fornecer subsídios para a criação da referida praga (*D. melacanthus*), que pode ser utilizada para a criação do inimigo natural *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 que se apresenta como um excelente hospedeiro para o parasitoide (item 4.5).

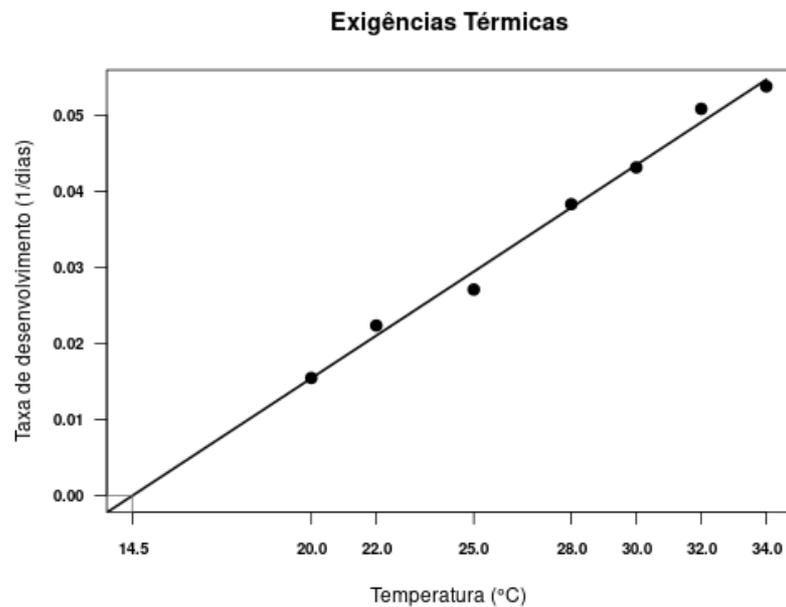


Figura 5. Taxa de desenvolvimento de *Dicerca melacanthus* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

4.2 Exigências higrométricas de *D. melacanthus*

Das quatro umidades relativas do ar (UR), 30, 50, 70, e 90±10% estudadas, a UR mais baixa, que correspondeu a 30%, não permitiu o desenvolvimento de um número suficiente para que a análise estatística fosse realizada, já que, somente 48 indivíduos emergiram dos 300 ovos oferecidos. A baixa UR foi registrada também nos trabalhos de Brito et al. (2019) e Rodrigues et al. (2023) como deletéria, pois os autores observaram ressecamento dos ovos em UR baixas.

Quanto à duração do período de ovo-adulto, somente o terceiro ($\chi^2 = 15$; gL=2; $P < 0,01$) e quarto ínstars ($\chi^2 = 18,6$; gL=2; $P < 0,01$) apresentaram diferença significativa quando comparados entre as UR de 50, 70 e 90 ±10%. Quanto maior a UR a tendência é que haja um aumento na duração do período ovo-adulto (Tabela 4).

Tabela 4. Duração do período ovo-adulto de *Diceraeus melacanthus* em diferentes umidades relativas (UR) (temp.: 25±2°C e fotofase: 14h).

UR(%)	DURAÇÃO (dias) ¹						
	Ovo	1 ° Ínstar	2 ° Ínstar	3 ° Ínstar	4 ° Ínstar	5 ° Ínstar	Ovo-adulto
30%	-	-	-	-	-	-	-
50%	6,29±0,13 a	3,53±0,28 a	3,80±0,35 a	3,87±0,24 b	5,22±0,35 b	3,74±0,36 a	26,44
70%	6,19±0,02 a	3,49±0,08 a	3,27±0,19 a	4,97±0,18 a	6,83±0,24 a	3,90±0,30 a	28,7
90%	6,05±0,04 a	3,85±0,35 a	4,13±0,30 a	5,31±0,25 a	6,80±0,31 a	4,19±0,17 a	30,29

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de log-rank ($P \leq 0,05$).

A UR afetou a viabilidade somente da fase de ovo ($F=5,41$; $gL=2;15$; $P<0,05$) e do primeiro ($F=0,04$; $gL=2;15$; $P<0,05$) e quinto ínstars ($\chi^2 = 35,98$; $gL=2;15$; $P<0,01$). Por outro lado, para o segundo ($F=3,44$; $gL=2;15$; $P=0,058$), terceiro ($F=3,44$; $gL=2;15$; $P=0,059$) e quarto ínstars ($F=3,44$; $gL=2;15$; $P=0,05$) a viabilidade não foi afetada nas diferentes UR estudadas, demonstrando assim que o fator abiótico umidade relativa, possui maior influência sobre a viabilidade do percevejo em relação à duração.

Assim, entre as UR estudadas de 50, 70 e 90±10% (a UR de 30% foi excluída, pois não houve desenvolvimento do inseto nesta condição) a melhor viabilidade de desenvolvimento do inseto, de ovo à fase adulta, foi na UR de 70% (Tabela 5).

Tabela 5. Viabilidade do período ovo-adulto de *Diceraeus melacanthus* em diferentes umidades relativas (temp.: 25±2°C e fotofase: 14h).

UR(%)	VIABILIDADE (%) ¹						
	Ovo	1 ° Ínstar	2 ° Ínstar	3 ° Ínstar	4 ° Ínstar	5 ° Ínstar	Ovo-adulto
30%	-	-	-	-	-	-	-
50%	55,67±3,17 b	71,86±3,72 b	75,83±2,67 a	95,60±2,57 a	98,85±2,59 a	100,00±2,59 a	28,67
70%	86,67±3,58 a	90,38±4,28 a	93,62±4,88 a	97,27±4,48 a	96,73±4,87 a	100,00±4,90 a	69,00
90%	77,00±2,14 ab	81,38±2,91 ab	85,64±2,18 a	90,06±2,41 a	92,41±2,39 a	88,81±2,33 b	39,67

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Em relação à fecundidade ($F=8,83$; $gL=2;163$; $P<0,01$), nos três tratamentos avaliados, 50, 70 e $90\pm 10\%$, a fecundidade se manteve alta nas UR de 50 e 70% e diminuiu na UR de 90%.

A razão sexual ($\chi^2=3,82$; $gL=1;414$; $P=0,051$), não diferiu entre as UR. Em todos os tratamentos, se manteve acima de 0,5, indicando assim maior presença de fêmeas.

A maior longevidade de *D. melacanthus* nos tratamentos avaliados foi encontrada na UR de 70% (Tabela 6). Tanto a longevidade dos machos ($\chi^2=18,3$; $gL=2$; $P<0,01$) quanto a das fêmeas ($\chi^2=12,6$; $gL=2$; $P<0,01$) foram afetadas pela UR, indicando que a influência da UR na longevidade é semelhante para os dois sexos.

Tabela 6. Fecundidade, razão sexual e longevidade dos adultos de *Diceraeus melacanthus* em diferentes umidades relativas (temp.: $25\pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase: 14h).

UR(%)	Fecundidade ¹	Razão sexual ¹	Longevidade(dias) ²	
			Macho	Fêmea
30%	-	-	-	-
50%	285,67 \pm 25,84 a	0,69 \pm 0,05 a	46,52 \pm 6,33 ab	52,07 \pm 3,66 b
70%	276,07 \pm 15,50 a	0,51 \pm 0,03 a	61,58 \pm 3,44 a	61,56 \pm 3,19 a
90%	182,34 \pm 17,04 b	0,53 \pm 0,05 a	46,74 \pm 4,24 b	34,68 \pm 3,99 b

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).
2. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de log-rank ($P\leq 0,05$).

4.3 Tabela de vida de fertilidade de *D. melacanthus* em diferentes temperaturas e umidades relativas

Na tabela de vida de fertilidade observou-se que os valores de R_0 (taxa líquida de reprodução) foram maiores nas temperaturas de 25 a 32°C , demonstrando assim que essa faixa de temperatura possibilitará um maior desempenho reprodutivo da espécie. Para as menores temperaturas (18 e 20°C) não foi possível o cálculo de tabela de vida pois não ocorreu oviposição do percevejo *D. melacanthus*, concluindo-se que essas temperaturas não são adequadas para o estabelecimento da população de *D. melacanthus*, porém os percevejos podem ser encontrados na natureza, mesmo nas referidas temperaturas, devido à variação de temperatura que ocorre no campo e

também devido ao microclima formado pelas próprias plantas e pela palhada, no caso do uso de plantio direto. De um modo geral, os insetos possuem mecanismos para sobreviver em condições adversas no campo.

Nas temperaturas de 22 e 34°C houve uma diminuição do desempenho reprodutivo, mas como mostrado pelos valores de taxa líquida de reprodução (R_0), ainda é possível a criação ou existência do percevejo em regiões com essas temperaturas. Os valores de r_m (capacidade inata de aumentar em número) e λ (razão finita de aumento) foram apresentando aumento significativo conforme o aumento das temperaturas a partir de 22 °C até 32°C, sendo os valores de tais parâmetros superiores nas temperaturas de 30 a 34°C. Os valores de T (tempo médio de uma geração) e Dt (tempo para a população duplicar) diminuíram com o aumento da temperatura, como era de se esperar (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros estimados para a tabela de vida de fertilidade de *Diceraeus melacanthus* em oito temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

Temperatura (°C)	R_0^{a1}	r_m^{b1}	λ^{c1}	Dt^{d1}	T^e
18°C	-	-	-	-	-
20°C	-	-	-	-	-
22°C	8,629 c (7,338-9,894)	0,025 e (0,023-0,027)	1,026 e (1,024-1,027)	26,909 a (25,251-28,975)	83,67
25°C	23,183 a (21,389-25,028)	0,058 d (0,057-0,059)	1,059 d (1,058-1,061)	11,966 b (11,679-12,283)	54,27
28°C	22,698 a (21,060-24,345)	0,082 c (0,079-0,083)	1,085 c (1,082-1,087)	8,486 c (8,305-8,692)	38,23
30°C	24,645 a (21,773-27,504)	0,096 b (0,093-0,100)	1,101 b (1,097-1,105)	7,161 d (6,920-7,454)	33,11
32°C	21,772 a (19,310-24,213)	0,110 a (0,105-0,113)	1,116 a (1,111-1,120)	6,299 e (6,083-6,560)	28,00
34°C	14,182 b (12,896-15,512)	0,112 a (0,108-0,116)	1,118 a (1,114-1,122)	6,176 f (5,973-6,405)	23,635

a. Taxa líquida de reprodução b capacidade do inseto aumentar em número c razão finita de aumento d tempo médio de uma geração e tempo para a população duplicar.

