

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

**Exigências térmicas e higrométricas de *Euschistus heros*
(Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), criado em dietas
natural e artificial, visando ao zoneamento da praga no Brasil**

Lucas Maniero Rodrigues

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

**Piracicaba
2020**

**Lucas Maniero Rodrigues
Bacharel em Engenharia Agrônoma
Licenciado em Ciências Agrárias**

Exigências térmicas e higrométricas de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), criado em dietas natural e artificial, visando ao zoneamento da praga no Brasil
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 Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2020**

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

Rodrigues, Lucas Maniero

Exigências térmicas e higrométricas de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), criado em dietas natural e artificial, visando ao zoneamento da praga no Brasil / Lucas Maniero Rodrigues. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011 - - Piracicaba, 2020.

64 p.

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

1. Percevejo-marrom 2. Dieta artificial 3. Exigências térmicas 4. Zoneamento ecológico I. Título

Dedicatória

Dedico este trabalho a meus antepassados, em especial a Francisco de Assis Maniero (*in memoriam*), que partiu no início desta caminhada. Saudade.

E a todos que acreditam que é possível fazer agricultura com mais responsabilidade.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, Enori, José e Mayra, que sempre foram meu incondicional apoio. Por todo o esforço que nós sabemos;

Meu muito obrigado ao professor Dr. José Roberto Postali Parra pela impecável orientação, paciência, pelo exemplo e por ter confiado na minha capacidade;

Agradeço a todos os professores do PPG Entomologia da ESALQ/USP, pela dedicação e pela excelência de toda equipe do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP;

À família do laboratório de Biologia de Insetos, em especial à Neide Graciano pelos conselhos e ajuda inicial na criação;

Aos meus queridos estagiários Thainá Graciano, Melina Bafume e Daniel Luz, pela ajuda com a criação do percevejo, e a Mateus Pires por vir de longe me ajudar a fazer dieta. Obrigado por tudo;

À família Ondou, Vitor, Macsaiara e Julia, por sempre terem me dado todo suporte sempre que necessário. Em especial à Letícia Zavarize e Karina Guimarães pela ajuda na avaliação dos experimentos, e Leonardo Melo pelo apoio nos finais de semana.

Meu muito obrigado à Ana Carolina Sarto e Rafael Broggio pelos conselhos, pelos cafezinhos, e pela amizade e companheirismo que sempre foi fundamental para mim; Agradecimento especial à Carolina Reigada, que me acolheu inicialmente no laboratório ainda quando era estagiário, e pelas dicas na estruturação do experimento; e a Adriano Garcia, pela imensa paciência, e grande ajuda com as análises estatísticas e confecção dos mapas;

Aos professores Dr. Ítalo Delalibera Jr. e Dr. Severino de Alencar, por cederem gentilmente os liofilizadores de seus laboratórios, e em especial à Solange Aparecida Vieira Barros e Dra. Adna Prado Massarioli, técnicas responsáveis, pelo suporte técnico;

Obrigado a todos os professores que passaram pela minha vida, e transmitiram parte do seu saber para que eu pudesse chegar até aqui. Em especial à Herika Velloso, por me mostrar a paixão pela Biologia, e Maria Helena Barbosa e Silva, que me deu casa e base para a vida. Levo-as sempre no coração.

Epígrafe

“Aprendi com as primaveras a deixar-me cortar, e voltar sempre inteira.”

Cecília Meireles

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Importância e bioecologia de <i>Euschistus heros</i> (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae).....	16
2.2. Dietas artificiais e importância para o controle biológico	17
2.3. Influência da temperatura.....	19
2.4. Influência da umidade relativa do ar.....	21
2.5. Zoneamento ecológico	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Manutenção das populações de <i>Euschistus heros</i> (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) nas dietas natural e artificial.....	24
3.2. Exigências térmicas e biologia de <i>E. heros</i> criado em dieta natural e artificial...25	
3.3. Efeito de diferentes temperaturas na fase adulta de <i>E. heros</i> criado em dietas natural e artificial	26
3.4. Tabela de vida de <i>E. heros</i> em diferentes temperaturas criado em dieta natural e artificial	27
3.5. Exigências higrométricas e biologia de <i>E. heros</i> criado em dieta natural e artificial	27
3.6. Efeito de diferentes umidades relativas na fase adulta de <i>E. heros</i> criado em dietas natural e artificial	28
3.7. Tabela de vida de <i>E. heros</i> em diferentes umidades relativas do ar criado em dieta natural e artificial	29
3.8. Zoneamento e ocorrência de <i>E. heros</i> baseado na tabela de vida de fertilidade	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Exigências térmicas e biologia de <i>Euschistus heros</i> (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) criado em dietas natural e artificial.....	31
4.2. Efeito de diferentes temperaturas na fase adulta de <i>E. heros</i> criado em dietas natural e artificial	34

4.3. Tabela de vida de <i>E. heros</i> em diferentes temperaturas criado em dieta natural e artificial.....	37
4.4. Exigências higrométricas e biologia de <i>E. heros</i> criado em dieta natural e artificial	39
4.5. Efeito de diferentes umidades relativas na fase adulta de <i>E. heros</i> criado em dietas natural e artificial.....	42
4.6. Tabela de vida de <i>E. heros</i> em diferentes umidades relativas do ar criado em dieta natural e artificial.....	43
4.7. Zoneamento e ocorrência de <i>E. heros</i> baseado na tabela de vida de fertilidade	45
5. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS	55

RESUMO

Exigências térmicas e higrométricas de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), criado em dietas natural e artificial, visando ao zoneamento da praga no Brasil

O objetivo da presente pesquisa foi determinar os aspectos biológicos e reprodutivos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) criado em dietas natural (vagem-de-feijão e amendoim) e artificial (vagem-de-feijão liofilizada, amendoim triturado, sacarose e anticontaminantes) em condições de laboratório, sob diferentes condições de temperatura (18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32°C) e umidade relativa do ar (UR) (30, 50, 70 e 90%), para avaliar se o inseto tem o mesmo comportamento na dieta natural e artificial, estabelecendo as condições ótimas de temperatura e UR para o seu desenvolvimento em laboratório e no campo, com vistas ao seu zoneamento ecológico no Brasil, levando-se em conta os fatores abióticos mencionados, e com base na tabela de vida de fertilidade da espécie nessas condições. A partir dos resultados obtidos, foi possível definir que a constante térmica (K) e o limite térmico inferior (Tb) foram bem próximos entre as dietas natural e artificial, sendo de, respectivamente, 354,1 e 358,2 GD, e 14,1 e 14,5°C. O intervalo de temperatura que permite um melhor desenvolvimento da espécie nas respectivas dietas foi de 25 a 28°C para dieta natural e de 22 a 30°C para a artificial. O número de ovos colocados por *E. heros* foi maior na faixa térmica de 25 a 30°C (variando de 220 a 300 ovos/fêmea), quando criado em ambas as dietas avaliadas. O número de vezes que a população aumenta a cada geração (R_0) foi maior a 28°C, sendo igual a 72,9 e 102,0 para as dietas natural e artificial, respectivamente, e a UR mais favorável foi a de 90%, apresentando valores de R_0 iguais a 51,4 e 57,8, nas duas condições mencionadas. A UR abaixo de 50% reduziu a viabilidade dos ovos e dos ínstares iniciais igualmente para as dietas mencionadas, assim como a duração das fases imaturas. A fecundidade e a razão sexual não diferiram dentre as UR nas duas dietas testadas. A partir dos valores de R_0 obtidos nas diferentes temperaturas e umidades relativas (UR), foi possível verificar que as áreas mais favoráveis ao desenvolvimento de *E. heros* foram as regiões Norte, Nordeste (Clima Equatorial) e Centro-Oeste do Brasil (Clima Tropical).

Palavras-chave: Percevejo-marrom, Dieta artificial, Exigências térmicas, Zoneamento ecológico

ABSTRACT

Thermal and higrometric requirements of *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), reared in natural and artificial diets, aiming for pest zoning in Brazil

The main goal of this research consisted on the determination of biological and reproductive aspects of *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) reared on natural (bean pods and peanuts) and artificial (lyophilized bean pods, crushed peanuts, sucrose and anti-contaminant) diets under laboratory conditions, in different temperatures (18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32°C) and relative humidities (RH) (30, 50, 70 e 90%) to evaluate whether the insect presents the same behavior in natural and artificial diets. In this way, it was possible to define the optimal conditions for insect development in field and laboratory, accomplishing an ecological zoning in Brazil based on the mentioned abiotic factors and on the fertility life table constructed for different temperature and RH values. Based on these results, it was also possible to calculate the thermal constant (K) and the lower threshold temperature (T_b), obtaining similar values for both diets (natural and artificial), respectively, 354.1 and 358.2 GD, and 14.1 and 14.5°C. This species developed better between 25 and 28°C in the natural diet, and between 22 and 30°C for the artificial diet. Fecundity varied from 220 to 300 eggs/female between 25 and 30°C in both diets. The number of times the population increased in each generation (R₀) was higher at T = 28°C, with 72.9 and 102.0 for natural and artificial diets, respectively; and RH = 90%, with 51.4 e 57.8, respectively. Relativity umidities smaller than 50% affected negatively egg viability and initial instars in both diets, as well as the duration of the immature stages. Fecundity and sex ratio were not significantly different between the tested values of RH. Based on the R₀ values obtained in different temperatures and RH, we verified that the most favorable areas for the development of *E. heros* were the North, Northeast (Equatorial Climate) and Midwest areas in Brazil (Tropical Climate).

Keywords: Brown stink bug, Artificial diet, Thermal requirements, Pest zoning

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o segundo produtor mundial de soja [*Glycine max* (L.) Merrill 1917], com uma produção estimada de 114,8 milhões de toneladas e 35,82 milhões de hectares plantados (EMBRAPA, 2020), sendo o estado de Mato Grosso responsável pelo maior volume da produção (32,4 milhões de toneladas). Grande parte dessa produção é destinada, sobretudo, à indústria alimentícia, exportação como *commoditie*, ou geração de energia a partir do biodiesel (Prado, 2007).

Entretanto, a produção é significativamente afetada pelas pragas dessa cultura, sobretudo pelos danos diretos causados por pentatomídeos fitófagos. Do complexo de percevejos que afetam a produção, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) é, atualmente, a espécie mais abundante, registrada em vários estados brasileiros como Maranhão (Panizzi, 2002), Paraná (Corrêa-Ferreira et al., 2010), e no Rio Grande do Sul, onde sua ocorrência era rara (Pereira e Salvadori, 2008), e em maior ou menor população ocorre em todos os estados que produzem soja.

De acordo com Panizzi (2013), o sistema de plantio direto, que é amplamente adotado nos cultivos de soja principalmente na região central brasileira, favoreceu o significativo aumento populacional de *E. heros* em campo, bem como das espécies *Diceraeus melacanthus* (Fabricius, 1775) e *D. furcatus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae). Isso pode ser explicado pelo fato desse sistema fornecer alimento (por meio de grãos que caíram em safras anteriores) e proteção física por meio da palhada resultante dos restos culturais (Zerbino e Panizzi, 2018), reduzindo a eficácia de métodos de controle.

O controle químico é o método mais utilizado, entretanto, sabe-se que o uso contínuo de inseticidas de mesmo princípio ativo, por várias safras, induz à seleção de populações resistentes dos insetos-praga (Sosa-Gómez e Silva, 2010), bem como o aumento do custo de produção, além de afetar diretamente a qualidade do produto e estar relacionado com a ressurgência de pragas secundárias. Ainda segundo os autores citados, também são observadas populações resistentes do percevejo-marrom às principais moléculas inseticidas usadas para o seu controle também na região central ao norte do Paraná.

Com o intuito de reduzir o uso indiscriminado de agroquímicos em agroecossistemas, e atender a uma crescente demanda social pela preservação de recursos e qualidade do produto final, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) apresenta-se como alternativa ao controle químico convencionalmente utilizado. O MIP é

caracterizado por tomadas de decisões, isoladas ou em conjunto, que consideram os aspectos ambientais, econômicos e sociais de uma determinada região para definição das táticas de controle de populações de pragas (Kogan, 1998).

Nesse sentido, o controle biológico apresenta-se como um dos pilares que constituem o MIP, sendo um interessante método de supressão de insetos-praga. Por definição, é um fenômeno natural responsável por regular a população de animais e plantas por agentes de mortalidade biótica (Parra et al., 2002), podendo estes pertencer a inúmeros grupos de organismos, desde micro-organismos até animais vertebrados. Por se tratar de um fenômeno natural e dinâmico, é diretamente influenciado por fatores abióticos, como clima, disponibilidade de alimento e competição intra e interespecífica (van den Bosch et al., 1982).

Para o percevejo-marrom, a espécie *Telenomus podisi* Ashmead (1893) (Hymenoptera: Platygasteridae) é a que vem apresentando bons resultados como parasitoide de ovos da praga, embora não seja seu hospedeiro preferencial (Queiroz et al., 2017). Todavia, um dos entraves para estudos de programas de controle biológico com a produção massal do inimigo natural, é a obtenção de parasitoides em larga escala que, por sua vez, é dependente da disponibilidade de ovos do percevejo.

Estudos de metodologias para criação em larga escala desses pentatomídeos, visando viabilizar programas de controle biológico com os parasitoides de ovos, têm sido feitos em dietas naturais e artificiais, onde alguns trabalhos aprimoraram as técnicas de criação do percevejo, relacionando os efeitos da alimentação por meio de dieta artificial na biologia do inseto-praga (Panizzi et al., 2000; Fortes et al., 2006).

Estudando o estabelecimento de uma criação em dieta artificial, Mendoza et al. (2016) concluíram que *E. heros* apresenta maior potencial reprodutivo em dietas com farinha de vagem liofilizada e amendoim triturado (na proporção 1:1, adicionando-se anticontaminantes), apresentando maior facilidade e eficiência quando comparada a dietas naturais, pois exigiria uma menor demanda de mão-de-obra ao reduzir a necessidade de constante substituição da fonte de alimento. Todavia, são escassos os estudos a respeito da biologia do percevejo-marrom criado em dietas artificiais, o que otimizaria aspectos relacionados à criação massal de seu inimigo natural, *T. podisi*.

Assim, o objetivo dessa pesquisa foi determinar os aspectos biológicos e reprodutivos de *E. heros* criado em dietas natural e artificial, em condições de laboratório, sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar (UR),

para determinar as características biológicas na dieta natural e artificial, estabelecer as condições ótimas de temperatura e UR para o seu desenvolvimento em laboratório e no campo, com vistas ao seu zoneamento ecológico no Brasil, levando-se em conta os fatores abióticos mencionados, e com base na tabela de vida de fertilidade da espécie nessas condições.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância e bioecologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae)

O percevejo-marrom, assim como a maior parte do complexo de percevejos que atacam a soja, é pertencente à família Pentatomidae, possuindo características morfológicas externas específicas como presença de escutelo grande e triangular, antena segmentada em cinco partes e cinco estágios ninfais (Costa Lima, 1940). Esse pentatomídeo é considerado, atualmente, a praga mais importante na cultura da soja brasileira, juntamente com as espécies de *Diceraeus* spp. e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) (Tuelher et al., 2016; Zerbino e Panizzi, 2019). No Brasil, o primeiro registro foi feito por Williams et al. (1973) no Estado de São Paulo, em soja, e passou a ser a praga mais abundante nas áreas produtoras, do norte do Paraná ao Centro-Oeste brasileiro (Cividanes e Parra, 1994).

De acordo com Panizzi e Oliveira (1998), o percevejo-marrom possui hospedeiros alternativos, como algumas espécies de leguminosas, solanáceas e brassicáceas. A preferência hospedeira varia conforme a época do ano, sendo comumente encontrado em plantas de soja e capítulos de girassol no verão, e em palhada e carrapicho-de-carneiro no inverno (Mourão e Panizzi, 2000). Ainda segundo os autores, a espécie apresenta características de diapausa, apresentando maior porcentagem de machos e fêmeas imaturos no inverno, coincidindo com a ocorrência de coloração avermelhada.

Outros trabalhos também já registraram a ocorrência da espécie em outros hospedeiros, observando danos mecânicos devido à alimentação, como o capim-carrapicho e trapoeraba (Godoy et al., 2001), amendoim-bravo (Pinto e Panizzi, 1994), e sementes maduras de caruru (Medeiros e Megier, 2009). Nos últimos anos, tem-se observado a ocorrência de populações da praga em áreas de produção de algodão, sobretudo no centro-oeste brasileiro, onde a cultura é plantada em sequência ou ao redor das áreas de soja, o que favorece tanto a sucessão de gerações do percevejo bem como sua dispersão (Soria et al., 2010). Há, ainda, registros de ataques na Argentina, desde a safra de soja 2009/2010 (Saluso et al., 2011).

O ataque de *E. heros* na cultura da soja ocorre desde o início do período reprodutivo, na formação das vagens, estando o pico populacional coincidente com o período de enchimento dos grãos (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999). É constatado que

a espécie possui uma preferência alimentar por sementes e vagens em formação (Panizzi, 1997).

Ao se alimentar das sementes, o percevejo injeta saliva contendo enzimas digestivas, promovendo a histólise do conteúdo interno (Todd e Herzog, 1980), seguido da sucção do material digerido. A difusão da saliva poderá, ainda, causar a morte de tecidos adjacentes, sem o dano mecânico direto da inserção do estilete (Nuorteva e Reinius, 1953). Assim, os grãos tornam-se “chochos” e enrugados, afetando a produção por reduzir a qualidade do produto (Panizzi e Slansky Junior, 1985).

Os ovos são amarelados, sendo colocados principalmente sobre as folhas ou vagens de soja, em massas de 5 a 10 ovos (Villas-Bôas e Panizzi, 1980). As ninfas de primeiro ínstar medem aproximadamente 1,3mm e são de coloração marrom-alaranjada, possuindo hábito gregário, porém ainda não causam danos à cultura. A partir do segundo ínstar, as ninfas apresentam-se mais escuras, e iniciam a alimentação das vagens e grãos (Grazia et al., 1980). Os adultos são de coloração marrom-clara, com 11 mm de comprimento, possuindo duas protuberâncias pontiagudas no protórax e uma meia-lua esbranquiçada na parte central do dorso.

Em relação à biologia do inseto, a duração média da fase ninfal e do adulto é de 28,4 e 116 dias, respectivamente, quando criados a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h (Cividanes, 1992). Porém, o tempo de desenvolvimento e a mortalidade das ninfas podem variar de acordo com a fonte de alimento, a exemplo do trabalho de Villas Bôas e Panizzi (1980), quando os autores observaram duração do ciclo de 23 dias e 16% de mortalidade (2º ínstar até a emergência). Resultados semelhantes foram publicados por Pinto e Panizzi (1994), que observaram 20 dias de ciclo (2º ínstar até a emergência) e mortalidade de 22%.

2.2. Dietas artificiais e importância para o controle biológico

Para o estabelecimento de programas de controle biológico, a manutenção da criação de insetos-praga em dieta artificial é imprescindível, na maioria dos casos, pois além da manutenção de populações de insetos em laboratório, permite ainda a continuidade das pesquisas na área (Parra, 2000). Além disso, a crescente utilização de agentes de controle biológico (parasitoides e/ou predadores) tem demandado uma

maior quantidade de inimigos naturais para uso em programas de controle biológico, o que, por sua vez, depende da produção do inseto-praga em larga escala.

Dessa forma, definir metodologias de criação têm sido um dos principais desafios relacionados ao tema, dada a diversidade e à particularidade dos insetos (Cohen, 2015). A adequação no fornecimento de alimento à praga, por exemplo, é importante para o desenvolvimento em laboratório, minimizando os efeitos de custo adaptativo à espécie (Simpson et al., 2004). Segundo Kester e Smith (1984), a nutrição dos insetos afeta diretamente a duração dos diferentes estágios de desenvolvimento, capacidade reprodutiva e viabilidade/mortalidade ninfal. Dessa forma, quanto melhor for a adequação nutricional do inseto à fonte de alimento, maior poderá ser o potencial reprodutivo da espécie (Panizzi e Slansky Jr., 1985).

A manutenção de populações em laboratório pode ser feita por meio de dietas naturais ou artificiais. Na primeira, há a necessidade de se manter uma espécie vegetal hospedeira como fonte de alimento, o que, em larga escala, representaria um alto custo com mão-de-obra (todavia, mais vantajosa em relação à coleta de indivíduos no campo). Já a criação em dietas artificiais apresenta uma série de vantagens, dentre as quais uma menor necessidade de mão-de-obra (Parra, 2001), sendo vantajoso em uma escala produtiva maior.

Além disso, estudos de dietas artificiais permitem quantificar as exigências nutricionais básicas dos insetos, uma vez que, em dietas naturais, é inviável a determinação da composição química de tecidos vegetais (Rosseto, 1980).

Assim, o desenvolvimento das dietas artificiais foi um grande avanço para a criação e nutrição de insetos, atendendo especialmente às ordens Lepidoptera, Diptera e Coleoptera (Singh e Moore, 1985). Isso possibilitou a obtenção de insetos tanto em pequena escala, a exemplo de estudos de taxonomia, bioensaios e avaliação de qualidade nutricional, como em larga escala, a citar a criação massal de parasitoides e predadores, aplicação de tecnologias genéticas e produção de feromônios (Parra, 2000).

Entretanto, no caso dos sugadores fitófagos, são poucos os trabalhos disponíveis na literatura sobre formulação de dietas artificiais. Isso revela muitas possibilidades da pesquisa em relação às técnicas de criações, para atender à crescente demanda de programas de controle biológico, como adequação de propriedades físicas da dieta ao hábito alimentar, como a dureza, textura e disponibilidade de água (Parra, 2001). Segundo Panizzi e Parra (2009), o contexto

nutricional de um dado ambiente condiciona processos ecológicos, comportamentais e fisiológicos em insetos.

Dessa forma, Mendoza et al. (2016) propuseram uma dieta artificial para *E. heros*, visando justamente a substituição da utilização de material fresco para a manutenção da população do percevejo em laboratório. Neste caso, os autores concluíram que é possível criar o inseto em uma dieta composta por vagem-de-feijão liofilizada moída com amendoim triturado, adicionando-se anticontaminantes. Isso representou um avanço para a obtenção da espécie tanto para pesquisa como para a produção da praga em larga escala e, conseqüentemente, de inimigos naturais.

Visando otimizar a criação do percevejo-marrom em dieta artificial, o trabalho de Hayashida et al. (2018) testou o efeito de dietas artificiais sem componente liofilizado, como propôs Mendoza et al. (2016), uma vez que a liofilização é um processo que, em uma produção em larga escala, representaria em um alto custo de produção. Neste caso, as dietas artificiais com materiais não-liofilizados possuem potencial semelhante à dieta natural na manutenção de populações em laboratório, quando mantidos a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$. Entretanto, a viabilidade dos ovos é inferior quando comparada aos ovos oriundos da criação em dieta artificial liofilizada. Há, ainda, a possibilidade de inadequação da dieta artificial ao longo das gerações, o que pode ocasionar deformações em adultos aumento da duração do ciclo devido a fatores genéticos, fatores que não foram testados por Hayashida et al. (2018).

Assim, faz-se necessário o aperfeiçoamento de técnicas de criação de insetos associadas à pesquisa básica, com agregação de novas tecnologias, a fim de impulsionar a evolução e a expansão do Manejo Integrado de Pragas por meio de programas de controle biológico (Cohen, 2015).

2.3. Influência da temperatura

Considerando-se que os insetos são pecilotérmicos, as atividades biológicas das espécies variam de acordo com a temperatura, sendo este um dos fatores abióticos que mais afeta diretamente o desenvolvimento e reprodução dos insetos, por alterar características metabólicas (Chapman, 1998). Assim, em um contexto agrícola, o desenvolvimento e estabelecimento de uma praga é definido a partir de

uma temperatura (limite térmico inferior), onde é possível prever sua ocorrência em campo a partir de dados da biologia do inseto (Wilson e Barnett, 1983).

Alguns trabalhos publicados já mostraram o efeito de diferentes temperaturas em características biológicas de insetos, como a permeabilidade de cutícula em insetos terrestres (Beament, 1959), e parasitismo e longevidade de fêmeas de uma espécie parasitoide de ninfas (Gómez-Torres et al., 2014).

Em campo, a temperatura, bem como a umidade relativa do ar, pode gerar condições tanto favoráveis como desfavoráveis ao ataque da praga, como promover sua migração (com a consequente alteração no padrão de distribuição), aumento ou diminuição da população e, em casos extremos, extinção (Chakraborty, 2005).

Estudos de exigências térmicas de uma determinada população de insetos definem-se na determinação de um limiar de temperatura onde, a partir de um determinado valor, o inseto é capaz de se desenvolver e reproduzir. Em outras palavras, o inseto, dentro de uma faixa de temperatura adequada, é capaz de acumular energia para completar seu ciclo, estimado por meio de modelos de graus-dia. Dessa forma, é possível construir ferramentas para elaboração e previsão da ocorrência de pragas e inimigos naturais (Bernal e González, 1993), entendimento de interações ecológicas (Thireau e Regnière, 1995) e elaboração de modelos de simulação (Higley et al., 1986), definindo com maior precisão o momento adequado para se intensificar as amostragens no campo e, dessa forma, definir táticas de controle.

Modelos de previsão de pragas já foram anteriormente desenvolvidos para *E. heros*, como o de Cividanes e Figueiredo (1997). Foi possível estabelecer um modelo baseado em graus-dia, dispondo das exigências térmicas e dados de temperatura e desenvolvimento do inseto, coletados em campo ao longo de um ano. Os resultados mostraram que é possível prever picos populacionais com acurácia, tendo um bom potencial de uso em programas de manejo da praga.

Outros trabalhos abordaram a dinâmica populacional do percevejo-marrom em laboratório, como o trabalho de Cividanes e Parra (1994), que determinou as exigências térmicas de *E. heros* e de outros dois pentatomídeos praga em dieta natural. Neste caso, o período ninfal teve menor duração do ciclo na faixa de 20 a 26°C, mantendo alta viabilidade do período ovo-adulto na faixa de 20 até 30°C.

Mais recentemente, Barrufaldi (2015) estudou a influência de temperaturas constantes e flutuantes no desenvolvimento da praga durante três gerações,

concluindo que a espécie possui potencial biótico elevado na faixa de 22 a 28°C, com alta viabilidade ninfal e período imaturo encurtado. Na citada faixa de temperatura, o desenvolvimento da espécie é equivalente, comparando-se temperaturas constantes e flutuantes.

2.4. Influência da umidade relativa do ar

Das variáveis ambientais que interferem no metabolismo dos insetos, a umidade relativa do ar (UR), associada à temperatura, são as que mais afetam nas características biológicas dos insetos. Entretanto, ainda são poucos os trabalhos que abordem a influência da UR isoladamente no ciclo biológico de insetos.