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bootstrap.

Os parâmetros obtidos por meio da tabela de vida de fertilidade com base na UR (Tabela 8) apontaram diferença significativas nas umidades relativas de 50, 70 e 90%. Sendo que, para os parâmetros R_0 (taxa líquida de reprodução) e rm (capacidade inata de aumentar em número) foram maiores a 70% de UR. Com isso, conclui-se que essa condição de UR é a mais adequada para o desenvolvimento de *D. melacanthus*, por apresentar um maior desempenho reprodutivo. Rodrigues et al., (2023) também concluíram que para *E. heros* as UR acima de 70%, consideradas altas, apresentaram os menores valores de duração do período ovo-adulto e maiores valores de viabilidade do período.

Os valores dos parâmetros rm e λ foram próximos para as umidades relativas de 50, 70 e 90± 10%. O tempo médio de uma geração do percevejo de *D. melacanthus* foi maior na UR de 70±10% (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros estimados para a tabela de vida de fertilidade de *Diceraeus melacanthus* em quatro umidades relativas (UR) (temp.: 25±2°C e fotofase: 14h).

UR(%)	R_0 ^{a1}	rm ^{b1}	λ ^{c1}	Dt ^{d1}	t ^e
30%	-	-	-	-	-
50%	57,892 b (54,513-61,224)	0,109 a (0,109-0,1095)	1,115 a (1,114-1,117)	6,320 b (6,234-6,414)	37,015
70%	96,673 a (93,187-100,096)	0,097 b (0,096-0,098)	1,102 b (1,101-1,103)	7,120 a (7,067-7,176)	46,963
90%	38,805 c (36,396-41,191)	0,096 b (0,094-0,097)	1,100 b (1,099-1,103)	7,222 a (7,103-7,342)	38,091

^a Taxa líquida de reprodução ^b capacidade inata de aumentar em número ^c razão finita de aumento ^d tempo médio de uma geração ^e tempo para a população duplicar.

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bootstrap.

Em última análise, a faixa de temperatura de 25 a 32°C apresentou os melhores valores para o desenvolvimento do percevejo *D. melacathus* em condições controladas. Para a UR, a condição mais adequada foi a UR de 70%. Portanto, para criações de laboratório da referida espécie, recomendam-se temperaturas na faixa de 25 a 32°C e UR de 70%. Espera-se que, também no campo, estas sejam as condições térmicas e higrométricas mais favoráveis ao inseto, o que pode ser validado em condições naturais.

4.4 Zoneamento de *D. melacanthus* no Brasil baseando-se na R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas

Com os mapas de zoneamento de *D. melacanthus*, construídos a partir dos valores de R_0 , obtidos por meio dos valores das tabelas de vida de fertilidade (Tabelas 7 e 8) em relação às diferentes temperaturas e UR estudadas, foi possível estimar as áreas que seriam mais favoráveis a praga, onde ela mais se reproduz, baseando-se na influência dos fatores abióticos sobre a taxa líquida de reprodução de *D. melacanthus*.

Os trabalhos que realizam o zoneamento de insetos pragas ou inimigos naturais geralmente utilizam o número de gerações e valores de temperatura para estimar a distribuição do inseto (Lacerda et al., 2019). Foram escolhidos os valores de R_0 pois eles permitem uma maior precisão para determinar o crescimento populacional de uma espécie, pois eles levam em conta dados de fertilidade e sobrevivência e com isso, é possível ter uma estimativa mais aproximada das áreas mais favoráveis para a ocorrência de *D. melacanthus* no Brasil. Baseando-se nos valores de R_0 e nos limites térmicos, foi possível determinar que a espécie tem uma preferência por áreas com temperaturas e UR elevadas.

As diferentes tonalidades de verde (Figura 6) representam os valores de R_0 de acordo com a média da temperatura e umidade relativa de cada região do Brasil. Assim, as tonalidades mais escuras representam as áreas em que os valores de R_0 correspondem às melhores condições termo-higrométricas para *D. melacanthus*. Já a tonalidade de verde mais clara representa as condições mais extremas para o inseto, o que resulta em uma menor taxa de reprodução.

Os insetos que foram utilizados nos experimentos do presente trabalho foram coletados em Maracaju, Mato Grosso do Sul (MS) uma região tropical, com uma temperatura variando de 16 °C a 32 °C e raramente sendo inferior a 8 °C ou superior a 37 °C (Weather Spark, 2023). Rio brilhante, também no MS foi a região com o primeiro registro de barriga-verde atacando plântulas de milho (Ávila e Panizzi, 1995).

As condições climáticas dessas regiões do Sul e Centro-Oeste do país nos meses de novembro a abril correspondem às condições ideais para a espécie de acordo com as exigências termo higrométricas estimadas (Figura 6). Esse período além de representar condições ideais para o desenvolvimento biológico do inseto, também apresenta condições ideais para a alimentação do inseto, pois de novembro

a janeiro são os períodos com soja em estágio reprodutivo no campo, e de fevereiro a abril essas regiões que utilizam rotação de cultura, estão predominantemente com milho plantado, podendo estar desde VE (emergência do milho) até V7 no campo. Assim, trata-se da melhor época para o percevejo, coincidindo com a presença das culturas de soja e milho que estão no campo, explicando assim os surtos de barriga-verde encontrados nessas regiões nos últimos anos.

Outra região em que *D. melacanthus* apresenta os maiores valores de R_0 é no Nordeste (Figura 6), indicando ser uma possível praga para a região se os cultivos de soja-milho em rotação de culturas forem expandidos para aquela parte do país.

Outros trabalhos como o de Lacerda et al. (2019) também confeccionaram mapas a partir de dados biológicos da praga para seu zoneamento ecológico; neste caso, o trabalho com *Opogana sacchari* (Bojer, 1856) (praga da bananeira) determinou que regiões mais frias, oferecem melhores condições para o estabelecimento da praga, portanto, com maiores valores de R_0 . Já para o percevejo *E. heros*, as regiões mais quentes do Brasil, como o Norte e Nordeste, foram as mais propícias para o estabelecimento da praga (Rodrigues et al., 2023)

Vale ressaltar que os valores encontrados nos experimentos são realizados em ambientes controlados, sem variação de temperatura e umidade relativa. Sendo assim, os resultados apresentados são uma visão macroclimática do que acontece na natureza. Porém, como dito anteriormente no campo, dependendo do cultivo, da palhada, das áreas ao redor, o inseto pode ter preferências microclimáticas. Estes dados carecem de validação nos locais onde se planta soja-milho em rotação de culturas.

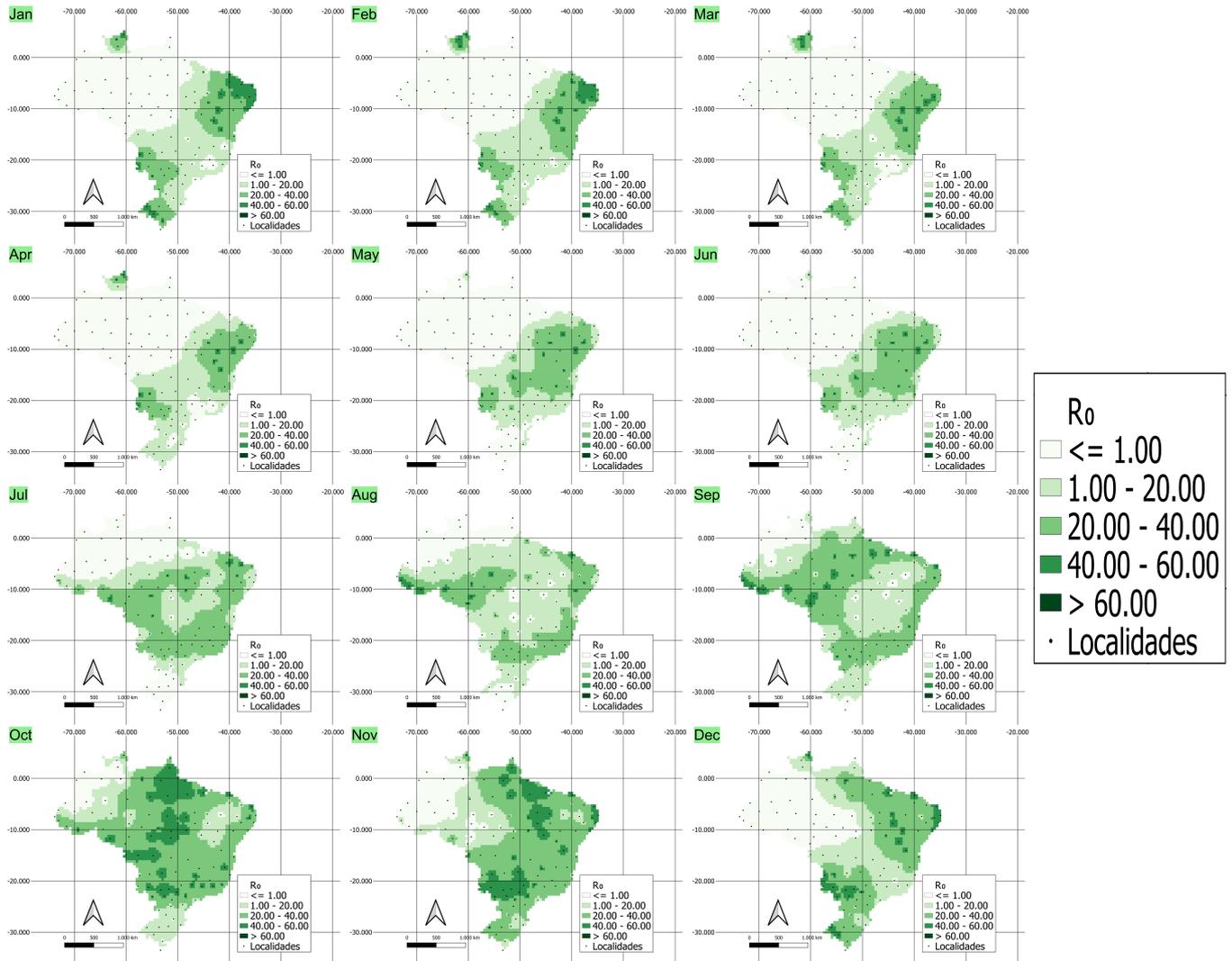


Figura 6. Mapas interpolados produzidos indicando as distribuições mensais de *Diceraeus melacanthus* no Brasil de acordo com a temperatura e umidade relativa, utilizando a taxa líquida de reprodução (R_0) da tabela de vida de fertilidade em diferentes temperaturas e UR.