Um dos motivos que pode explicar a escassez de trabalhos nesse sentido é a dificuldade de controlar a UR em relação à temperatura, como já apontou Beament (1958). Nos casos relatados pelo autor, a metodologia mais eficaz empregada nesses trabalhos consistia na calibração de dessecadores (cubas de vidro) por meio de soluções salinas de CuSO_4 , sílica gel, NaOH, KOH ou CaCl_2 (Buxton, 1931; Winston e Bates, 1960; Norton, 1969), vedadas com resina ou vaselina entre a cuba e a tampa para isolamento higrométrico, criando um ambiente hermeticamente fechado. Este método tem limitações, pois só é válido para estágios de desenvolvimento como ovos e pupas; para lagartas, ninfas e adultos, a adição de dietas ou plantas para os adultos interferem na UR interna. Atualmente, é possível conduzir esses estudos em câmaras climatizadas que regulam e mantêm automaticamente a UR, sem a necessidade de regulações periódicas, tendo ainda pequenas variações.

Segundo Beament (1961), a interferência da UR nos insetos se dá pela perda de água (via transpiração ou evaporação) por meio da membrana celular. A permeabilidade de uma membrana pode ser definida como a taxa que a água se move através de uma determinada área, por unidade de diferença na atividade da água nas duas faces da membrana. Logo, quanto mais permeável, menor será sua resistência específica à desidratação (Spruit, 1969).

Sabe-se que, por ser um componente abiótico determinante no crescimento de uma população de insetos, a UR pode alterar determinados parâmetros biológicos, sobretudo no estágio imaturo. Muli et al., 2011 concluíram que a duração da fase de ovo de *Mussidia fiorii* (Cecconi & de Joannis, 1911) (Lepidoptera: Pyralidae) variou de maneira semelhante entre o baixo e alto índice de UR (40-50 e 70-80%,

respectivamente), dentre as 7 temperaturas testadas. Entretanto, a viabilidade dos ovos foi mais afetada em baixa do que em alta UR, comprovando que mesmo em temperaturas favoráveis ao desenvolvimento, níveis baixos de UR podem comprometer a eclosão. De um modo geral, no entanto, a UR afeta mais a viabilidade do que a duração.

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).

Alguns artigos mostram que a susceptibilidade de uma espécie à dessecação pode ser variável ao longo do ciclo. Como por exemplo, o trabalho de Benoit et al. (2007) que, ao analisar parâmetros de balanço hídrico como conteúdo de água, perdas e ganhos de água de *Cimex lectularius* (Latreille, 1802) (Hemiptera: Cimicidae), identificaram que o conteúdo de água assim como o ganho aumentaram ao longo do desenvolvimento imaturo, porém as ninfas de primeiro e segundo ínstares são as que mais apresentaram perdas de água, indicando que esses estágios são os mais sensíveis à condições de baixas UR. Ainda segundo os autores, a taxa líquida de transpiração também foi crescente ao longo do desenvolvimento ninfal.

Além das características relacionadas à biologia do inseto, a UR pode interferir diretamente em outros aspectos, como comportamentais de busca e preferência. É o caso de *Rhodnius prolixus* (Stål, 1859) (Hemiptera: Reduviidae), que apresenta maior resposta atrativa em condições quentes e úmidas (Wigglesworth & Gillett, 1934).

É possível encontrar na literatura alguns registros sobre o efeito de diferentes índices de UR em características biológicas de hemípteros. A exemplo do trabalho de Brito et al. (2019) que, ao analisar três diferentes condições de UR, concluiu que a espécie *Rhodnius robustus* (Larrousse, 1927) (Hemiptera: Reduviidae) apresenta uma menor tolerância à dessecação, apresentando alta mortalidade dos embriões a 40%. Entretanto, a espécie *R. prolixus* possui uma taxa de eclosão superior a 75%, na faixa de 20 a 75% de UR, possibilitando observar como a dessecação dos ovos de duas espécies crípticas podem ser bem diferentes, sendo *R. robustus* mais susceptível.

2.5. Zoneamento ecológico

Considerando-se que os fatores abióticos afetam diretamente o crescimento, desenvolvimento e reprodução dos insetos, estudos de biologia básica podem ser incorporados e correlacionados com modelos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sendo possível representar a relação entre temperatura e distribuição espacial da espécie (Eligio et al., 2015).

O zoneamento ecológico pode ser estruturado a partir de dados 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 (Milanez et al., 2005).

Assim, é possível identificar áreas que oferecem condições adequadas de temperatura e, em alguns casos, umidade relativa do ar, servindo como ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas na previsão de ocorrência de pragas e surtos populacionais, mapeamento de áreas de risco, e definição de calendários de plantio e colheita (Nelson e Boots, 2005).

O zoneamento de uma praga considera o potencial biótico do inseto criado em laboratório em uma determinada dieta, em condições abióticas controladas (temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo). Estes dados podem não condizer com o “fitness” do inseto no campo, o que demanda, muitas vezes, a validação do modelo. Ainda assim, é possível estimar o potencial de estabelecimento de uma praga por diversos outros fatores ambientais, que também podem ser quantificados por modelos de SIG, e servem como ajuste a modelos que considerem somente temperatura, como por exemplo a fenologia da planta e altitude do local (Wang et al., 2016).

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 susceptibilidade de ocorrência. Já o trabalho de Hamada et al. (2011) propôs simulações de susceptibilidade a partir de um software, onde foi possível obter mapas de regiões favoráveis ao desenvolvimento da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biologia de Insetos, do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP. As populações de laboratório foram estabelecidas a partir de adultos do percevejo-marrom coletados em plantas de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em janeiro de 2018, no campus da Universidade Federal de São Carlos, localizado no município de Campina do Monte Alegre, estado de São Paulo.

Desde então, metade dos indivíduos foi alimentada com dieta natural (composta por vagem de feijão e amendoim) e, a outra, com dieta artificial liofilizada, como proposta por Mendoza et al. (2016) (Tabela 1).

Tabela 1. Componentes da dieta artificial para criação de *E. heros*, de acordo com Mendoza et al. (2016).

Componentes	Quantidade (g)
Vagem-de-feijão liofilizada	35
Amendoim triturado	35
Sacarose	5
Cloridrato de tetraciclina	0,01
Ácido sórbico	0,1
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin)	1
Água destilada	25

No experimento, ambas as populações já estavam adaptadas às respectivas dietas (13^a geração em laboratório no experimento avaliando as temperaturas, e 16^a geração no experimento comparando as diferentes UR), sem haver a introdução de população selvagem às criações.

3.1. Manutenção das populações de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) nas dietas natural e artificial

As gaiolas destinadas à manutenção das populações em laboratório foram compostas de polietileno transparente, de dimensões 25x25x8 cm, possuindo uma abertura de 20x20 cm na tampa para permitir a troca gasosa, e recoberta por tela

antiafídeo de 0,87 mm de abertura. Ambas as populações foram mantidas em sala de criação mantida a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $60\pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Para iniciar a criação de *E. heros* em ambas as dietas, foram colocados 0,5 g de ovos (aproximadamente 1000 ovos) de ambas as populações em placas de Petri com um rolo dental umedecido, mantidos em laboratório a $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 15\%$ e fotofase de 14h, até a eclosão.

A partir do segundo ínstar, as ninfas foram transferidas para uma gaiola de 25x25x8 cm, contendo 15 vagens de feijão e 40g amendoim cru para a população na dieta natural, e 23 pedaços pequenos (“cubos”) de 1x1x0,3 cm da dieta artificial liofilizada (Mendoza et al., 2016). Foram dispostos, além das respectivas dietas, dois discos de algodão umedecidos com água dispostos sobre tampas de plástico. A dieta natural e a água foram substituídas uma vez por semana, descartando os indivíduos mortos. A dieta artificial, para os indivíduos da criação, foi mantida por um mês.

Ao atingirem a fase adulta, os percevejos foram transferidos para outra gaiola (de mesma dimensão daquela utilizada para criação das ninfas), disponibilizando quatro tiras de tecido de algodão cru de coloração bege, de 3x8 cm coladas na tampa, como substrato de oviposição. Em cada gaiola, destinada à obtenção dos ovos, foram adicionados 300 indivíduos adultos, e a mesma quantidade de alimento para ambas as populações. Semanalmente, a dieta natural e a água foram substituídas. Para a população da dieta artificial, os algodões com água foram substituídos em intervalos de 3 dias, não havendo substituição da dieta em todo período imaturo. Para ambas as populações, os ovos foram coletados três vezes por semana, descartando os indivíduos após um mês.

3.2. Exigências térmicas e biologia de *E. heros* criado em dieta natural e artificial

Avaliou-se o efeito de diferentes temperaturas no ciclo do percevejo-marrom, desde a fase de ovo até a morte dos adultos (Fig. 1). O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas reguladas a 18, 20, 22, 25, 28, 30 e $32\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 10\%$ e fotofase de 14h, sendo cada temperatura correspondente a um tratamento.

Foram utilizados 150 ovos de até 24h do percevejo-marrom (em 3 repetições de 50 ovos por temperatura, para cada dieta) que foram mantidos nas câmaras

climatizadas. Os ovos foram disponibilizados em placas de Petri, contendo um rolo dental embebido em água destilada, para minimizar o efeito da desidratação.

Ao atingirem o segundo ínstar, as ninfas das respectivas repetições foram transferidas para um recipiente de polietileno transparente de 10x10x6cm, com uma abertura na tampa recoberta com tela antiáfideo de 0,87mm, onde permaneceram até a emergência. Para a população da dieta natural, foram disponibilizadas 5 vagens-de-feijão, 12 grãos de amendoim dispostos sobre tampas de plástico, e um rolo dental embebido em água destilada. Já para os indivíduos da dieta artificial, foram oferecidos 6 cubos (1x1x0,3 cm) da dieta artificial liofilizada conforme proposto por Mendoza et al. (2016), além de um rolo dental umedecido com água. Os componentes da dieta natural foram repostos em intervalos de 5 dias e, os da artificial, semanalmente. Em ambas as dietas, a água era repostada diariamente, substituindo-se os rolos dentais uma vez por semana.

Os parâmetros biológicos avaliados foram a duração e viabilidade do ciclo (ovo – morte do adulto), avaliando-se diariamente a mortalidade e troca de ínstar das ninfas, eclosão e emergência. Foi avaliado o efeito da temperatura em cada ínstar e no ciclo como um todo.

Os dados foram analisados por meio de modelos lineares generalizados (GLM), sendo do tipo Poisson para comparação das médias de duração da fase imatura, e binomial para a viabilidade. As médias de cada parâmetro foram comparadas entre as temperaturas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.3. Efeito de diferentes temperaturas na fase adulta de *E. heros* criado em dietas natural e artificial

Para a formação dos casais, foram selecionados adultos de até 24 horas de idade que emergiram das ninfas do experimento anterior (Item 3.2). Assim, foram individualizados em gaiolas compostas por um copo plástico de 500ml invertido, encaixado sobre tampa de plástico, contendo uma tira de tecido de algodão cru de coloração bege, de dimensões 3x9cm, fixada na parte superior do copo, como substrato para oviposição. Na superfície superior, foram feitos 25 furos para evitar o aumento da umidade relativa no interior dos copos.

Para a manutenção dos casais da dieta natural, foi disponibilizado um pedaço de vagem de 4cm, 7 grãos de amendoim e um rolo dental embebido em água

destilada. Para os casais da dieta artificial, foram fornecidos 2 cubos (1x1x0,3 cm) da dieta artificial liofilizada (Mendoza et al., 2016), além de um rolo dental umedecido. A dieta natural oferecida aos adultos, assim como para as ninfas, foi substituída em intervalos de 5 dias, e a artificial, uma vez por semana. Os rolos com água também foram substituídos semanalmente.

Para cada casal, foram avaliadas diariamente a longevidade de machos e fêmeas, bem como a fecundidade e o período de pré-oviposição em cada dieta nos respectivos tratamentos.

Os dados referentes à longevidade, fecundidade e pré-oviposição entre as temperaturas foram analisados por meio de GLM do tipo Poisson, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.4. Tabela de vida de *E. heros* em diferentes temperaturas criado em dieta natural e artificial

A partir dos dados de viabilidade (ovo e ninfal), duração (todos os estágios), período de pré-oviposição, oviposição diária por fêmea, mortalidade diária dos adultos (machos e fêmeas) e razão sexual, foram determinados os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *E. heros* nas duas dietas, para as sete temperaturas anteriormente mencionadas (Item 3.2), sendo eles a taxa líquida de reprodução (R_0), razão finita de aumento (λ), taxa intrínseca de crescimento (r_m) e o tempo médio de uma geração (T).

Para isso, foi utilizado o *software* TWOSEX-MSChart (Chi, 2019) para determinação dos parâmetros da tabela de vida. A comparação estatística dos valores entre as dietas foi feita por meio do teste Bootstrap, disponível no *software*.

3.5. Exigências higrométricas e biologia de *E. heros* criado em dieta natural e artificial

Para a avaliação da influência da umidade relativa do ar na fase imatura de *E. heros*, foram utilizadas quatro câmaras climatizadas ($T = 25^\circ\text{C}$; fotofase = 14h) reguladas a 30, 50, 70 e $90 \pm 10\%$, sendo cada UR correspondente a um tratamento.

Para cada tratamento, foram avaliados 150 ovos de *E. heros* de ambas as dietas, que foram distribuídos em 5 placas de Petri com 30 ovos cada. Para minimizar possíveis interferências e visando ao equilíbrio das umidades relativas do ar entre o

ambiente interno da placa e a câmara climatizada, foram feitas aberturas na parte superior da placa, recobrimo-as com tela antiáfideo de 0,87mm, permitindo a troca de ar entre os dois meios.