O objetivo do zoneamento foi, em última análise, definir os locais do país onde a praga estudada, *D. melacanthus*, se multiplica mais no Brasil. Considerando-se o aumento da população pelo índice R_0 (número de vezes que a praga aumenta a cada geração) é evidente que existem regiões que não se rotaciona soja-milho, mas pode ser que elas venham a ser plantadas. Assim, no caso futuro, pode ser que o inseto venha a se tornar praga. Sempre, este tipo de estudo, como já comentado, demanda validação no campo. Entretanto, os resultados presentes mostraram-se promissores, pois em regiões como Maracaju, MS, onde a praga é importante e onde os insetos foram coletados, as condições são bastante favoráveis (Figura 6) mostrando que o zoneamento correspondeu à realidade no presente caso.

4.5 Avaliação do parasitismo e viabilidade de ovos dos percevejos *E. heros* e *D. melacanthus* parasitados por *T. podisi* e *Telenomus* sp.n.

Os parasitoides de ovos são considerados, em vários países, como os principais inimigos naturais dos percevejos da família Pentatomidae. São reconhecidos, em muitos casos, como os mais importantes agentes de controle desse grupo de insetos (Underhill, 1934; Hokyo et al., 1966; Buschman & Whitcomb, 1980; Koppel et al., 2009; Laumann et al., 2010; Querino et al., 2016; Valente et al., 2016). Como mencionado anteriormente foram encontrados no campo em Maracaju-MS ovos de *D. melacanthus* parasitados em uma área em que nunca foi introduzido nenhum tipo de Controle Biológico, mostrando como o meio-ambiente é diverso, mesmo em grandes áreas com produção para commodities. Essas posturas foram trazidas ao Laboratório de Biologia de Insetos, ESALQ/USP e identificadas como *Telenomus* sp.n., porém mais estudos taxonômicos estão sendo realizados para identificação a nível de espécie e, aparentemente, não se trata de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (segundo a taxonomista Dra. Ana Wengrat), conforme comentado anteriormente.

O percevejo barriga-verde por muito tempo foi praga somente na região sul na cultura de soja e trigo; porém, com o avanço do sistema de plantio direto e com a rotação de culturas soja-milho-braquiária esse percevejo encontrou condições ideais para o seu estabelecimento o ano todo na área de cultivo, se abrindo até mesmo em palhada e em plantas daninhas que se tornaram hospedeiras (Carvalho, 2007).

Devido ao fato de que o percevejo marrom está há muito tempo como uma das principais pragas da cultura da soja e o percevejo *D. melacanthus* ser relativamente novo atacando a cultura do milho, os estudos do percevejo barriga-verde ainda são mais concentrados em Faculdades e órgãos de pesquisa como a EMBRAPA da região Sul, enquanto os estudos de *E. heros* ocorrem em todo o país. Os esforços para o Controle Biológico do percevejo marrom já estão amplamente difundidos, utilizando o macro agente *T. podisi*. Porém sabe-se que esse parasitoide também é encontrado na natureza parasitando ovos de *D. melacanthus* (Corrêa-Ferreira e Moscardi, 1995).

Com esse experimento realizado foi possível comparar o parasitismo dos dois agentes de controle, tanto em ovos de *E. heros*, quanto em *D. melacanthus*, verificando-se que o maior parasitismo ocorreu pelo parasitoide *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* (Tabela 9 e Figura 7), concordando com Costa et al. (2017) e Queiroz et al. (2018) que mostraram a preferência de *T. podisi* por ovos de *D. melacanthus* em relação a outros pentatomídeos.

Tanto para o parasitismo ($F=35,36$; $gL=3;56$; $P<0,01$), quanto para a viabilidade ($F=5,66$; $gL=3;56$; $P<0,01$), os tratamentos apresentaram diferenças significativas. A viabilidade para os dois tratamentos com o parasitoide *T. podisi* foi alta tanto em ovos do percevejo *E. heros*, como para *D. melacanthus*, sendo numericamente superior a 60% (Tabela 9 e Figura 8).

Tabela 9. Parasitismo (número de ovos parasitados) e viabilidade de ovos de *Euschistus heros* e *Diceraeus melacanthus* parasitados por *Telenomus podisi* e *Telenomus* sp.n. (temp.: $25\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $70\pm 10\%$ e fotofase: 14h).

Tratamento	Ovos	Parasitoide	Parasitismo ¹	Viabilidade (%) ¹
T1	<i>Euschistus heros</i>	<i>Telenomus podisi</i>	54,20 \pm 2,52 b	65,40 \pm 2,84 a
T2	<i>Euschistus heros</i>	<i>Telenomus</i> sp.n.	29,07 \pm 2,42 c	51,19 \pm 3,50 b
T3	<i>Diceraeus melacanthus</i>	<i>Telenomus</i> sp.n.	40,47 \pm 2,49 d	51,64 \pm 3,76 b
T4	<i>Diceraeus melacanthus</i>	<i>Telenomus podisi</i>	69,47 \pm 4,17 a	61,61 \pm 2,03 ab

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

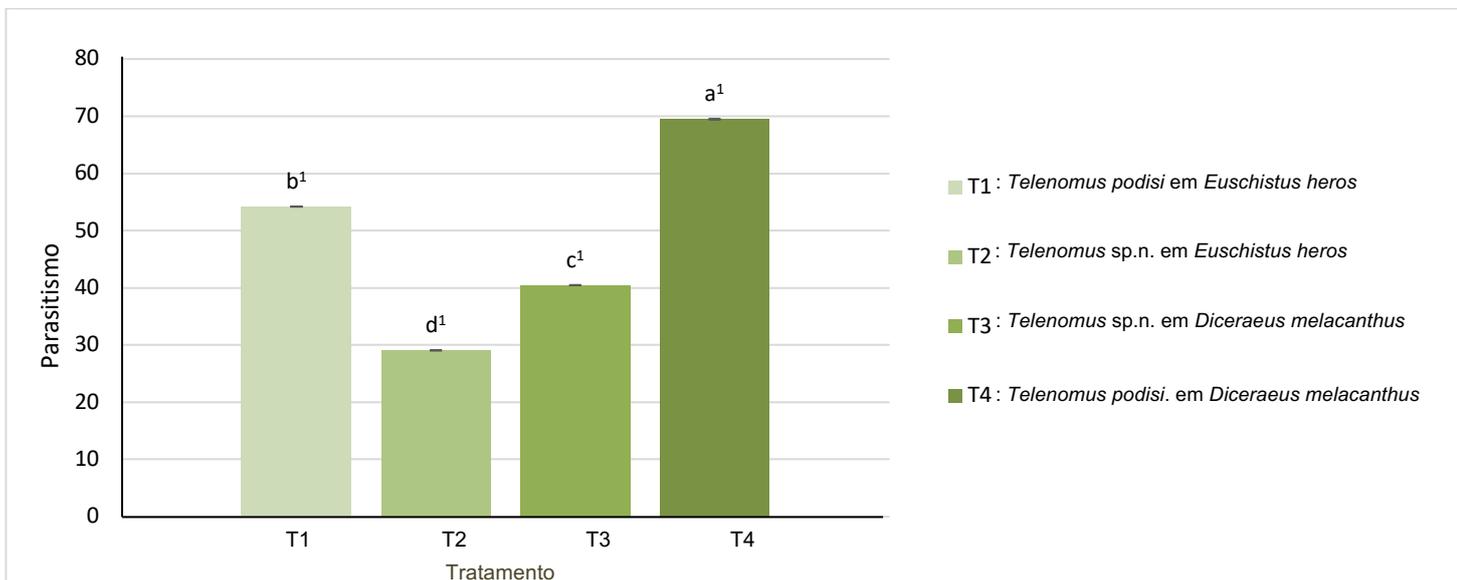


Figura 7. Parasitismo em ovos de *Euschistus heros* e *Diceraeus melacanthus* por *Telenomus podisi* e *Telenomus* sp.n. (temp.: $25\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $70\pm 10\%$ e fotofase: 14h).