Durante a fase de ovo, não foram disponibilizados rolos dentais embebidos com água, para não haver interferência na UR no ambiente interno das placas. E, ao atingirem o primeiro ínstar, as ninfas foram retiradas das placas com um pincel fino, e transferidas para as gaiolas de polietileno transparente (10x10x6 cm), possuindo uma abertura na tampa recoberta com tela antiáfideo (0,87mm), contendo a fonte de água (rolo dental embebidos em água destilada) e as respectivas dietas. Não foi possível retirar totalmente a fonte de água para este experimento pois testes preliminares indicaram que a ausência de água impediu o desenvolvimento das populações, havendo mortalidade total das ninfas de primeiro ínstar.

Assim, a partir do primeiro ínstar, foram disponibilizadas 5 vagens-de-feijão, 12 grãos de amendoim dispostos sobre tampas de plástico, e a fonte de água para cada gaiola dos indivíduos da dieta natural. E, para a dieta artificial, foram oferecidos 6 cubos da dieta artificial, e a fonte de água. Os componentes da dieta natural foram repostos em intervalos de 5 dias e, os da artificial, semanalmente. Em ambas as dietas, a água foi adicionada diariamente, substituindo-se os rolos uma vez por semana.

Diariamente, foram contadas as ninfas mortas e as que avançaram de ínstar, bem como a eclosão e emergência. Os parâmetros biológicos avaliados foram a duração e a viabilidade da fase ninfal (detalhando o efeito por ínstar e no período total).

De maneira análoga ao descrito no Item 3.2., os dados obtidos foram analisados por GLM, sendo do tipo binomial para viabilidade, e do tipo Poisson para duração. Os resultados foram comparados entre as diferentes UR utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.6. Efeito de diferentes umidades relativas na fase adulta de *E. heros* criado em dietas natural e artificial

Após a emergência, foram formados casais com adultos de até 24h de idade, oriundos das ninfas do experimento anterior. Da mesma forma, cada casal foi individualizado na gaiola de copo plástico de 500ml invertido, encaixado sobre a

tampa, contendo a tira de tecido de algodão cru de coloração bege (3x9cm) fixada na parte superior do copo. Nessas gaiolas, entretanto, também foi feita uma abertura na parte superior, recobrendo-se o orifício com tela antiáfideo (0,87mm) para permitir o equilíbrio da umidade relativa do ar entre o interior do copo e o meio interno da câmara climatizada.

Dessa forma, foi disponibilizado um pedaço de vagem (4cm), 7 grãos de amendoim e um rolo dental embebido em água destilada para os casais da população mantida em dieta natural e, para os casais da dieta artificial, foram fornecidos 2 cubos (1x1x0,3 cm) de dieta, além de um rolo dental umedecido. A dieta natural oferecida aos adultos, como para as ninfas, foi substituída em intervalos de 5 dias, e a artificial, uma vez por semana. Os rolos com água também foram substituídos semanalmente.

Foram avaliadas a longevidade de machos e fêmeas, bem como a fecundidade e o período de pré-oviposição em cada dieta. Os adultos remanescentes (que não formaram casais) foram individualizados em copos para avaliação da longevidade.

De maneira semelhante ao Item 3.3, os dados foram analisados por meio de modelo GLM do tipo Poisson, e a comparação foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

3.7. Tabela de vida de *E. heros* em diferentes umidades relativas do ar criado em dieta natural e artificial

De maneira análoga ao que foi feito no Item 3.4., foram determinados os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *E. heros* para as duas dietas, nas diferentes UR dos experimentos anteriores (Itens 3.5 e 3.6). Para isso, foram considerados os dados referentes à viabilidade (ovo e ninfal), desenvolvimento, número de ovos por dia, longevidade dos adultos e razão sexual.

Da mesma forma, os dados foram analisados com o auxílio do *software* TWOSEX-MSChart (Chi, 2019) para determinação dos parâmetros da tabela de vida. As comparações estatísticas entre as dietas foram feitas pelo teste Bootstrap.

3.8. Zoneamento e ocorrência de *E. heros* baseado na tabela de vida de fertilidade

A partir de bases de dados de médias de temperatura de 296 locais (Nasa Power, 2018) e os valores da taxa líquida de reprodução (R_0) referentes a cada

temperatura e UR da população mantida em dieta natural, foi possível produzir mapas interpolados para os valores de R_0 .

Para a interpolação, utilizou-se a ferramenta ArcMap disponível no *software* ArcGis 10.3 (ESRI, 2014), que permitiu a elaboração dos mapas de distribuição da praga no Brasil com base em equações de distribuição de R_0 em função dos valores de temperatura e umidade.

Os dados obtidos de exigências térmicas e higrométricas do percevejo foram interpolados separadamente e em conjunto. em relação às temperaturas e umidades relativas médias, para avaliação dos efeitos isolado e em conjunto (combinação das equações individuais) das duas variáveis ambientais. Além dos mapas, um gráfico tridimensional foi construído com base nos dados de temperatura, UR e R_0 . A equação 1, conjunta, foi determinada como:

$$E_T + E_U + K, \quad (\text{eq. 1})$$

onde E_T é a equação correspondente à relação entre R_0 e a temperatura, E_U é a equação correspondente à relação entre R_0 e a umidade, e K é uma constante a ser definida. Os parâmetros das equações foram definidos utilizando o pacote *minpack.lm* do R *software* (R Development Core Team, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Exigências térmicas e biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) criado em dietas natural e artificial

A partir de um modelo linear, foi possível obter o coeficiente de determinação (R^2), e estimar a constante térmica (K), expressa em graus-dia (GD), e o limiar térmico inferior (T_b) para cada dieta. Os valores calculados para K e T_b , nas dietas natural e artificial, foram de 354,1 GD e 14,10°C, e 358,24 GD e 14,56°C, respectivamente (Figura 1).

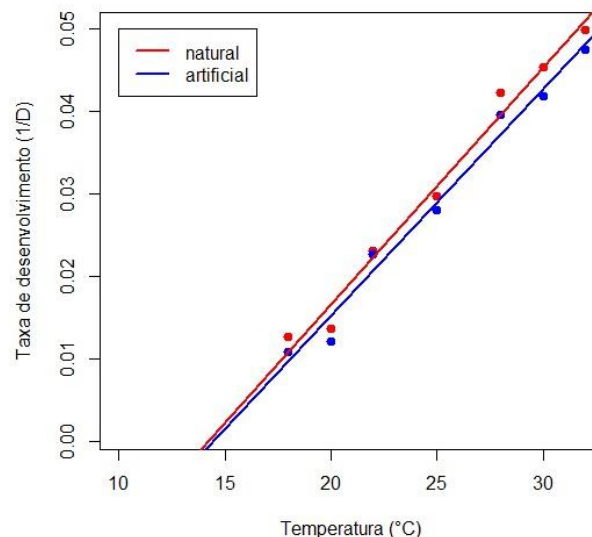


Figura. 1: Taxa de desenvolvimento de *E. heros* criado em dietas natural e artificial em diferentes temperaturas (UR=60±10%; fotofase 14h).

Os resultados foram próximos aos encontrados por Cividanes e Parra (1994) que, ao avaliar a biologia de *E. heros* em dieta natural (composta por vagem-de-feijão, grãos de soja e amendoim), determinaram um limiar térmico inferior de 14,2°C e constante térmica igual a 327,8 GD. Foi observado que, tanto para a dieta artificial quanto para a natural, a temperatura influenciou significativamente a duração do desenvolvimento de cada estágio, e da fase imatura como um todo (Tabela 2).

Em relação à comparação entre as dietas, a fase de ovo foi igual entre as duas dietas para quase todas as temperaturas analisadas, exceto 20 e 22°C (Tabela 2). Também foi possível observar que houve diferença na duração média de cada ínstar

do período imaturo em relação às dietas. Nos ínstaes iniciais, a população da dieta artificial, de maneira geral, apresentou menor duração nas diferentes temperaturas avaliadas.

Já nos ínstaes finais, e principalmente nas ninfas de quinto ínstar, todos os indivíduos criados em dieta artificial tiveram uma duração maior do ínstar, exceto a 32°C (temperatura na qual poucos indivíduos chegaram à fase adulta). O período ovo-adulto da população em dieta artificial foi maior a 18, 20, 25, 28 e 30°C.

Os resultados corroboram com os publicados por Bortolotto et al. (2012), que observaram uma diminuição da duração do período ninfal com o aumento da temperatura, oferecendo dieta natural composta por ligustro, vagem, amendoim e grãos de soja. Os autores ainda relataram que o maior período ninfal foi na menor temperatura avaliada (19°C), com elevada mortalidade, padrão que se manteve nos dados coletados na temperatura de 18°C na presente pesquisa.

Com o objetivo de testar três dietas artificiais para *E. heros*, Fortes et al. (2006) determinaram que o período entre o 2° ínstar e a emergência foi cerca de 26 dias a 25°C em todas as dietas testadas, resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho para a referida temperatura.

A viabilidade da fase de ovo foi igual ou maior na dieta artificial em relação à natural. Da mesma forma, a viabilidade de cada ínstar foi igual ou superior na população mantida em dieta artificial (Tabela 3).

Ao analisar o comportamento dos dados entre as dietas, é possível observar que no segundo ínstar, a população mantida em dieta artificial teve valores de viabilidade superior a 90% entre 22°C e 30°C, estatisticamente maiores do que os observados nos indivíduos da dieta natural. O mesmo padrão é observado na viabilidade das ninfas de 3° ínstar.

Considerando-se o período ovo-adulto, a viabilidade total foi maior na dieta artificial a 22, 25, 28, 30 e 32°C, obtendo-se valores superiores a 70%. Para a dieta natural, o maior valor de viabilidade total foi de 46%, observado na temperatura de 25°C. Essa diferença na viabilidade do período imaturo do percevejo-marrom entre as dietas se deu à maior mortalidade na dieta natural, sobretudo nas ninfas de segundo e terceiro ínstaes.

Tabela 2. Duração (dias) da fase imatura de *Euschistus heros* criado em dieta natural e artificial (UR = 60±10%; fotofase 14h).

T (°C)	Ninfas												Ovo-adulto	
	Ovo		1º		2º		3º		4º		5º		D. natural	D. artificial
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
18	14,2±0,09 aA	14,4±0,1 aA	9,2±0,07 aA	9,05±0,05 aA	13,2±0,45 aB	15,4±0,17 aA	12,2±0,42 aA	13,0±0,22 aA	13,2±0,3 aB	17,3±0,74 aA	22,1±0,42 aB	32,5±1,97 aA	78,8±0,82 aB	92,6±2,25 aA
20	12,6±0,06 bB	13,0±0,05 bA	7,45±0,05 bA	7,5±0,05 bA	15,45±0,65 bA	14,1±0,57 bA	10,08±0,23 aB	13,64±0,57 aA	11,82±0,39 aB	13,76±0,41 bA	19,05±0,17 bB	24,93±0,96 bA	73,07±0,9 bB	82,24±1,32 bA
22	8,12±0,03 cA	8,01±0,02 cB	4,23±0,04 cA	4,08±0,02 cB	8,81±0,23 cA	7,27±0,06 cB	6,79±0,23 bA	6,32±0,05 bB	6,22±0,08 bB	7,22±0,09 cA	10,74±0,31 cB	11,51±0,13 cA	43,41±0,59 cA	44,09±0,24 cA
25	6,02±0,01 dA	6,0±0,00 dA	2,65±0,04 dA	2,56±0,04 dA	5,95±0,06 dA	4,98±0,01 dB	4,96±0,24 cA	4,65±0,07 cA	6,06±0,26 bB	7,64±0,21 cA	9,32±0,25 dB	10,32±0,14 dA	33,64±0,53 dB	35,68±0,34 dA
28	4,9±0,04 eA	4,84±0,04 eA	1,98±0,01 eB	2,12±0,03 eFA	4,23±0,06 eA	3,75±0,04 eB	3,67±0,17 dA	2,98±0,04 dB	4,3±0,2 cA	4,3±0,06 dA	5,79±0,09 eB	7,54±0,09 eA	23,66±0,22 eB	25,3±0,15 eA
30	4,19±0,04 fA	4,15±0,04 fA	2,25±0,04 fA	2,22±0,04 eA	4,19±0,10 eA	3,38±0,04 eB	3,36±0,17 dA	3,12±0,06 dA	4,17±0,33 cA	4,11±0,08 dA	5,49±0,12 eB	6,84±0,08 fA	22,03±0,37 eFB	23,9±0,16 fA
32	4,04±0,02 gA	4,10±0,03 fA	2,00±0 eA	2,00±0 fA	3,15±0,13 eA	3,69±0,17 eA	2,69±0,13 dB	3,00±0,07 dA	3,67±0,29 cA	3,7±0,09 dA	5,38±0,19 eA	5,15±0,07 gA	20,5±0,5 fA	21,04±0,16 gA

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) **letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas

Tabela 3. Viabilidade (%) da fase imatura de *Euschistus heros* criado em dieta natural e artificial (UR = 60±10%; fotofase 14h).