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

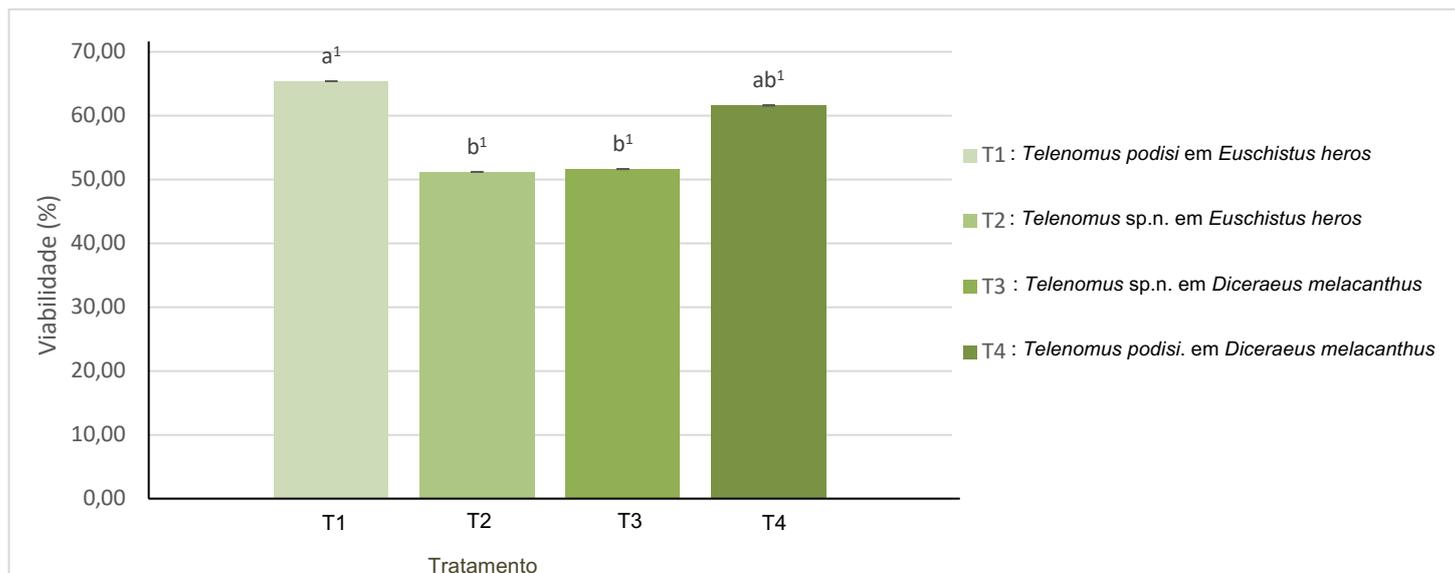


Figura 8. Viabilidade de ovos de *Euschistus heros* e *Diceraeus melacanthus* parasitados por *Telenomus podisi* e *Telenomus* sp.n. (temp.: 25±2°C, UR:70±10% e fotofase: 14h).

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Assim, os resultados do presente trabalho mostraram que, tanto para o parasitismo, como para a viabilidade o parasitoide *T. podisi* é mais eficiente em relação ao parasitoide encontrado no campo e ainda sem descrição taxonômica (*Telenomus* sp.n.).

4.6 Exigências térmicas de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*

As temperaturas de 18 e 20°C não foram estudadas pois o percevejo *D. melacanthus* não oviposita nessas temperaturas, coincidindo com dados da literatura que mostram que temperaturas baixas são também prejudiciais ao parasitoide *T. podisi* (Yeargan, 1980; Torres et al. 1997; Nakama & Foerster, 2001; De Almeida Paz-Neto et al., 2015)

A duração do período ovo-adulto do parasitoide foi inversamente proporcional ao aumento de temperatura, ou seja, quanto menor a temperatura, mais longo o ciclo do inseto (Tabela 10). Para programas de Controle Biológico Aumentativo o conhecimento desse parâmetro é de extrema importância pois permite atrasar ou adiantar a emergência do inseto, conforme a necessidade de liberação na área a ser aplicada. Para se fazer um manejo com um agente macrobiológico é necessário que os ovos da praga estejam na área para que possam ser liberados os parasitoides *T.*

podisi. Assim, o conhecimento da biologia do inseto, permite um cálculo exato do momento em que a parasitoide irá emergir, caso seja necessário atrasar ou adiantar essa liberação.

O parasitismo apresentou aumento exponencial com o aumento da temperatura de 22 a 32°C com decréscimo somente a 34°C, a qual representa uma temperatura alta para o parasitoide. A viabilidade também diminuiu na temperatura mais alta. Assim, comparando-se a temperatura de 25°C, na qual houve um parasitismo médio de 81 ovos, com a temperatura de 34°C, que apresentou parasitismo de somente 23 ovos, constata-se as condições ideais para o parasitismo; Pinto et al. (2017) também concluíram que as temperaturas de 20 e 25°C foram as que mais favoreceram o desenvolvimento biológico de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*.

A razão sexual diferiu entre as temperaturas, sendo todas acima de 0,60, (Tabela 10) ou seja, um número maior de fêmeas na população, o que favorece o uso e sucesso de parasitoides no controle biológico aumentativo, pois são as fêmeas as responsáveis pelo parasitismo (Navarro, 1998; Bueno et al., 2008).

As temperaturas de 22 a 34°C, afetaram três dos quatro parâmetros estudados: duração ($\chi^2 = 12,6$; $gL=2$; $P<0,01$), parasitismo ($F=9,17$; $gL=5,84$; $P<0,01$) e viabilidade ($F=57,02$; $gL=5,84$; $P<0,01$). Somente a razão sexual ($F=0,33$; $gL=5,84$; $P=0,89$) não foi afetada pela variação de temperatura na faixa estudada.

Tabela 10. Duração do período ovo-adulto, parasitismo (número total de ovos parasitados), viabilidade e razão sexual de *Telenomus podisi* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

Temperatura (°C)	Duração (ovo-adulto) ²	Parasitismo ¹	Viabilidade (%) ¹	Razão sexual ¹
22°C	19,04±2,04 a	56,94±5,14 bc	70,94±4,72 b	0,67±0,02 a
25°C	16,95±0,24 b	66,00±2,06 ab	81,82±1,79 a	0,65±0,04 a
28°C	12,59±0,12 c	79,20±3,38 a	75,47±2,49 ab	0,70±0,03 a
30°C	11,70±0,18 d	75,67±3,61 a	70,67±3,75 b	0,66±0,03 a
32°C	11,00±0,19 d	80,99±2,89 a	69,04±1,83 bc	0,65±0,03 a
34°C	10,99±1,40 d	50,40±5,44 c	23,40±2,53 c	0,70±0,04 a

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

2. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de log-rank ($P \leq 0,05$).

A partir do modelo linear da relação temperatura/velocidade de desenvolvimento obteve-se a constante térmica (K), de 277,38 GD e o limite térmico inferior (T_b) de 7,32 °C (Figura 9), diferentes daqueles obtidos por Torres et al. (1997)

que encontraram K e T_b de 205,3 GD e 11,1°C para *T. podisi*; para *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) tais valores foram de 214,7 GD e 9,5°C parasitando ovos do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). Trata-se de linhagens e coletas em diferentes regiões, o que pode ter levado a tais divergências.

Obteve-se, pelo modelo de Lactin o limite térmico superior de desenvolvimento (T_{max}) para *T. podisi* como sendo de 40,98°C (Lactin, 1995), evidenciando assim que o inseto pode suportar altas temperaturas.

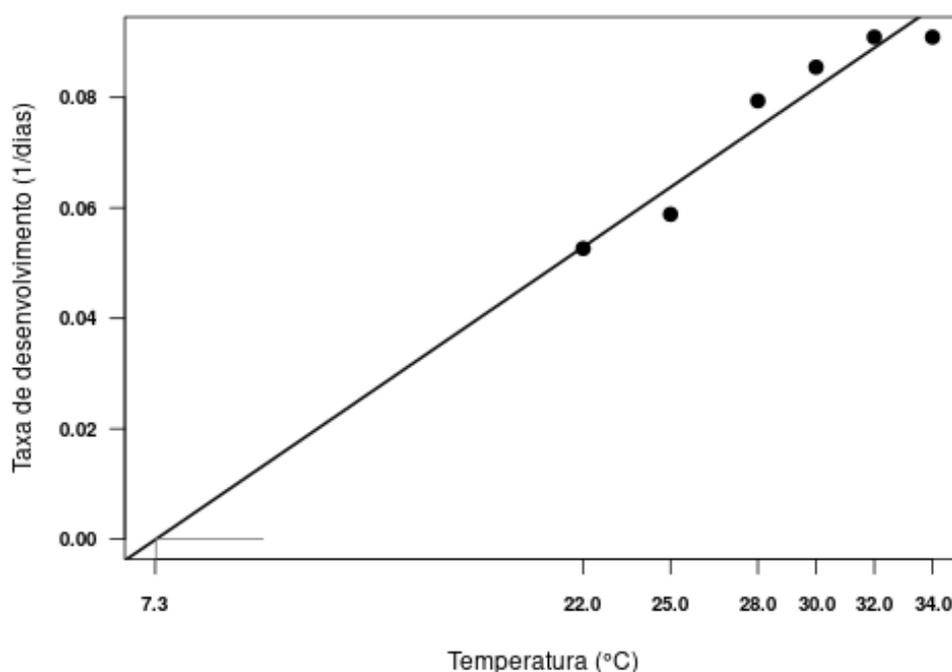


Figura 9. Taxa de desenvolvimento de *Telenomus podisi* em ovos de *Diceraeus melacanthus* em diferentes temperaturas (UR: 60±10% e fotofase: 14h).

4.7 Exigências higrométricas de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*

A duração do período ovo-adulto foi afetada pela UR, com diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo tal duração menor a 90% (Tabela 11). O parasitismo foi superior a 50 ovos, entre os seis dias avaliados, na faixa de UR de 50 a 70±10%. A viabilidade foi numericamente superior a 70% em todas as UR estudadas, não havendo diferença estatística entre elas. A razão sexual não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 11).

Em linhas gerais, dos quatro parâmetros estudados, a duração ($\chi^2 = 47,4$; $gL=3$; $P<0,01$) e o parasitismo ($F=5,63$; $gL=3,56$; $P<0,01$) apresentaram diferenças significativas entre as UR. Somente a UR de 30%, que proporcionou maior duração e um parasitismo menor, foi desfavorável ao parasitoide. Por outro lado, as umidades relativas (UR) de 50, 70 e 90% proporcionaram as menores durações do período ovo-adulto e um maior parasitismo. Já a viabilidade ($F=2,16$; $gL=3,55$; $P=0,10$) e a razão sexual ($F= 0,53$; $gL= 1,57$; $P=0,47$) não difeririam nas diferentes UR. Esses resultados também foram encontrados para *Telenomus remus* (Nixon, 1937) que não apresentou resultados positivos em baixas UR e na UR de 80% registrou-se o maior parasitismo (Queiroz et al., 2013); também para o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) houve prejuízos aos parâmetros mencionados nas UR de 30 e 50%, porém na UR de 80% os insetos apresentaram o melhor parasitismo e emergência (Torres, 2009).

Tabela 11. Duração do período ovo-adulto, parasitismo (número total de ovos parasitados), viabilidade e razão sexual de *Telenomus podisi* em diferentes umidades relativas sobre *Diceraeus melacanthus* (temp.: $25\pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase: 14h).