T (°C)	Ninfas												Ovo-adulto	
	Ovo		1º		2º		3º		4º		5º		D. natural	D. artificial
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
18	80,7±5,2 aB	94,0±3,0 aA	86,8±7,1 aA	90,0±1,8 aA	62,8±5,5 aB	64,9±4,6 cA	79,6±1,4 aA	81,4±3,0 aA	85,6±3,8 aA	72,2±6,3 dA	81,2±6,7 aA	27,4±2,4 dB	24,0±3,0 bA	8,6±0,6 cB
20	81,3±5,2 aA	87,3±2,4 aA	89,1±2,1 aA	86,9±2,2 aA	51,4±1,2 bA	66,4±1,1 bC	85,6±8,9 aA	77,9±1,2 aA	92,7±3,6 aA	83,2±1,0 cDB	93,2±3,6 aA	79,8±3,0 cB	28,7±9,3 bA	27,3±8,8 bA
22	88,0±3,4 aB	95,3±1,3 aA	86,8±4,4 aA	94,5±2,4 aA	64,0±4,8 aBB	92,6±0,8 aA	60,2±10,1 aB	98,3±1,6 aA	92,5±1,8 aB	97,6±0,09 bA	91,9±4,2 aA	97,6±2,3 bA	25,3±5,8 bB	78,0±2,3 aA
25	90,7±1,3 aA	91,3±4,0 aA	94,9±2,6 aA	97,8±0,09 aA	72,7±9,0 aBB	96,2±0,7 aA	80,8±8,5 aA	98,5±1,5 aA	93,5±0,3 aA	96,2±1,3 bA	93,2±4,1 aA	95,1±0,1 bA	46,0±11,1 aB	77,3±2,9 aA
28	89,3±6,6 aA	95,3±0,6 aA	95,8±3,2 aA	93,7±1,2 aA	87,6±1,3 aB	98,5±0,7 aA	63,5±9,0 aB	96,9±2,0 aA	82,6±6,2 aA	95,4±3,4 bC	83,9±3,7 aB	96,0±1,4 bA	35,3±11,6 aBB	78,0±2,0 aA
30	88,7±5,4 aA	94,7±2,4 aA	94,0±0,4 aA	90,5±8,5 aA	59,4±9,9 aBB	90,0±5,6 aB	54,5±10,6 aB	97,7±1,3 aA	90,7±9,2 aA	98,4±0,7 bA	95,6±2,2 aA	98,3±1,7 bA	23,3±6,3 bB	72,7±8,1 aA
32	69,3±2,9 aB	87,3±2,6 aA	33,3±6,3 bA	40,5±1,3 bA	50,8±1,3 aB	58,4±1,1 bC	74,6±5,7 aA	83,0±8,5 aA	71,1±10,6 aB	100,0±0,0 aA	85,0±7,6 aB	100,0±0,0 aA	5,3±1,7 cB	18,0±8,3 bC

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) **letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas

De maneira geral, a viabilidade do período imaturo foi maior na dieta artificial (embora também tenha apresentado maior duração, na maioria das temperaturas testadas). Estes resultados diferem daqueles referidos por Fortes et al. (2006) onde os autores, ao compararem três dietas artificiais com a natural (composta por vagem fresca, grãos de soja e amendoim), obtiveram valores equivalentes de viabilidade do ciclo ninfal (2° ínstar até a emergência) entre as dietas, não havendo diferença ao longo do ciclo.

A duração e a viabilidade do período ovo-adulto são parâmetros biológicos que podem estimar a adaptabilidade de uma espécie a uma determinada dieta, assim como mostram Azambuja et al. (2013) onde, avaliando a duração e viabilidade de *E. heros* do segundo ínstar à emergência em diferentes dietas naturais, mostraram que, nas dietas mais adequadas, a espécie tende a ter menor duração e maior viabilidade do período ninfal.

Os autores ainda descrevem que, quando mantidas em sementes de algodão (dieta oferecida com menor viabilidade do ciclo), ninfas de quarto e quinto ínstar apresentaram maior duração em relação às que foram oferecidas a dieta padrão (ligustro, vagem-de-feijão e amendoim). E, ao avaliar a viabilidade do período ninfal, a dieta padrão apresentou viabilidade média de 57%, números próximos aos obtidos neste trabalho para a dieta natural.

4.2. Efeito de diferentes temperaturas na fase adulta de *E. heros* criado em dietas natural e artificial

Em ambas as dietas, não foram obtidos ovos na temperatura de 18°C. A partir desse índice, foi observado que o aumento da fertilidade na dieta natural é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, exceto para os tratamentos de 32°C, onde houve baixa emergência.

Já na dieta artificial, as temperaturas de 28 e 30°C apresentaram maior fecundidade, equivalentes aos observados nos respectivos tratamentos da dieta natural (Tabela 4). Somente a 25°C a fertilidade das fêmeas na dieta artificial foi menor em relação à natural, porém não diferenciou significativamente entre as temperaturas de 22, 28 e 30°C. Logo, na faixa térmica de 22 a 30°C, a fertilidade não diferencia entre as temperaturas analisando cada dieta.

Para o período de pré-oviposição, foi observado que o maior valor foi para a menor temperatura, sendo inversamente proporcional com o aumento da temperatura. Esses valores diferem dos encontrados por Cividanes e Parra (1994), que não identificaram diferenças entre as temperaturas avaliadas (22 a 30°C). Entretanto, os autores registraram valores semelhantes para fecundidade, sendo o maior valor encontrado para a temperatura de 28°C, corroborando com o encontrado no presente trabalho.

Tabela 4. Período de pré-oviposição, fecundidade e razão sexual de *E. heros* criado em sete temperaturas, mantido em dietas natural e artificial (UR = 60±10%; fotofase 14h).

T (°C)	Pré-oviposição (dias)		Fecundidade		Razão Sexual	
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
18	-	-	-	-	0,51±0,04 abB	0,92±0,08 aA
20	22,5±0,5 aA	19,0±3,6 aA	2,67±2,32 bA	7,5±4,53 cA	0,7±0,02 aA	0,57±0,09 abA
22	10,5±0,37 bB	12,4±0,33 bA	159,0±37,1 aA	201,0±28,8 aA	0,65±0,01 aA	0,51±0,03 bB
25	8,08±0,3 cA	10,0±0,71 cA	257,0±30,6 aA	163,0±21,7 abB	0,45±0,06 bA	0,53±0,01 bA
28	7,18±0,54 cdA	6,81±0,15 dA	296,0±56,4 aA	216,0±21,7 aA	0,59±0,01 abA	0,52±0,02 bB
30	6,25±0,43 dA	6,86±0,15 dA	300,0±73,6 aA	214,0±26,5 aA	0,47±0,07 abA	0,46±0,005 bA
32	-	6,18±0,3 d	-	77,1±11,8 b	-	0,48±0,11 b

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) ** letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas.

Quando mantidas a 18°C, as ninfas criadas em dieta artificial apresentaram baixa viabilidade. Portanto, o valor de razão sexual observado neste tratamento corresponde a um número baixo de adultos obtidos (devido à alta mortalidade ninfal), o que diminui a precisão dos resultados. Dessa forma, embora haja um alto valor para a razão sexual, não há um número amostral significativo para determinação dessa média.

Para ambas as dietas, os valores de fecundidade foram maiores em relação aos publicados por Costa et al. (1998) cujos autores, avaliando a biologia de *E. heros* a 25±1°C em dieta natural (vagem-de-feijão, amendoim e grãos de soja), obtiveram em média 130 ovos por fêmea. Essa diferença pode estar relacionada, além do número de acasalamentos, ao tipo de fornecimento de água para os indivíduos durante a fase adulta.

Por outro lado, ao avaliar o efeito de diferentes temperaturas no desenvolvimento de *E. heros* por três gerações, Barrufaldi (2015) obteve valores de fecundidade superiores a 300 ovos/fêmea quando avaliadas a 25°C, oferecendo como dieta ligustro, vagem-de-feijão, amendoim e grãos de soja. As diferenças entre os autores pode estar, portanto, na metodologia de manutenção das populações em laboratório, ou também influenciadas pela população estudada.

A 20°C, as fêmeas criadas em dieta artificial apresentaram uma maior longevidade em relação à natural, entretanto, não significa em aumento na taxa de oviposição (Tabela 5). De maneira análoga, os machos mantidos em dieta artificial apresentaram maior longevidade em relação aos da dieta natural, mas sem interferir na fecundidade ou longevidade das respectivas fêmeas. Para a temperatura de 18°C, não foi possível formar casais da dieta artificial devido à alta mortalidade das ninfas de quinto ínstar. Da mesma forma não foi possível obter casais da dieta natural a 32°C devido à baixa viabilidade do período ovo-adulto.

Tabela 5. Longevidade de *E. heros* criado em sete temperaturas mantido em dietas natural e artificial (UR = 60±10%; fotofase 14h).

T (°C)	Longevidade (dias)			
	Machos		Fêmeas	
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
18	53,7±8,65 ab	-	54,6 ± 9,51 a	-
20	69,1±12,7 abA	75,2±6,21 abA	49,8±8,65 aB	81,0±8,81 aA
22	80,5±10,9 aA	91,2±9,97 aA	40,6±7,88 aA	62,0±6,23 abA
25	62,9±7,08 abA	48,2±7,20 bcA	49,5±5,81 aA	63,1±8,34 abA
28	59,8±8,22 abA	47,2±5,94 bcA	44,0±5,67 aA	46,4±5,22 bcA
30	31,0±9,24 bB	53,7±5,85 bA	51,4±11,1 aA	40,3±4,50 bcA
32	-	22,5±2,73 c	-	23,6±2,76 c

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) ** letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas.

É importante salientar que na temperatura de 18°C em dieta natural, mesmo as fêmeas não apresentando oviposição, foi observada que a longevidade desse tratamento não diferiu significativamente dentre as demais temperaturas. Isso significa que, mesmo que a população não se mantenha nessa condição térmica ao longo das

gerações, os adultos ainda sobrevivem, o que em campo significaria em danos diretos às vagens e grãos de soja. Ao considerar a fenologia da soja, a fase reprodutiva coincide com o final do período imaturo do percevejo-marrom onde, em baixas temperaturas, mesmo que a espécie não seja capaz de se estabelecer no campo, os adultos ainda podem causar danos significativos às plantas, que estarão no estágio reprodutivo de formação das vagens ou enchimento de grãos.

4.3. Tabela de vida de *E. heros* em diferentes temperaturas criado em dieta natural e artificial

De acordo com os parâmetros da tabela de vida de fertilidade em diferentes temperaturas, foi possível observar que a população mantida em dieta artificial apresentou melhor desempenho reprodutivo em relação a natural quando mantidas a 20, 22, 28 e 30°C (Tabela 6). Em relação ao R_0 (número de vezes que a população aumenta a cada geração), não houve diferença entre as dietas a 20 e 28°C, ainda que as médias sejam maiores para a dieta artificial. A 25°C, não houve diferença entre as dietas, para todos os parâmetros avaliados.

Na prática, os resultados mostraram que, em uma criação em larga escala, variações de temperatura no ambiente de criação (na faixa térmica de 22 a 30°C) tendem a ter menos efeito na população mantida em dieta artificial em relação à natural. Na temperatura de 20°C, as fêmeas apresentaram baixa fertilidade e, devido ao número reduzido de ovos, com crescimento negativo em ambas as dietas avaliadas, não sendo possível estabelecer criações massais nessa condição.

Nas condições do experimento, não foi possível determinar o limiar térmico superior pois, na maior temperatura avaliada (32°C), observou-se que a espécie ainda manteve crescimento positivo em ambas as dietas, mesmo com valores baixos.

Tabela 6. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *E. heros* em seis temperaturas, mantido em dietas natural e artificial (UR = 60±10°C; fotofase 14h).

T (°C)	λ		r_m		R_0		T	
	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial
20	0,984±0,0015 b	0,990±0,0015 a	-0,015±0,0015 b	-0,0094±0,0015 a	0,186±0,031 a	0,306±0,059 a	107,94±0,87 b	126,71±1,53 a
22	1,051±0,0031 b	1,063±0,0015 a	0,0497±0,0029 b	0,0616±0,0014 a	25,4±4,62 b	90,5±8,99 a	64,80±16,19 b	72,99±0,29 a
25	1,076±0,0034 a	1,078±0,0022 a	0,0738±0,0032 a	0,0752±0,0020 a	50,3±7,82 a	59,9±6,01 a	52,93±0,52 b	54,32±0,42 a
28	1,100±0,0050 b	1,114±0,0029 a	0,095±0,0046 b	0,108±0,0026 a	72,9±12,67 a	102,0±10,01 a	44,82±0,43 a	42,50±0,23 b
30	1,090±0,0067 b	1,116±0,0036 a	0,0864±0,0062 b	0,109±0,0032 a	38,7±8,58 b	68,9±7,93 a	42,04±0,63 a	38,47±0,22 b
32	1,055±0,0144 a	1,058±0,0094 a	0,054±0,0137 a	0,0571±0,009 a	5,8±2,17 a	7,1±1,99 a	31,21±0,44 b	33,82±0,25 a

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap ** letras representam comparação entre dietas

4.4. Exigências higrométricas e biologia de *E. heros* criado em dieta natural e artificial

A UR interferiu no período ovo-adulto de *E. heros* criado em ambas as dietas, onde a menor duração foi encontrada na população mantida a 90% (Tabela 7). Nas dietas natural e artificial, o maior período imaturo foi observado na UR de 50%, seguido do tratamento de 70%. Em ambas as dietas, não foi possível avaliar o desenvolvimento na UR de 30% devido à baixa viabilidade dos ovos e alta mortalidade encontrada nas ninfas de primeiro ínstar.

Foi possível observar que nas UR de 70 e 90%, o percevejo-marrom apresentou menor duração para a fase de ovo e nos ínstaes iniciais. Na UR de 50%, a espécie apresentou maior duração em todos os ínstaes e na fase de ovo.