Umidade Relativa (%)	Duração (ovo-adulto) ²	Parasitismo ¹	Viabilidade (%) ¹	Razão sexual ¹
30%	16,16 \pm 0,22 a	42,47 \pm 4,12 b	72,32 \pm 5,73 a	0,41 \pm 0,10 a
50%	14,54 \pm 0,19 b	57,13 \pm 2,90 ab	89,46 \pm 2,80 a	0,46 \pm 0,09 a
70%	14,95 \pm 1,02 b	62,33 \pm 5,03 a	90,01 \pm 2,25 a	0,48 \pm 0,09 a
90%	13,82 \pm 0,93 c	67,47 \pm 6,05 a	85,71 \pm 6,32 a	0,57 \pm 0,09 a

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).
2. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de log-rank ($P\leq 0,05$).

4.8 Tabela de vida de fertilidade de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* em diferentes temperaturas e umidades relativas

A faixa de temperatura de 25 a 32°C apresentou numericamente os maiores valores de R_0 , embora os resultados tenham diferido significativamente, sendo que o parasitoide cresce, nesta faixa, de 35,18 a 36,11 vezes a cada geração (Tabela 12).

Assim como comentado anteriormente, também para R_0 (taxa líquida de reprodução) a faixa de temperatura entre 25 e 32°C foi a que apresentou as maiores

taxas líquidas de reprodução para o parasitoide *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* (Tabela 12). Melo et al. (2022) estudando o parasitoide *T. remus* também encontraram que as temperaturas de 22 a 33°C foram as mais adequadas para criação do inimigo natural, sendo que, nas temperaturas de 20 e 35°C houve uma diminuição no desempenho reprodutivo, com redução mais drástica a 18°C nos valores de R_0 .

Tabela 12. Taxa líquida de reprodução (R_0) de *Telenomus podisi* em ovos de *Diceraeus melacanthus* em seis temperaturas (UR de 60±10%; fotofase 14h).

Temperatura (°C)	R_0^1
22°C	27,08 b (23,63-30,51)
25°C	35,18 a (31,70-38,77)
28°C	41,58 a (37,52-45,75)
30°C	35,45 a (31,55-39,46)
32°C	36,11 a (31,34- 41,03)
34°C	11,97 c (10,19-13,87)

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bootstrap.

Nas diferentes UR também só foi avaliado o parâmetro R_0 , e os resultados demonstraram um acréscimo nos valores conforme o aumento da UR, com diferença estatística significativa entre as quatro UR estudadas. Observa-se um crescimento da população conforme o aumento da UR, no intervalo estudado (Tabela 13). Umidades Relativas (UR) superiores a 50%, proporcionaram valores maiores de R_0 , sendo que o R_0 aumentou com o aumento da UR (Tabela 13). Assim como estudado por Melo et al. (2022), em que o parasitoide *T. remus* se desenvolveu melhor em UR altas.

Tabela 13. Taxa líquida de reprodução (R_0) de *Telenomus podisi* em ovos de *Diceraeus melacanthus* em quatro umidades relativas (UR) (temp.: 25±2°C e fotofase: 14h).

UR(%)	R_0^1
-------	---------

30%	12,23 c (10,39-14,13)
50%	25,42 b (22,96-27,95)
70%	28,05 b (25,50-30,66)
90%	34,81 a (31,58-38,12)

1. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bootstrap.

Em última análise, a melhor faixa de temperatura para o desenvolvimento de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* é a de 25 a 32°C, sendo que umidades relativas superiores a 50% levam a um maior aumento proporcional, com um maior crescimento ao longo das gerações na UR de 90% (Tabela 13).

4.9 Zoneamento de *T. podisi*, em ovos de *D. melacanthus* no Brasil baseando-se em R_0 das diferentes temperaturas e umidades relativas

Os mapas de zoneamento de *T. podisi* em ovos do percevejo *D. melacanthus* foram construídos a partir dos valores de R_0 , obtidos nas tabelas de vida de fertilidade (Tabelas 12 e 13) em relação às diferentes temperaturas e UR estudadas; foi possível estimar as áreas que seriam mais favoráveis à multiplicação do parasitoide no país, baseando-se na influência dos fatores abióticos sobre a taxa líquida de reprodução de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*.

As diferentes tonalidades (Figura 10) representam os valores de R_0 de acordo com a média da temperatura e umidade relativa de cada região do Brasil. Assim, as tonalidades mais claras representam as áreas em que os valores de R_0 correspondem às melhores condições termo-higrométricas para *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*. Já a tonalidade mais escura representa as condições mais extremas para o inseto, que resulta em uma menor taxa de reprodução.

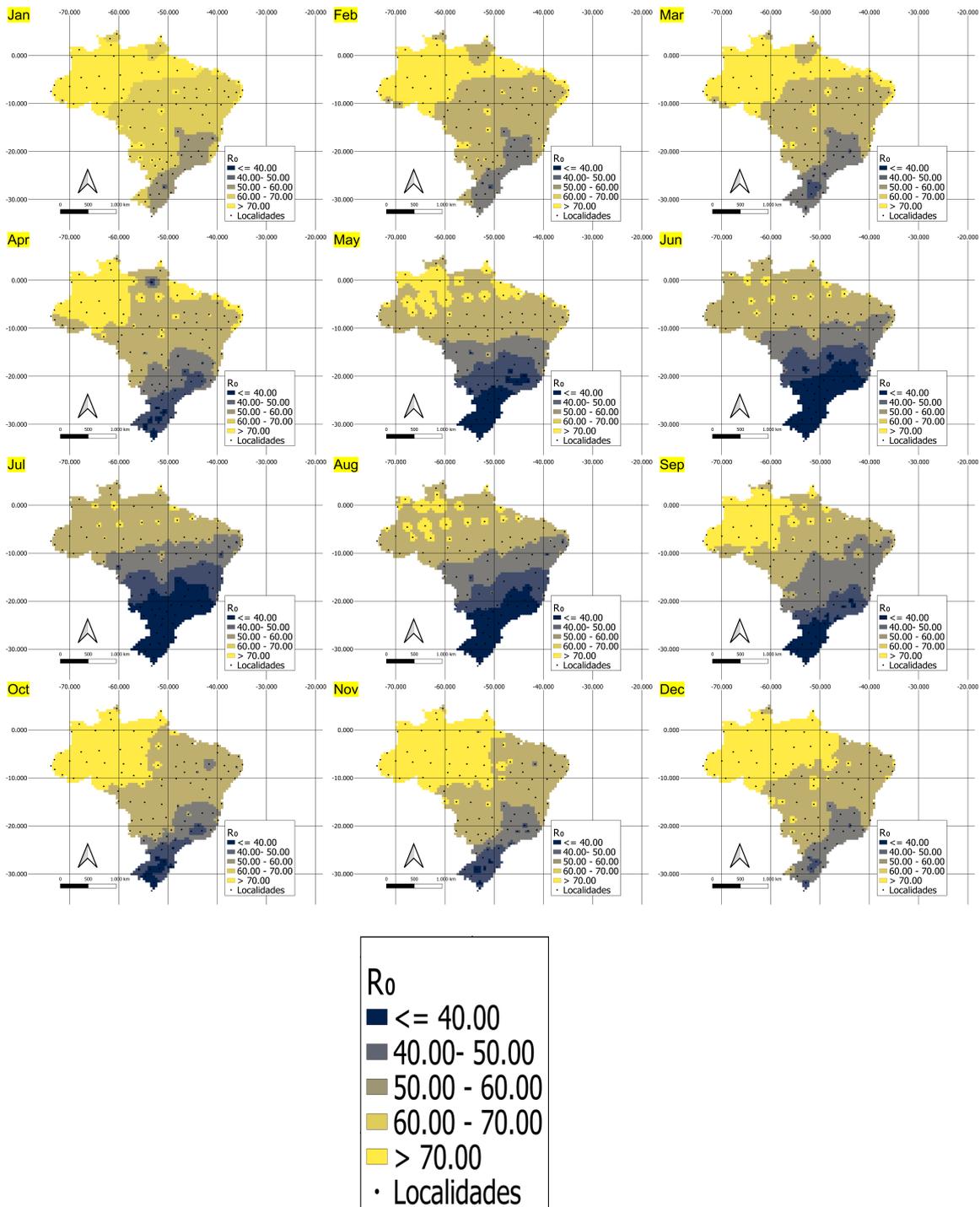


Figura 10. Mapas interpolados produzidos indicando as distribuições mensais de *Telenomus podisi* em ovos de *Diceraeus melacanthus* no Brasil de acordo com a temperatura e umidade relativa, utilizando a taxa líquida de reprodução (R_0) da tabela de vida de fertilidade em diferentes temperaturas e UR

Como visto anteriormente o inseto se desenvolve melhor em altas temperaturas e umidades relativas. Porém, nos meses de outubro a março a R_0 aumenta em todas

as regiões do país (Figura 10). Assim, as condições se tornam mais propícias para a liberação e estabelecimento de *T. podisi* na área, pois é época de ocorrência do percevejo *D. melacanthus* no campo.

No Brasil, esses parasitoides são encontrados em uma ampla faixa longitudinal, desde o Centro-Oeste (Medeiros et al., 1997) até o extremo Sul do País (Moreira & Becker 1986), por isso nos mapas produzidos (Figura 10) é possível observar uma ampla distribuição em todo o país, não sendo possível encontrar regiões onde a espécie não ocorra.

Vale ressaltar que os valores utilizados para se realizar o zoneamento foram retirados de experimentos em condições controladas de laboratório, diferente do que ocorre na natureza, onde não se pode controlar o clima. Porém esse zoneamento traz uma visão mais ampla da presença ou ausência do inseto baseado nas suas características biológicas e recomenda-se que seja feita uma validação em condições de campo de tal distribuição proposta neste mapa.