Não foi possível determinar a duração do período ovo-adulto da espécie na UR de 30% uma vez que, na fase de ovo, a espécie apresentou baixa eclosão ($\leq 10\%$) para ambas as dietas, havendo um pequeno número de indivíduos para avaliar a duração dos ínstaes.

Para todas as UR avaliadas, a população mantida em dieta artificial apresentou maior duração do ciclo em relação à mantida em dieta natural, tendo em média dois dias a mais a 70 e 90%, e seis dias a mais a 50%.

Resultados semelhantes foram encontrados por Muli et al. (2011) onde, ao estudar a interferência da combinação de diferentes temperaturas e UR no período imaturo de *Mussidia fiorii* (Cecconi & de Joannis, 1911) (Lepidoptera: Pyralidae), concluíram que a espécie apresentou maior duração do ciclo na menor UR avaliada ($45\pm 5\%$) para todas as temperaturas testadas. Isso indica que UR abaixo de 60% tende a aumentar a duração do ciclo em algumas espécies, evidenciando uma possível inadequação a esta condição de umidade.

Em relação à viabilidade, foi observada pouca diferença entre as dietas em relação aos ínstaes, exceto a 70 e 90%, onde a população mantida na dieta artificial apresentou maior viabilidade na eclosão (Tabela 8).

Os valores de viabilidade corroboram os resultados obtidos por Muli et al. (2011), onde os autores, além de identificarem uma menor duração da fase de ovo em condição de alta umidade ($\geq 60\%$), observaram maiores valores para viabilidade da eclosão.

Tabela 7. Duração (dias) da fase imatura de *Euschistus heros* criado em dieta natural e artificial (T=25±1°C; fotofase 14h).

UR (%)	Ovo		Ninfas																			
			1º				2º				3º				4º				5º			
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial				
30	7,0±0,00 aA	7,36±0,13 aA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
50	7,03±0,07 aA	7,0±0,00 bA	5,52±0,1 aA	5,24±0,1 aA	6,18±0,15 aB	7,5±0,39 aA	5,15±0,19 aB	6,48±0,39 aA	7,09±0,16 aA	8,26±0,6 aA	9,1±0,27 aB	13,8±0,91 aA	39,2±0,53 aB	45,1±1,54 aA								
70	6,02±0,01 bA	6,0±0,00 cA	3,33±0,05 cA	3,13±0,03 cB	5,68±0,09 aA	5,3±0,09 bB	4,91±0,19 aB	5,66±0,17 bA	5,55±0,16 bB	7,05±0,36 aA	8,02±0,12 bB	9,78±0,32 bA	32,4±0,39 bB	35,8±0,64 bA								
90	6,04±0,01 bA	6,02±0,01 cA	3,67±0,04 bB	4,0±0,02 bA	6,02±0,17 aA	5,03±0,09 bB	4,79±0,12 aB	5,07±0,06 cA	6,26±0,15 aA	5,99±0,13 bA	8,9±0,14 aB	9,29±0,11 bA	27,9±0,31 cB	28,8±0,26 cA								

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) **letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas

Tabela 8. Viabilidade (%) da fase imatura de *Euschistus heros* criado em dieta natural e artificial (T=25±1°C; fotofase 14h).

UR (%)	Ovo		Ninfas																			
			1º				2º				3º				4º				5º			
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial				
30	4,0±2,6 cA	9,3±1,2 cA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
50	20,0±3,5 bA	27,3±4,9 bA	73,7±6,0 bA	86,2±9,3 aA	82,7±7,5 bA	65,6±6,0 bA	80,0±13,3 aA	83,7±4,3 abA	80,0±9,3 bA	70,8±18,7 aA	93,3±6,7 aA	85,2±5,4 bA	6,67±1,5 bA	10,0±3,3 cA								
70	65,3±3,7 aB	86,7±3,8 aA	87,9±2,4 abA	91,4±2,4 aA	78,3±3,8 bA	65,0±6,7 bA	83,0±3,4 aA	80,0±4,2 bA	93,3±2,8 abA	91,1±3,0 aA	97,1±2,9 aA	96,3±2,3 abA	34,7±5,0 aA	36,0±4,6 bA								
90	66,7±7,7 aB	88,7±0,8 aA	91,6±3,7 aA	91,7±1,4 aA	92,9±1,4 aA	91,1±2,7 aA	84,5±6,7 aA	93,5±3,2 aA	97,6±2,3 aA	96,0±2,0 aA	86,1±3,6 aA	97,8±1,4 aA	40,7±6,5 aB	65,3±4,3 aA								

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) **letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas

De maneira análoga, ao avaliar a eclosão de *Rhodnius robustus* (Larrousse, 1927) (Hemiptera: Reduviidae) em três condições de UR (20, 40 e 75%), Brito et al. (2019) determinaram que a viabilidade dos ovos é comprometida quando mantidos a 20 ou 40% de UR (obtendo taxas de eclosão inferior a 20%).

Da mesma forma, não foi possível determinar a viabilidade do período ovo-adulto dos indivíduos mantidos a 30% devido à baixa eclosão. Todavia, foi possível observar que essa UR é inadequada para *E. heros* independentemente da dieta em que foi mantido.

Considerando-se o período ovo-adulto como um todo, os indivíduos mantidos a 90% de UR em dieta artificial apresentaram maior viabilidade (65% em média) em relação à população mantida em dieta natural (40,7%) (Tabela 8).

Na UR de 50%, o percevejo-marrom apresentou baixa viabilidade na fase de ovo e nos ínstaras iniciais independentemente da dieta em que foi mantido. A partir do terceiro ínstar, a espécie apresentou viabilidade superior a 70% em todos os ínstaras para ambas as dietas.

Essa inadequação da fase inicial do desenvolvimento de insetos em ambientes de baixa UR pode ser explicada pela maior susceptibilidade à desidratação, devido a altas taxas de transpiração que esses indivíduos possuem nessa condição. Ao estimar a perda de água de *Cimex lectularius* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Cimicidae) ao longo de seu desenvolvimento, Benoit et al. (2007) concluíram que ninfas de primeiro e segundo ínstar foram as que apresentaram menor valor de massa de água (em mg), e também as mais afetadas pela desidratação, apresentando as maiores taxas de transpiração. Dessa forma, os autores indicaram que ínstaras iniciais são mais susceptíveis às baixas UR por possuírem maior taxa de transpiração, fator esse que pode corroborar com a baixa viabilidade observada nos tratamentos de 30 e 50%.

Durante o experimento, foi possível observar que, ao substituir a fonte de água nas gaiolas, algumas ninfas apresentaram comportamento gregário sobre o algodão e, ao projetar o aparelho bucal na superfície, evidencia-se a ingestão de água. Tal comportamento de busca foi verificado, sobretudo, nas ninfas de segundo ínstar da dieta artificial. Além disso, no início do experimento de exigências higrométricas, todas as ninfas de primeiro ínstar morreram, independentemente da UR ou dieta na ausência completa de fonte de água. Dessa forma, é possível verificar que a disponibilidade de água interfere diretamente na viabilidade da população criada em laboratório, sobretudo na dieta artificial, visto que os algodões embebidos foram a

única fonte de água disponível para esta população. Estudos posteriores serão necessários para verificar quais mecanismos interferem na ingestão de água de *E. heros* quando criados em dieta artificial, para otimização de sua criação em larga escala, e qual a melhor metodologia de disponibilizar água para a espécie.

4.5. Efeito de diferentes umidades relativas na fase adulta de *E. heros* criado em dietas natural e artificial

Os resultados mostraram que fêmeas de *E. heros* não possuem diferenças no período de pré-oviposição em relação às duas dietas testadas. Na UR de 50%, no entanto, fêmeas mantidas em dieta artificial apresentaram maior duração do período. Já na dieta natural, os valores não diferiram entre os tratamentos (Tabela 9).

Em relação à fecundidade, não houve diferenças significativas entre dietas e UR, exceto a 70%, onde as fêmeas mantidas em dieta natural apresentaram maior número médio de ovos em relação à dieta artificial. Todavia, não houve diferença considerando os valores de fecundidade obtidos nas três UR da população mantida em dieta artificial, podendo este efeito estar atrelado a alguma inadequação da metodologia empregada, ou a uma maior manutenção da umidade relativa no interior das gaiolas da população mantida em dieta natural, visto que a transpiração das vagens pode ter interferido na UR interna.

Dentre todos os tratamentos, não foram observadas diferenças nos valores referentes à razão sexual, sendo possível concluir que populações de *E. heros* apresentaram o mesmo valor para razão sexual, independentemente da dieta ou da UR em que são mantidos.

Tabela 9. Período de pré-oviposição, fecundidade e razão sexual de *E. heros* criado em três UR (%), mantido em dietas natural e artificial (T = 25±1°C; fotofase 14h).

UR (%)	Pré-oviposição (dias)		Fecundidade		Razão sexual	
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
50	11,3±0,9 aA	11,0±0,7 aA	258,0±31,1 aA	214,0±32,6 aA	0,58±0,13 aA	0,4±0,13 aA
70	8,41±0,43 aA	8,72±0,39 bA	301,0±22,9 aA	225,0±23,0 aB	0,53±0,1 aA	0,49±0,1 aA
90	10,6±1,27 aA	8,81±0,3 bA	309,0±39,0 aA	289,0±26,9 aA	0,5±0,03 aA	0,5±0,07 aA

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) ** letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas.

Dentre as três UR estudadas, machos mantidos em dieta natural a 70 e 90% tiveram menor longevidade em relação aos machos alimentados com a dieta artificial (Tabela 10). A 50%, os machos da dieta artificial apresentaram um valor numérico inferior ao observado nos que foram mantidos em dieta natural, porém não diferiram estatisticamente devido à alta variabilidade observado nos dados dos indivíduos da dieta artificial.

Tabela 10. Longevidade de *E. heros* criado em três UR (%) mantido em dietas natural e artificial (T = 25±1°C; fotofase 14h).

UR (%)	Longevidade			
	Machos		Fêmeas	
	D. natural	D. artificial	D. natural	D. artificial
50	96,00±7,59 aA	56,90±19,60 aA	63,80±14,10 aA	53,00±10,40 aA
70	53,60±6,40 bA	59,20±5,89 aA	49,90±5,07 aA	51,70±5,79 aA
90	56,00±5,87 bA	66,30±5,92 aA	53,70±5,63 aA	65,30±4,69 aA

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05) ** letras minúsculas representam comparação entre tratamentos e, letras maiúsculas, entre dietas.

Em relação à longevidade das fêmeas, da mesma forma como na razão sexual, não houve diferenças significativas em relação à UR avaliada ou às dietas. Dentre todas as UR testadas, foi possível observar que praticamente não houve interferência nas características biológicas dos adultos, sobretudo em relação à longevidade das fêmeas e à fecundidade. E, por não haver diferença desses parâmetros entre as duas dietas, é possível inferir que a dieta artificial liofilizada oferece condições nutricionais semelhantes à dieta natural utilizada, sendo um ponto positivo para a viabilização de seu uso em criações massais de *E. heros*.

4.6. Tabela de vida de *E. heros* em diferentes umidades relativas do ar criado em dieta natural e artificial

Da mesma forma como exposto no Item 4.5, não foi possível determinar os parâmetros da tabela de vida de fertilidade para o tratamento correspondente à UR de 30%, uma vez que não foram obtidos indivíduos suficientes para a análise dos dados.

Tabela 11. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *E. heros* em três UR, mantido em dietas natural e artificial (T = 25±1°C; fotofase 14h).

UR (%)	λ		r_m		R_0		T	
	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial	D. Natural	D. Artificial
50	1,023±0,008 a	1,023±0,007 a	0,0231±0,008 a	0,0230±0,007 a	5,15±2,81 a	5,70±2,83 a	70,92±2,55 a	75,65±5,09 a
70	1,065±0,005 a	1,059±0,005 a	0,0636±0,004 a	0,057±0,004 a	34,09±8,14 a	27,00±6,52 a	55,45±1,08 a	56,97±2,03 a
90	1,068±0,004 a	1,070±0,003 a	0,0665±0,003 a	0,678±0,003 a	51,45±11,28 a	57,82±10,76 a	59,18±1,29 a	59,77±1,01 a

* médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap ** letras representam comparação entre dietas

De acordo com os dados obtidos (Tabela 11), foi possível determinar que não houve diferença entre os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *E. heros*, independentemente da dieta em que foi mantido, dentre as UR testadas.

O experimento visando à determinação da interferência da UR na fase adulta de *E. heros* foi realizado com indivíduos que foram mantidos desde a fase de ovo nos respectivos tratamentos. Assim, os adultos utilizados para a determinação dos parâmetros da tabela de vida estavam desde o período embrionário sob efeito da UR, que por sua vez, teve maior efeito na viabilidade da fase de ovo (Tabela 8).

A partir do primeiro ínstar, as populações mantidas tanto em dieta natural como artificial apresentaram alta viabilidade ($\geq 70\%$) em praticamente todos os ínstaes e, mesmo a 50% de UR (onde a viabilidade dos ovos não passou de 30%), os adultos tiveram uma capacidade reprodutiva semelhante aos dos tratamentos de 70 e 90%. Dessa forma, foi possível observar que a interferência da UR, independentemente da dieta em que o percevejo-marrom foi mantido, se dá pela inviabilização dos ovos por meio da desidratação quando mantidos em condições abaixo de 50%, e não por um efeito negativo na capacidade reprodutiva dos adultos (que foi pouco afetada pela UR).