Como comentado anteriormente, o objetivo do zoneamento foi, em última análise, definir os locais do país onde a praga estudada, *D. melacanthus*, e o inimigo natural, *T. podisi* se multiplicam mais no Brasil, considerando-se o aumento da população pelo índice R_0 (número de vezes que a praga e o inimigo natural aumentam a cada geração). É evidente que existem regiões que não se faz rotação de culturas soja-milho, mas pode ser que venha a ser plantada. Assim, no caso futuro, de utilização de controle biológico com o parasitoide estudado para controle de *D. melacanthus*, pode-se ter uma idéia de onde os dois organismos coexistem e, portanto, onde deverá ocorrer sucesso ou não no controle da praga (Garcia et al., 2019). Sempre, este tipo de estudo, como já comentado, demanda validação no campo. Entretanto, os resultados presentes mostraram promissores, pois em regiões como Maracaju, MS, onde a praga é importante e onde os insetos foram coletados, as condições são bastante favoráveis, tanto para a praga como para o parasitoide (Figura 6) (Figura 10) mostrando a validade de tal constatação nos mapas confeccionados. Assim, o zoneamento será importante como orientação para futuros programas de controle biológico de *D. melacanthus*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou claro na presente pesquisa que *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 pode controlar *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851, sendo até mais eficiente do que para *Euschistus heros* (Fabricius, 1794), principal praga da soja. Na prática, o controle de *D. melacanthus* é feito quimicamente, seja por tratamento de sementes ou pulverização foliar (Martins; Weber, 1998; Ceccon et al., 2004; Albuquerque et al., 2006; Bianco, 2006; Martins et al., 2006). Contudo, considerando-se a rotação de culturas soja-milho, é possível, baseando-se nos resultados da presente pesquisa, propor um modelo teórico de Manejo de Pragas, baseando-se no Controle Biológico.

Tal controle baseia-se na biologia do inseto e do inimigo natural, ou seja, foram determinadas a faixa térmica e higrométrica ótimas de desenvolvimento da praga e do inimigo natural e o zoneamento da praga e do inimigo natural, com as condições térmicas e higrométricas mais favoráveis para o estabelecimento e multiplicação de ambos.

Assim, para um programa de Controle Biológico, a técnica de criação utilizada nesta pesquisa pode ser adotada, apenas com ajuste de escala de produção para liberação em campo. Dentro das constantes térmicas e higrométricas mais adequadas os insetos poderão ser criados e feita a previsão de produção com as exigências térmicas [temperatura base (T_b) e constante térmica (K) aqui determinadas.

No presente caso também deve ser levado em consideração o monitoramento da lavoura de soja nos estádios finais, pois no caso da rotação soja-milho, para um controle eficiente do percevejo barriga-verde, há necessidade deste monitoramento, principalmente durante a dessecação, direcionando o controle de *D. melacanthus* nos possíveis abrigos do inseto (Bertotti, 2017; Bianco e Nishimura, 1998; Chocorosqui e Panizzi, 2004; Albuquerque et al., 2006; Martins et al., 2006). Assim, nesta época devem ser feitas amostragens, para se determinar o nível de controle da praga e para tal, o agricultor deve conhecer o inseto e sua biologia (ele costuma se esconder entre as folhas secas da soja e na palhada na entressafra), para liberar o inimigo natural quando os ovos estiverem presentes. Antigamente este manejo era difícil de ser utilizado, hoje os agricultores já aceitam a utilização do Controle Biológico em altas porcentagens (61% dos agricultores utilizam algum tipo de Controle Biológico na fazenda, segundo a consultoria McKinsey em 2022).

Já é uma realidade no caso da soja, o controle de *E. heros* por *T. podisi*, sendo recomendada pela Secretaria de Defesa Agropecuária a liberação de 6.500 adultos

(ou ovos parasitados) por hectare, distribuídos em 32 pontos equidistantes, realizados em três liberações, em intervalos de 7 dias, a partir da fase vegetativa até o final da fase reprodutiva (Brasil, 2019). Desta forma, para a rotação soja-milho visando ao controle de *D. melacanthus* com o parasitoide de ovos devem ser feitas liberações de *T. podisi* ainda no ciclo da soja, evitando assim que o inseto chegue na cultura posterior, o milho. Na soja o período em que o inseto chega à cultura, como visto de acordo com sua biologia, é no estágio de maturação do grão; por isso recomenda-se próximo a dessecação da planta, fazer de uma a duas liberações (com 6.500 ovos parasitados em cada liberação) a depender da presença de ovos da praga no campo, podendo ser feita em um intervalo recomendado de até 7 dias, de acordo com Brasil (2019).

Outras liberações, também de uma a duas, devem ser feitas no início da emergência do milho, desde que haja ovos da praga, entre VE e V5, que são as fases mais susceptíveis (Figura 12), respeitando o intervalo de 7 dias entre as liberações.

Portanto, como não existem trabalhos de controle biológico para *D. melacanthus* deve ser feita a validação em condições de campo do modelo proposto. Porém, evidentemente em grandes áreas dependerá de um sistema automatizado ou semiautomatizado, de produção da praga e do inimigo natural, ou seja, para um ajuste de escala de produção de insetos a partir da criação de laboratório (Parra et al., 2022), considerando-se a grande área ocupada pela rotação soja-milho no Brasil, o equivalente a 33 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2022).

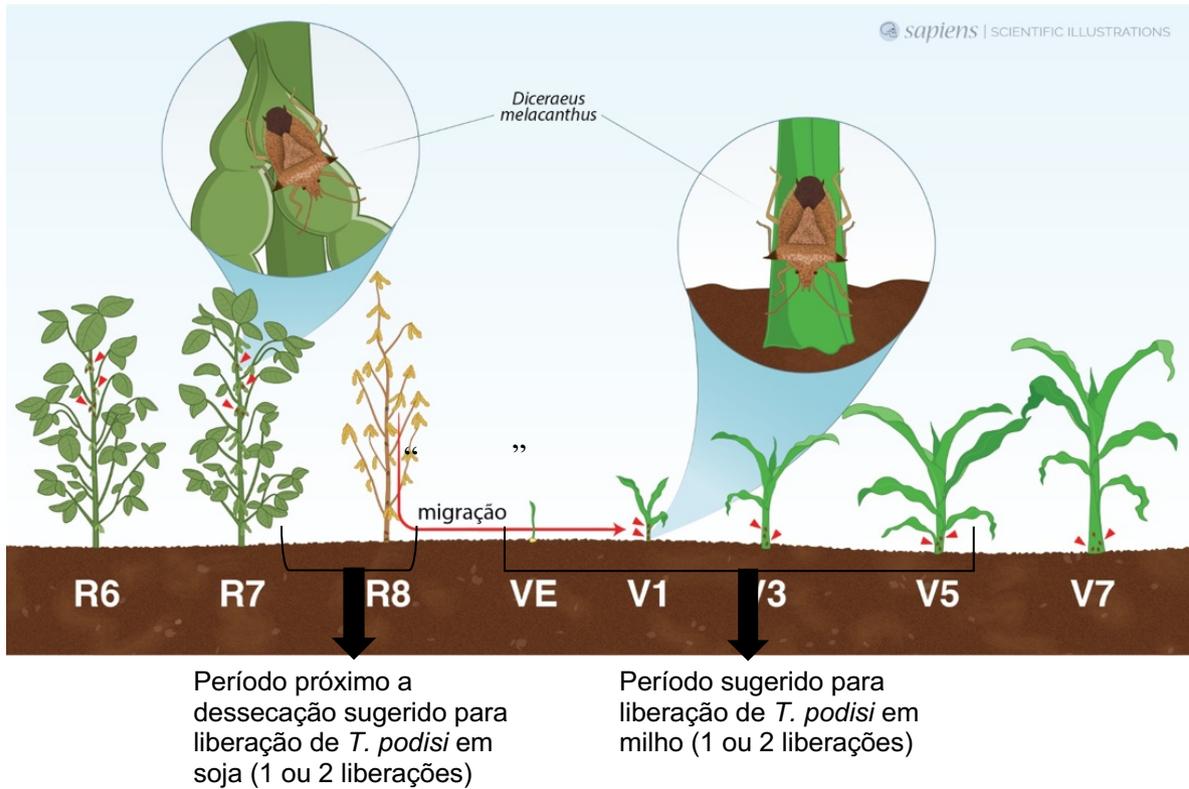


Figura 12. Ilustração do ataque do percevejo *Diceraeus melacanthus* em plantas de soja de R6 a R8 e em plantas de milho desde o estágio vegetativo (VE) até V7, a seta indica o período sugerido para a liberação de *Telenomus podisi* em soja e milho.

"migração"= Dispersão

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa pode-se concluir:

- As temperaturas mais adequadas para o desenvolvimento de *Diceraeus melacanthus* Dallas, 1851 estão na faixa de 25 a 32°C;
- A melhor umidade relativa (UR) para o desenvolvimento de *D. melacanthus* é a de 70 %;
- *D. melacanthus* tem como constante térmica (K) 356,87 GD e limite térmico inferior (Tb) de 14,48°C;
- Os zoneamentos baseados em R_0 (taxa líquida de reprodução) mostram que as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, são as áreas propícias para o estabelecimento e multiplicação de *D. melacanthus* nos meses de novembro a abril, correspondentes aos meses com soja em final de ciclo e início do cultivo de milho, no caso de rotação soja-milho;
- *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 é um parasitoide de ovos mais eficiente quando comparado à espécie nova de *Telenomus* encontrada no campo;
- *T. podisi* apresenta preferência por ovos de *D. melacanthus* em relação aos ovos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1794);
- As temperaturas mais adequadas para o desenvolvimento de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* estão na faixa de 25 a 32°C;
- As melhores umidades relativas do ar (UR) para o desenvolvimento de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus* são as superiores a 50%;
- *Telenomus podisi* em ovos de *D. melacanthus* tem como constante térmica (K) 277,38 GD, sendo o limite térmico inferior (Tb) 7,32 °C e o superior 40,98°C;
- Os zoneamentos baseados em R_0 mostraram que todas as regiões do país, principalmente nos meses de outubro a março possuem condições adequadas para o estabelecimento e multiplicação de *T. podisi* em ovos de *D. melacanthus*.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G. S. Planting time as a tactic to manage the small rice stink bug, *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae), in Rio Grande do Sul, Brazil. **Crop Prot.** 12: 627-630, 1993.
- ALBUQUERQUE, F.A.; BORGES, L.M.; IACONO, T.O.; CRUBELATI, N.C.S.; SINGER, A.C. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.1, p.15-25, 2006.
- ÁVILA, C. J.; PANIZZI, A. R. OCCURRENCE AND DAMAGE BY *Dichelops* (Neodichelops) *melacanthus* (DALLAS)(Hemiptera: Pentatomidae) ON CORN. **Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil**, 24(1), 193–194. 1995.
- ÁVILA et al. Ataque na safrinha. **Revista cultivar**. Pg:26. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/materias/ataque-na-safrinha>>. Acesso em: 18 de maio de 2023.
- BEAMENT, J. W. L. The effect of temperature on the water-proofing mechanism of an insect. **Journal of Experimental Biology**, v. 35, n. 3, p. 494-519, 1958.
- BEAMENT, J. W. L. The water relations of insect cuticle. **Biological Reviews**, v. 36, n. 3, p. 281-320, 1961.
- BEAN J. L., Predicting Emergence of Second-Instar Spruce Budworm Larvae from Hibernation under Field Conditions in Minnesota, **Annals of the Entomological Society of America**, Volume 54, Issue 2, 1 March 1961, Pages 175–177.
- BERTOTTI, A. **Efeito do tratamento de sementes no manejo do *Dichelops melacanthus* (DALLAS, 1851)(Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do milho**. Monografia- Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Chapecó, 2017.
- BIANCO, R.; NISHIMURA, M. Efeito do tratamento de sementes de milho no controle do percevejo barriga verde (*Dichelops furcatus*). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**. 1998. p. 203.
- BIANCO, R. Efeito da precipitação pluviométrica no controle do percevejo barriga-verde, via tratamento das sementes do milho com neonicotinóides. In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, 21., 2006, Recife. *Resumos Recife*: SEB, 2006.
- BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1495-1503, 2008.
- 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.
- BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O.F.; FRANÇA-NETO, J. B.; NISHIKAWA, M. A. N.; FILHO, A. L. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v.30, p.937-945, 2011.
- BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GOMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: Clara Beatriz Hoffmann-Campo; Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira; Flávio Moscardi. (Ed.). **SOJA: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes**-Praga. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 37-74, 2012.

BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; BIANCO, R. Silenciosos e daninhos. **Revista cultivar**, v. 196, p. 25-27, 2015a.

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

BURSELL, E. Environmental aspects–temperature. In: **The physiology of insecta**. Academic Press, 1974. p. 1-84.

BUSCHMAN, L. L.; WHITCOMB, W. H. Parasites of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and other hemiptera in Florida. **Florida Entomologist**, p. 154-162, 1980.

BRASIL. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/produtos-fitossanitarios/arquivos-especificacao-de-referencia/INSDAn252019.especificreferDOU.pdf>, Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

BRITO, R. N.; SOUA, R. C. M.; ABAD-FRANCH, F. Dehydrataion-stres resistance in two sister, cryptic *Rhodnius* species- *Rhodnius proxilus* and *Rhodnius robustus* Genotype I(Hemiptera: Reduviidae). **Journal of Medical Entomology**. V. oo. P. 1-8. 2019.

BRUSTOLIN, C.; BIANCO, R.; NEVES, P. M. L O. J. Inseticidas em pré e pós-emergência do milho (*Zea mays* L.), associados ao tratamento de sementes, sobre *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 215-223, 2011.

BORTOLOTTI, O. C. et al. Aspectos biológicos de *Dichelops melacanthus* em três temperaturas, alimentados com grãos imaturos de milho 2B688Hx e 2B688. **Ciência Rural**, v. 46, p. 254-259, 2016.

CANTO-SILVA, C. R.; ROMANOWSKI, H. P.; REDAELLI, L. R. O efeito da temperatura no desenvolvimento e na viabilidade de *Gryon gallardoi* (Brethes)(Hym.: Scelionidae) parasitando ovos de *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hem.: coreidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, p. 415-421, 2005.

CARVALHO, E.S.M. ***Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) no Sistema Plantio Direto no Sul de Mato Grosso do Sul: Flutuação Populacional, Hospedeiros e Parasitismo**. 2007. 57p. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Curso de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

CASSOL, E. A.; José E. D.; Rainaldo A. K.. "Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)** (2007).

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A.P.; SILOTO, R.C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, v.63, n.2, p.227-237, 2004.

CHEVARRIA, V. V. **Avaliação do impacto da variabilidade/mudanças climáticas sobre *Euschistus heros*, *Telenomus podisi* e ferrugem asiática na soja, na região Sul do Brasil**. Dissertação apresentada com um dos requisitos à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia. Ênfase em Entomologia. Porto Alegre, 2011.

CHIESA, A. C. M. et al. Tratamento de sementes para manejo do percevejo-barriga-verde na cultura de soja e milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 301-308, 2016.

CHIESA, A. C. M.; SISMEIRO, M. N. D. S.; PASINI, A.; ROGGIA, S. Seed treatment for management of the green-belly stink bug in the crop succession of soybean and corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 301-308, 2016.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Os percevejos barriga-verde *Dichelops* spp. **Documentos técnicos e encaminhamentos: tarde técnica-percevejos atacando plântulas de trigo, milho e soja**. Londrina, 1999.

CHOCOROSQUI, V.R. **Bioecologia de espécies de *Dichelops* (Diceraeus) (Heteroptera: Pentatomidae) e danos em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 158f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Influência da temperatura na biologia de ninfas de *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851)(Heteroptera: Pentatomidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2, p. 217-220, 2002.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Impacto de sistemas de cultivo na população e danos de *Dichelops melacanthus* (Dallas)(Heteroptera: Pentatomidae) e seu controle químico em trigo. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 487-492, 2004.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Biologia de ninfas e de adultos de *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de plantas cultivadas e não-cultivadas. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 353-360, 2008.

Conab ,2019. brasil deve registrar a segunda maior colheita de milho na safra 2018/2019. disponível em:< <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2885-brasil-deve-colher-a-segunda-maior-safra-de-milho-na-historia>>. acesso em: 23 de outubro de 2020.

CONAB, 2019. Companhia Nacional de Abastecimento-"Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 7-Safra 2019/20-Sétimo levantamento." Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.Levantamento de 05/2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/aceso-a-informacao>>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

COPATTI, J. F.; OLIVEIRA, Nádia C. Danos iniciais causados pelos percevejos *Dichelops melacanthus* e *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) em plantas de milho. **Revista Campo Digital**, v. 6, n. 1, 2011.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ZAMATARO, C. E. O. Capacidade reprodutiva e longevidade dos parasitóides de ovos *Trissolcus basalís* (Wollaston) e *Trissolcus mitsukurii* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Rev. Bras. Biol.**, v. 49, 1989.

CORRÊA-FERREIRA, B. S., F. MOSCARDI. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biol. Control** 5: 196-202, 1995.

CORREA-FERREIRA, B. S., Panizzi A. R. "Percevejos da soja e seu manejo." **Embrapa soja-circular técnica (infoteca-e)** (1999).

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; DE AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 2, p. 145-150, 2002.

COSTA, C., QUEIROZ, A., TAGUTI, E., GRANDE, M., & BUENO, A. D. F. Preferência hospedeira do parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) entre ovos de *Dichelops melacanthus*, *Euschistus heros* e *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Embrapa Soja, 2017.

CropLife. Adocção de bioinsumos na Agricultura. CropLife do Brasil. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/produtos-biologicos-proporcionam-mais-vida-aos-nossos-solos/>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2022.

DE ALMEIDA PAZ-NETO, A.; QUERINO, R. B.; MARGARÍA, C. B. Egg parasitoids of stink bugs (Hemiptera: Coreidae and Pentatomidae) on soybean and cowpea in Brazil. **Florida Entomologist**, p. 929-932, 2015.

DUARTE, M. M. et al. **Danos causados pelo percevejo barriga-verde, *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) nas culturas do milho, *Zea mays* L. e do trigo, *Triticum aestivum* L.** Dissertação(Mestrado)- Programa de pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

FAZOLIN, W. X. **Determinação do potencial biótico de *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Lepidoptera: Gelechiidae) em condições climáticas de “verão” e “inverno” do sudoeste Baiano.** 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/Usp), Piracicaba, 2019.

FEARNSIDE, P.M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p. 23-38, 2001.

FEBRAPDP. Federação Brasileira do Plantio Direto. Disponível em: <<https://plantiodireto.org.br/>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2023.

FOERSTER, L. A.; NAKAMA, P. A. Efeito da estocagem em baixa temperatura na capacidade reprodutiva e longevidade de *Trissolcus basalus* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 115-120, 2002.

GALILEO, M. H. M.; GASTAL, H.A.; GRAZIA, J. Levantamento populacional de Pentatomidae (Hemiptera) em cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) no município de Guaíba, Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Biol**, v. 37, p. 111-120, 1977.

GARCIA, A. G., et al. "Delimiting strategic zones for the development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn in the state of Florida. **Journal of economic entomology** 111.1 (2018): 120-126.

GARCIA, A. G. et al. A computational model to predict the population dynamics of *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 429-441, 2019.

GASSEN, D. N. "As pragas sob plantio direto." *R Díaz Rosello (coordinador). Siembra directa en el cono sur. PROCISUR. Montevideo, Uruguay* (2001): 103-120.

GODOY, K. B.; ÁVILA, C. J. Parasitismo natural em ovos de dois percevejos da soja, na região de Dourados, MS. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 75, n. 2, p. 271-279, set. 2000.

GODOY, K. B.; GALLI, J. C.; ÁVILA, C. J. Parasitismo em ovos de percevejos da soja *Euschistus heros* (Fabricius) e *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) em São Gabriel do Oeste, MS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 455-458, mar./abr. 2005.

HAMADA, E.; GHINI, R.; BETTIOL W. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, 2011.

HOKYO, N. et al. Comparative biology of the two scelionid egg parasites of *Nezara viridula* L.(Hemiptera: Pentatomidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 1, n. 2, p. 94-102, 1966.

HUEY, R. B.; BERRIGAN, D. Temperature, demography, and ectotherm fitness. **The American Naturalist**, v. 158, n. 2, p. 204-210, 2001.