4.7. Zoneamento e ocorrência de *E. heros* baseado na tabela de vida de fertilidade

Para a determinação do zoneamento de *E. heros*, foi utilizado como base o parâmetro R_0 da tabela de vida de fertilidade (Tabelas 6 e 11). Devido ao fato dos valores de R_0 terem sido semelhantes entre as duas dietas (tanto para temperatura como para UR), considerou-se os dados referentes à população da dieta natural para elaboração dos gráficos e composição dos mapas.

Para isso, foram ajustados modelos matemáticos para relacionar a influência dos fatores abióticos testados com R_0 . Para os valores de temperatura, foi utilizado um modelo gaussiano para estabelecer essa relação (Figura 2), que melhor se ajustou aos dados obtidos no experimento (Item 4.3).

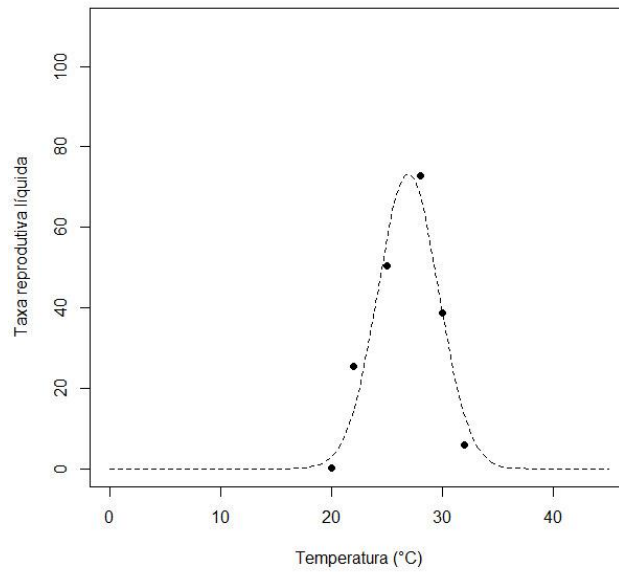


Figura 2. Gráfico da curva gaussiana da taxa líquida reprodutiva (R_0) de *E. heros* em relação à temperatura.

Utilizando essa função, os valores de R_0 foram estimados a partir dos dados de normais climatológicas de estações meteorológicas espalhadas em 296 pontos do país (Nasa Power, 2018), a partir dos quais foi possível obter um mapa interpolado de distribuição da praga levando em consideração a temperatura (Figura 3).

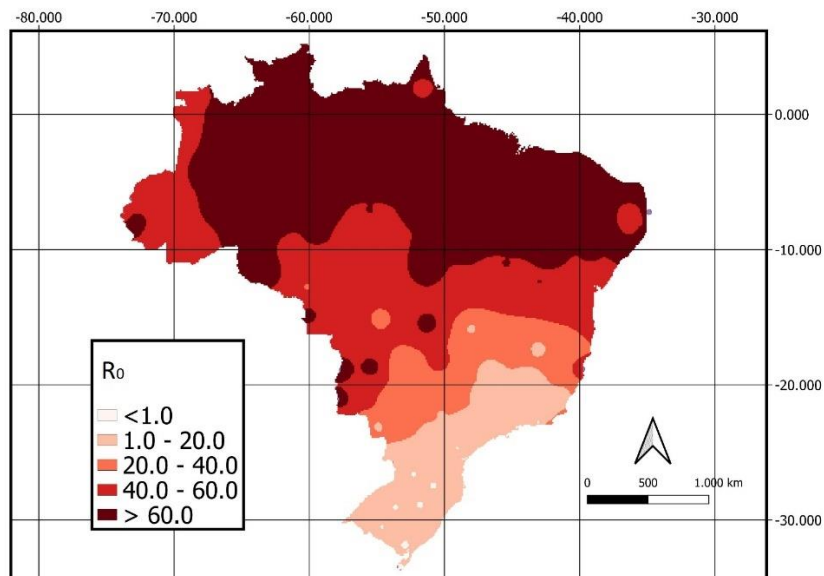


Figura 3. Mapa da distribuição de *E. heros* no Brasil, utilizando-se dados de temperatura interpolados com a taxa líquida reprodutiva (R_0).

A partir da análise do mapa de temperatura (Figura 3), é possível inferir que as regiões mais propensas ao ataque e estabelecimento de *E. heros* situam-se basicamente na região Norte e Nordeste do país ($R_0 \geq 60$). Com o aumento da latitude, há diminuição da probabilidade de estabelecimento da espécie, visto que as temperaturas médias tendem a ser menores.

Considerando-se o mapa (Figura 3), nas áreas produtoras da região Centro-Oeste (onde se situa o estado de Mato Grosso, responsável pela maior produção nacional do grão), há maior probabilidade de estabelecimento da praga, ainda com altos valores para R_0 ($R_0 \geq 40$). Já para a região Sul (onde se encontram Paraná e Rio Grande do Sul, segundo e terceiro estados mais produtores), o estabelecimento da praga pode ser dificultado devido às baixas temperaturas.

Resultados semelhantes foram publicados por Chevarria et al. (2012) onde, considerando resultados de temperatura base e constante térmica de *E. heros* disponíveis na literatura, propuseram um cenário atual e futuro sobre a possibilidade de infestação do percevejo para a região Sul do país. Os autores, ao estimar o potencial de estabelecimento dentre os meses do ano, concluíram que no verão (de dezembro a março) há alta probabilidade de infestação e, conseqüentemente, maiores danos à cultura. No período entre os meses de abril a setembro o risco de infestação mostrou-se baixo, visto que as temperaturas médias registradas são, em média, menores ou iguais a 20°C.

Em relação à UR, foi possível ajustar um modelo linear aos pontos referentes aos valores de R_0 (Figura 4). A partir da análise do gráfico, é possível inferir que a umidade de 40% é o limite para o estabelecimento da praga em campo, sendo o aumento da UR diretamente proporcional à probabilidade de ataque da praga.

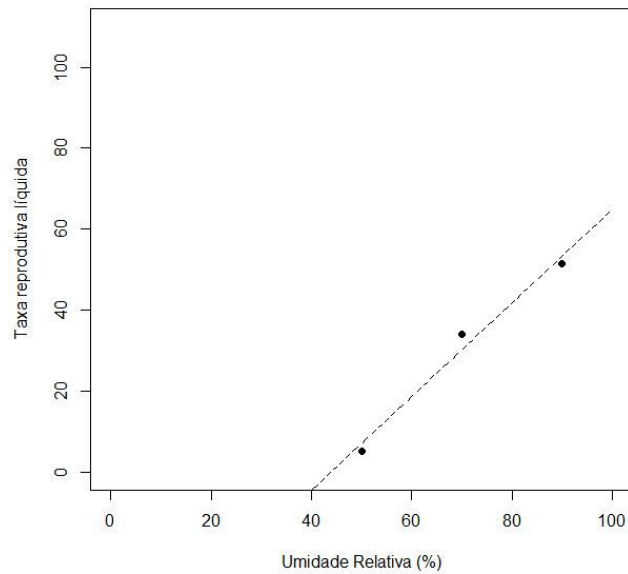


Figura 4. Gráfico linear da taxa líquida de reprodução (R_0) de *E. heros* em relação à umidade relativa do ar.

De maneira análoga ao que foi realizado para obtenção do mapa de temperatura (Figura 3), os valores de R_0 foram relacionados com os dados coletados de estações meteorológicas (Nasa Power, 2018), obtendo-se o mapa de distribuição da praga pelo país usando dados referentes à UR.

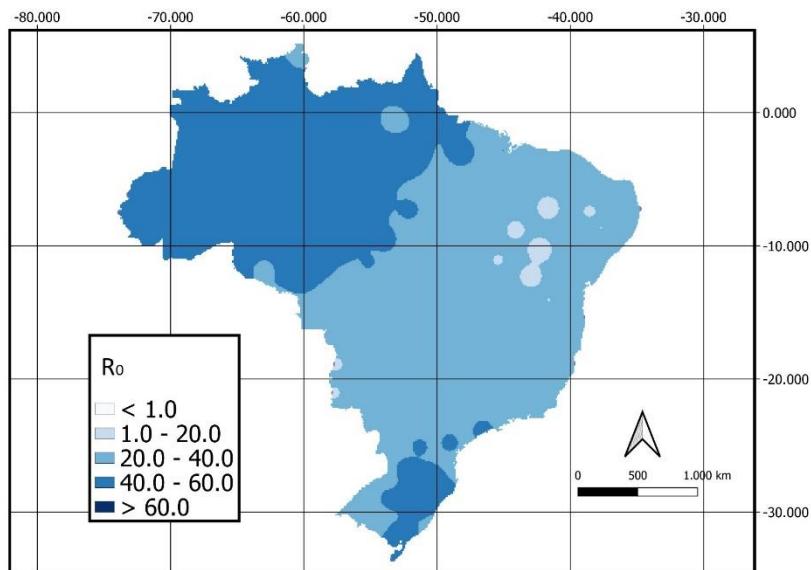


Figura 5. Mapa da distribuição de *E. heros* no Brasil, utilizando-se dados de umidade relativa do ar interpolados com a taxa líquida de reprodução (R_0).

A partir do mapa gerado (Figura 5), é possível identificar que as áreas mais propensas ao desenvolvimento de *E. heros*, considerando a UR, é a região Norte do país (mais especificamente a região correspondente à floresta Amazônica), e na região Sul entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina ($R_0 \geq 60$). O restante do mapa mostra áreas com valores médios para R_0 , tendo regiões desfavoráveis ao estabelecimento da praga na região do interior da região Nordeste.

Não foi possível encontrar na literatura relatos de autores que consideraram a influência da UR de maneira isolada na determinação do zoneamento ecológico de pragas. Entretanto, a partir do mapa, é possível identificar que as áreas de maior R_0 são as áreas que correspondem a uma cobertura vegetal de florestas tropicais, onde a alta taxa de transpiração da vegetação favorecerá o estabelecimento de *E. heros* em campo.

Um modelo tridimensional foi elaborado a partir dos dados de temperatura, UR, R_0 e Eq. (1) (Figura 6), de modo a ilustrar como as variáveis ambientais estudadas se comportam quando avaliadas em conjunto com a taxa líquida de reprodução. Foi possível verificar que os maiores valores observados para R_0 foram observados em condições de alta UR ($\geq 80\%$) e temperatura em torno de 25°C .

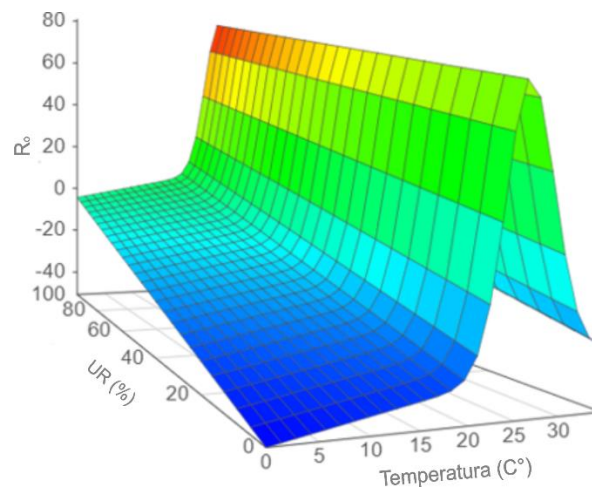


Figura 6. Modelo tridimensional considerando as interações dos valores de temperatura (eixo x), umidade relativa do ar (eixo y) e taxa líquida de reprodução - R_0 (eixo z).

Assim como foi feito nos mapas anteriores (Figuras 3 e 5), foi construído um mapa (Figura 7) a partir da interpolação dos dados de temperatura, UR e R_0 com as temperaturas médias coletadas por estações meteorológicas do país (Nasa Power, 2018). Dessa forma, foi possível mapear as áreas de susceptibilidade do percevejo-

marrom, utilizando a ação conjunta dos fatores abióticos e seus efeitos na taxa de reprodução da espécie.

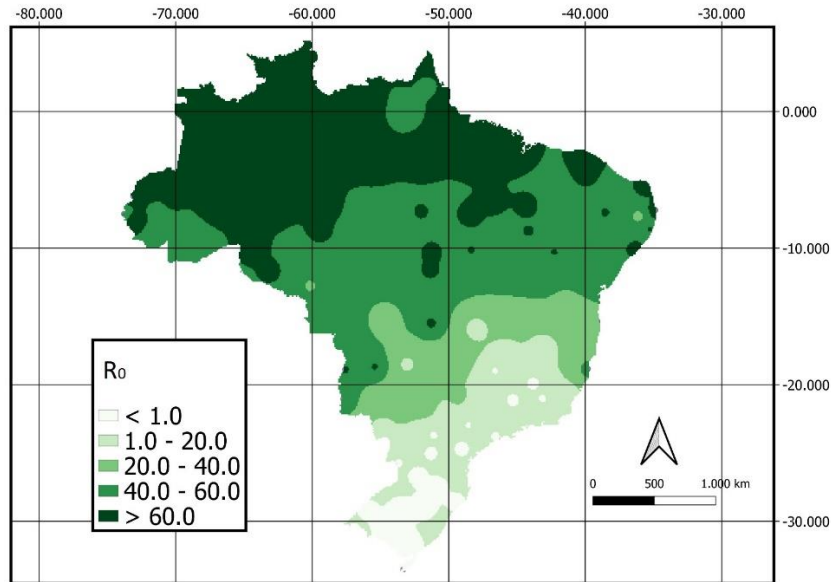


Figura 7. Mapa da distribuição de *E. heros* no Brasil, utilizando-se dados de temperatura e umidade relativa do ar interpolados com a taxa líquida de reprodução (R_0).