KIRITANI, K. The change in reproductive system of the southern green stink bug, *Nezara viridula*, and its application to forecasting of the seasonal history. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, v. 7, n. 4, 1963.

KOPPEL, A. L.; HERBERT, D. A.; KUHAR, T. P.; KAMMINGA, K. Survey of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) egg parasitoids in wheat, soybean, and vegetable crops in southeast Virginia. **Environmental Entomology**, v. 38, p. 375-379, 2009.

KOPPURT. **Podisusbug**. Disponível em: <https://www.koppert.com.br/podisibug/>. Acesso em: 30 de fevereiro de 2022.

LACERDA, L. et al. Biology at different temperatures, thermal requirements, and ecological zoning of *Opogona sacchari* (Lepidoptera: Tineidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 4, p. 1676-1682, 2019.

LACTIN, D. J. et al. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. **Environmental entomology**, v. 24, n. 1, p. 68-75, 1995.

LAUMANN, R.A., MORAES, M.C.B., SILVA, J.P.D., VIEIRA, A.M.C., SILVEIRA, S.D., BORGES, M. Egg parasitoid wasps as natural enemies of the neotropical stink bug *Dichelops melacanthus*. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 45, p. 442-449, 2010.

LEATHER, S. R. Overwintering in six arable aphid pests: a review with particular relevance to pest management. **Journal of Applied Entomology**, v. 116, n. 1-5, p. 217-233, 1993.

LINK, D. Praga na emergência. **Cultivar: grandes culturas**, Pelotas, RS, v.88, n.8, p32-33. 2006.

MAIA, A. de H. N.; LUIZ, A. J. B., CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, v.93, n.2, p.511-518, 2000.

MANFREDI-COIMBRA, S. et al. Danos do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em trigo. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1243-1247, 2005.

MARTINS, J.C.; WEBER, L.F. Imidacloprid no tratamento de sementes associado ou não a pulverizações com inseticidas no controle de *Dichelops furcatus* (Fabr.) na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Resumos Recife: Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, 1998.

MARTINS, G.L.M.; TOSCANO, L.C.; TOMQUELSKI, G.V.; MARUYAMA, W.I; MACHADO, J.R.; VELOSO, E.S.; GONZAGA, R.L.; CASTRO, J.M. Controle de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho em Cassilândia (MS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., 2006, Recife. **Resumos**. Recife: SEB, 2006. p.697.

MCKINSEY, The Brazilian Farmer's Mind in the Digital Era. Disponível em: <<https://mente-do-agricultor.mckinsey.com/english/>>. Acesso em: 01 de outubro de 2023.

MEDEIROS, M. A. et al. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.)(Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 397-401, 1997.

MEIGA, A. Y. Y.; SIQUEIRA, F.; PANIZZI, A. R. **Aprimoramento de dieta artificial seca para a criação de percevejos fitófagos, em laboratório**. III Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 2008.

- MELO, M. C.. **Exigências térmicas e higrométricas de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) em *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) para produção massal e zoneamento do parasitoide no Brasil.** 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MENDOZA, A. C.; DA ROCHA, A. CP; PARRA, J. R. P. Lyophilized artificial diet for rearing the Neotropical *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Insect Science**, v. 16, n. 1, p. 41, 2016.
- MINOSSO, J. C. P., Panizzi, A. R. Análise da posição dos percevejos adultos de *Dichelops melacanthus* (Dallas) e *Dichelops furcatus* (f.) nos colmos de plantas de milho e trigo. **Anais CNPQ**, 2017.
- MILANEZ, J. M. et al. Zoneamento ecológico de *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia facialis* Signoret e *Acrogonia citrina* Marucci & Cavichioli (Hemiptera: Cicadellidae) para Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 297-302, 2005.
- MOREIRA, G. RP; BECKER, M. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758)(Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura da soja: II. Parasitóides. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 15, p. 291-308, 1986.
- NAKAMA, P. A.; FOERSTER, L. A. Efeito da alternância de temperaturas no desenvolvimento e emergência de *Trissolcus basalís* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 269-275, 2001.
- NAKAMURA, K.; NUMATA, H. Effects of environmental factors on diapause development and postdiapause oviposition in a phytophagous insect, *Dybowskyia reticulata*. **Zoological science**, v. 14, n. 6, p. 1019-1024, 1997.
- NAVARRO, M. A. *Trichogramma* spp. proccción, uso y manejo em Colombia. Guadalajara de Buga: **Impretec**, 176p, 1998.
- OLIVEIRA, J. S. et al. Can parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) affect the movement and oviposition behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)? **Journal of Insect Behavior**, v. 35, n. 5-6, p. 183-194, 2022.
- ORTEGA, E. et al. Brazilian soybean production: emergy analysis with an expanded scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 323-334, 2005.
- PACHECO, D. JP; 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.
- PANIZZI, A. R.; SLANSKY JR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida entomologist**, p. 184-214, 1985.
- PANIZZI, A. R.; NIVA, C. C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 29, n. 3, p. 509-511, 1994.
- PANIZZI, A. R.; CHOCOROSQUI, V. R. Os percevejos inimigos. **A Granja**, v. 56, p. 40-42, 2000.
- PANIZZI et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa soja, 2000.
- PANIZZI, A. R. et al. Stink bugs (Pentatomidae). **Heteroptera of economic importance**, v. 828, 2000.

- PANIZZI, A. R. et al. Rearing the southern green stink bug using an artificial dry diet and an artificial plant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1709-1715, 2000.
- PANIZZI, A. R. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 2, p. 119-127, 2013.
- PANIZZI, A. R. et al. **Manejo integrado dos percevejos barriga-verde, *Dichelops* spp. em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015.
- PANIZZI, A. R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential Neotropical invaders. **American Entomologist**, v. 61, n. 4, p. 223-233, 2015.
- PANIZZI, A. R. et al. Effect of green-belly stink bug, *Dichelops furcatus* (F.) on wheat yield and development. **Crop Protection**, v. 79, p. 20-25, 2016.
- PARRA, JR P. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842)(Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 29, n. 1, p. 45-73, 1985.
- PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.
- PARRA JRP, COELHO Jr A. Insect rearing techniques for biological control programs, a component of sustainable agriculture in Brazil. **Insects** 13: 105, 2022.
- PERES, W. A. A; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Metodologia de multiplicação massal de *Telenomus podisi* Ash. e *Trissolcus basalís* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 457-462, 2004.
- PIMENTEL, D. Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. **Journal of Agricultural and environmental Ethics**, v. 8, p. 17-29, 1995.
- PINTO, D. B. B et al. Biologia de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) submetidos. **XII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos**, v. 86001, p. 47, 2017.
- POWELL, J. E.; SHEPARD, M. Biology of Australian and United States strains of *Trissolcus basalís*, a parasitoid of the green vegetable bug, *Nezara viridula*. **Australian Journal of Ecology**, v. 7, n. 2, p. 181-186, 1982.
- QUEIROZ, A. P. et al. Host preferences of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae): parasitism on eggs of *Dichelops melacanthus*, *Euschistus heros*, and *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 543-552, 2018.
- QUEIROZ, A. P. et al. Parasitismo de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): diferentes idades do parasitoide e do ovo hospedeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6Supl2, p. 2933-2946, 2019.
- QUERINO, R. B.; SILVA, N. N. P.; ZUCCHI, R. A. Natural parasitism by *Trichogramma* spp. in agroecosystems of the Mid-North, Brazil. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1521-1523, 2016.
- REIGADA C, GUIMARÃES KF, PARRA JRP. Relative fitness of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on seven host plants: a perspective for IPM in Brazil. **J Insect Sci** 16:1-5, 2016.

RODRIGUES, L. M. **Exigências térmicas e higrométricas de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), criado em dietas natural e artificial, visando ao zoneamento da praga no Brasil.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, L. M. GARCIA, A. G.; PARRA, J. R. P. Ecological zoning of *Euschistus heros* in Brazil based on the net reproductive rate at different temperatures and relative-humidity levels. **Journal of Economic Entomology**, p. toad115, 2023.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; CONTI, B. F. de. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **European Journal of Entomology**, Praga, p. 489-494, 2009.

SILVA, J. J.; VENTURA, M. U.; SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Population dynamics of *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) on host plants. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 141-145, 2013.

SILVA, M. de S. et al. Parasitismo de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) por *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastridae) criados em ovos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). 2015.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos.** São Paulo: Ceres, 1976. 419p.

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

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

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, v. 1, p. 673-723, 2012.

TOMAZINI, J., et al. "Sobrevivência e tempo de desenvolvimento da fase jovem, reprodução, longevidade e peso de *Dichelops melacanthus* (heteroptera: pentatomidae) alimentado com diferentes dietas naturais." 2017.

TORRES, M. L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae).** 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TORRES, J. B.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C. Exigências térmicas e potencial de desenvolvimento dos parasitóides *Telenomus podisi* Ashmead e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) em ovos do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 445-453, 1997.

UNDERHILL, G. W. **The green stinkbug.** Virginia Polytechnic Institute. Virginia Agricultural Experiment Station, 1934.

VAN LENTEREN, J. C. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 39-59, 2018.

VALENTE E.C.N, BROGLIO S.M.F, PASSOS E.M.D, LIMA A.S.T.D. Performance of *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae). **Pesq Agropec Bras** 51:293–300, 2016.

VIANA, P.A. et al. **Sistema de produção 2**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Embrapa Trigo. Sistema de produção, 2). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/prsementes.htm>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2023.

VISSER, B.; ELLERS, J. Lack of lipogenesis in parasitoids: a review of physiological mechanisms and evolutionary implications. **Journal of Insect Physiology**, v. 54, n. 9, p. 1315-1322, 2008.

WEATHER SPARK. Disponível em: <<https://weatherspark.com>>. Acesso em: 03 set. 2022.

WIGGLESWORTH, V.B. **The principles of insect physiology**. London: Methuen, 1965. 741 p.

WILSON, L. et al. Degree-days: an aid in crop and pest management. **California Agriculture**, v. 37, n. 1, p. 4-7, 1983.

YEARGAN, K.V. Effects of temperature on developmental rate of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 73, n. 3, p. 339-342, 1980.