De forma semelhante ao encontrado nos mapas anteriores (Figura 3 e 5), as regiões mais susceptíveis ao ataque de *E. heros*, considerando as exigências térmicas e higrométricas do inseto, seria a região Norte, e toda região central e Nordeste do país. De acordo com o mapa, as áreas que ofereceriam condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento estão mais ao extremo Sul do país, região onde mesmo havendo valores altos de R_0 para UR (Figura 5), as condições térmicas não contribuem para manutenção da população, apresentando valores baixos para R_0 (Figura 3).

Há relatos na literatura de artigos onde os autores estabeleceram mapas de zoneamento ecológico de pragas a partir de dados de exigências térmicas, obtidos em laboratório. Entretanto, no presente estudo, foram considerados índices da tabela de vida de fertilidade de *E. heros* (onde R_0 também é utilizado para equações de distribuição de pragas). Dessa forma, foi possível avaliar em conjunto as informações oriundas das exigências térmicas e higrométricas do percevejo-marrom criado em laboratório, acrescentando índices das características reprodutivas da espécie, como viabilidade e fertilidade. Em última análise, ao considerar dados biológicos de todo o ciclo da praga, é possível determinar um zoneamento ecológico mais preciso.

Outros trabalhos já propuseram mapas a partir de dados biológicos da praga para seu zoneamento ecológico. A exemplo da publicação de Lacerda et al. (2019) onde, visando ao zoneamento de *Opogona sacchari* (Bojer, 1856) (Lepidoptera: Tineidae), os autores determinaram que as regiões mais frias (portanto, ao sul do país) são as que oferecem melhores condições térmicas para o estabelecimento da praga (maiores valores para R_0).

No caso específico de *E. heros*, alguns autores já abordaram a avaliação da dieta artificial liofilizada na manutenção da população em laboratório em comparação à dieta natural. A exemplo do trabalho de Mendoza (2012), onde a qualidade da dieta artificial foi avaliada indiretamente, considerando-se o desenvolvimento dos parasitoides de ovos *Telenomus podisi* (Ashmead, 1893) e *Trissolcus basalís* (Wollaston, 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) sobre ovos de *E. heros* criado em dieta artificial. Foi observada alta viabilidade dos ovos da praga, bem como aumento dos valores de R_0 por dez gerações. Além disso, foram observadas altas taxas de parasitismo nos ovos oriundos tanto da dieta natural como artificial, revelando um potencial de estabelecimento da criação de parasitoides sob ovos de *E. heros* criado em dieta artificial.

5. CONCLUSÕES

As exigências térmicas de *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) são bem próximas quando o inseto é criado em dieta natural ou artificial, sendo o limite térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base (T_b) de, respectivamente, 14,10 e 14,56°C, quando o inseto é criado em dieta natural e artificial, o que leva as constantes térmicas (K) a serem de 354,10 e 358,24 GD, nas duas condições mencionadas;

Para as fases imaturas, a dieta artificial permite um melhor desenvolvimento do inseto numa faixa de temperatura mais larga (22 a 30°C) em relação à dieta natural (25 a 28°C);

O número de ovos colocados por *E. heros* é maior na faixa térmica de 25 a 30°C (variando de 220 a 300 ovos/fêmea), quando criado em dieta natural ou artificial;

O número de vezes que a população aumenta a cada geração (R_0) foi maior a 28°C, sendo igual a 72,9 e 102,0 para as dietas natural e artificial, respectivamente, e a UR mais favorável foi a de 90%, apresentando valores de R_0 iguais a 51,45 e 57,82, nas duas condições mencionadas;

A UR abaixo de 50% afeta, nas duas dietas estudadas, a viabilidade das fases imaturas, reduzindo-a, com ênfase à fase de ovo e nos primeiros ínstaes do inseto, afetando também a duração destas fases;

A fertilidade e razão sexual de *E. heros* não são afetadas pela UR independente da dieta de criação do inseto;

Com base na taxa líquida de reprodução de uma tabela de vida das diferentes temperaturas e UR para *E. heros*, as regiões do Brasil mais favoráveis ao desenvolvimento do percevejo-marrom são a região Norte, Nordeste e Centro-Oeste, por terem estes fatores abióticos mais adequados ao inseto-praga.

REFERÊNCIAS

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

BARRUFALDI, A. P. F. **Influência das temperaturas constantes e flutuantes sobre as características biológicas de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) em gerações sucessivas**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2015.

BEAMENT, J. W. L. Measurement and control of humidity. In: DONALDSON, P. E. K. (ed). **Electronic apparatus for biological research**. Butterworth, London. 1958.

BEAMENT, J. W. L. The waterproofing mechanism of arthropods. **Journal of Experimental Biology**. v. 36. p. 391-422 1959.

BEAMENT, J. W. L. The water relations of insect cuticle. **Biological reviews**. v. 36. p. 281-320. 1961.

BERNAL, J.; GONZÁLEZ, D. Experimental assessment of a degree-day model for predicting the development of parasites in the field. **Journal of Applied Entomology**. v. 116. p. 459-466. 1993.

BENOIT, J.; DEL GROSSO, N. A.; YODER, J. A.; DENLINGER, D. J. Resistance to dehydration between bouts of blood feeding in the bed bug, *Cimex lectularius*, is enhanced by water conservation, aggregation, and quiescence. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. v. 76(5). p. 987-993. 2007.

BORTOLOTTI, O. C.; BUENO, A. F.; FRUGERY, A. P.; BARBOSA, G.; SILVA, G. V.; POMARI, A. F. **Aspectos biológicos de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes temperaturas: possíveis impactos do aquecimento global.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários. 2012.

BRITO, R. N.; SOUZA, R. C. M.; ABAD-FRANCH, F. Dehydration-stress resistance in two sister, cryptic *Rhodnius* species – *Rhodnius prolixus* and *Rhodnius robustus* Genotype I (Hemiptera: Reduviidae). **Journal of Medical Entomology**. v. 00. p. 1-8. 2019.

BURSELL, E. Environmental aspects – Humidity. In: ROCKSTEIN, M. (Ed.) **The Physiology of Insecta**. v. 11. Academic Press, New York, London. 1974.

BUXTON, P. A. The measurement and control of atmospheric humidity in relation to entomological problems. **Bulletin of Entomological Research**. v. 22. p. 431-447. 1931.

CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**. Geelong. v. 34. p. 448. 2005.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**, Cambridge: Cambridge University Press. 770p. 1998.

CHEVARRIA, V. V.; JAHNKE, S. M.; PONTE, E. M. D.; HAMADA, E. **Mapeamento da favorabilidade da temperatura para *Euschistus heros* F. (Heteroptera: Pentatomidae) em soja na região Sul do Brasil em cenários de clima atual e futuro.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários. 2012.

CHI, H. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan. 2019. Disponível em: <<http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>>.

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

CIVIDANES, F. J.; FIGUEIREDO, J. G. Previsão de ocorrência de picos populacionais de percevejos pragas da soja em condições de campo. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira.** v. 26 (3). p. 517-525. 1997.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. Biologia em diferentes temperaturas e exigências térmicas de percevejos pragas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 29, n. 12. p. 1841-1846. 1994.

COHEN, A. C. **Insect diets: science and technology.** Boca Raton: CRC Press. p. 1-164. 2015.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELLIZZARO, E. C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A. F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. 16p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 78).

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

COSTA LIMA, A. M. **Insetos do Brasil: hemípteros.** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. v. 2. 351 p. 1940.

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

ELIGIO, V. V.; LOZANO, L. B.; CASTANEDA, R. P.; GARCÍA, G. G.; VILLALON, M. L. Regional-scale spatio-temporal analysis of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in the citrus region of Santa Engracia, Tamaulipas, Mexico. **Journal of Economic Entomology**. v. 108. p. 1655-1664. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dados Econômicos – Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 18/05/2020.

ESRI. ArcGIS Desktop: Version 10.3. Environmental Systems Research Institute, Redland, CA. 2014.

FORTES, P.; MAGRO, S. R.; PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Development of a dry artificial diet for *Nezara viridula* (L.) and *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 567-572, 2006.

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

GODOY, C. V. SASM - Agri: sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott – Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.

GÓMEZ-TORRES, M. L.; NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P. Thermal hygrometric requirements for the rearing and release of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 58(3). p. 291-295. 2014.

HAMADA, E.; GHINI, R.; ORSINI, J. A. M.; THOMAZ, M. C. Projeções de mudança climática para o Brasil no final do século XXI. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente. p. 41-74. 2011.

HAYASHIDA, R.; BUENO, A. F.; HERMEL, A. O.; HIRAKURI, M. H.; SILVA, F. A. C.; ROGGIA, S. *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) fitness on artificial diets: na approach to optimize mass rearing of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) for augmentative biological control. **Journal of Economic Entomology**. v. 20. p. 1-9. 2018.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; OSTLIE, K. R. Degday: a program for calculating degree-days, and assumption behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, v. 15. p. 999-1016. 1986.

KESTER, K. M.; SMITH, C. M. Effects os diet on growth, fecundity and duration of tethered flight of *Nezara viridula*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 35(1). p. 75-81. 1984.

KOGAN, A. L. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**. v. 43. p. 243-270. 1998.

LACERDA, L. F.; COELHO JR., A.; GARCIA, A. G.; SENTELHAS, P. C.; PARRA, J. R. P. Biology at different temperatures, thermal requirements, and ecological zoning of *Opogona sacchari* (Lepidoptera: Tineidae). **Journal of Economic Entomology**. v. 10(10). p. 1-7. 2019.

MEDEIROS, L.; MEGIER, G. A. Ocorrência e Desempenho de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas hospedeiras alternativas no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 4, p.459-463, 2009.

MENDOZA, A. C. **Desenvolvimento de dietas artificiais liofilizadas para *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), com vistas à produção de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 e *Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858)**. 101f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba 2012.

MENDOZA, A. C.; ROCHA, A. C. P.; PARRA, J. R. P. Lyophilized artificial diet for rearing the Neotropical *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Insect Science**. 16: 41. 2016.

MILANEZ, J. M.; PANDOLFO, C.; HAMMES, L. A.; PARRA, J. R. P. Zoneamento ecológico de *Dilobopterus costalimai* Young, *Oncometopia facialis* e *Acrogonia citrina* Marucci & Cavichioli (Hemiptera: Cicadellidae) para Santa Catarina. **Neotropical Entomology**. v. 34 (2) p. 297-302. 2005.

MOURÃO, A. P. M.; PANIZZI, A. R. Diapausa e diferentes formas sazonais em *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) no norte do Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 29(2). p. 205-218. 2000.

MULI, B. K.; SCHULTHESS, F.; VAN DEN BERG, F. Dietary and thermo-hygrometric requirements to rear *Mussidia fiorii* Cecconi & de Joannis (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory conditions. **African Entomology**. v. 34 (3). p. 717-724. 2011.

NASA POWER. POWER Project Data Sets [WWW Document]. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. 2018.

NELSON, T.; BOOTS, B. Identifying insect infestation hot spots: an approach using conditional spatial randomization. **Journal of Geographical Systems**. v. 7. p. 291-311. 2005.

NORTON, H. N. **Handbook of transducers for electronic measuring systems**. Prentice Hall, Englewood-Cliffs. NJ. 1969.

NUORTEVA, P.; REINIUS, L. Incorporation and spread of C14-labeled oral secretions of wheat bugs in wheat kernels. **Annales Entomologici Fennici**, v. 19, p. 95-104, 1953.

PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**. v. 42. p. 99-122. 1997.

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

PANIZZI, A. R. History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. **Neotropical Entomology**. v. 42. p. 119-117. 2013.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Introdução à bioecologia e nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas. *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 21-35. 2009.

PANIZZI, A. R.; SLANKSY JUNIOR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, v. 68, p. 184-214, 1985.

PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E. D. M. Performance and seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* nymphs and adults on a novel food plant (pigeonpea) and soybean. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht. v. 88. p. 169-175. 1998.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P.; SANTOS, C. H.; CARVALHO, D. R. Rearing the Southern green stink bug using an artificial diet and an artificial plant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35 (9). p. 1709-1715. 2000.

PARRA, J. R. P. A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório à aplicação em campo, p. 1-29. *In*.: J. C. GUEDES, I. D. COSTA & E. CASTIGLIONI. **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria, UFSM, 248p. 2000.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. Piracicaba: FEALQ. 137p. 2001.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.) **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 1-16. 2002.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R. **Aspectos populacionais de percevejos fitófagos ocorrendo na cultura da soja (Hemiptera: Pentatomidae) em duas áreas do norte do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 10p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 253).

PINTO, S. B.; PANIZZI, A. R. Performance of nymphal and adult *Euschistus heros* (F.) on milkweed and on soybean and effect of food switch on adult survivorship, reproduction and weight gain. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Londrina, v. 23. p. 549-555. 1994.

PRADO, R. C. O. Soja é alimento e energia. In: YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S. A. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT. p. 11-14. 2007.

QUEIROZ, A. P.; TAGUTI, E. A.; BUENO, A. F.; GRANDE, M. L. M.; COSTA, C. O. 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. 2017.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2008.

ROSSETO, C. J. **Requisitos nutricionais de insetos fitófagos**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. (Circular, 105). 30p. 1980.

SALUSO, A. X., SILVA, F. A. C., PANIZZI, A. R. Na invasive pentatomid pest in Argentina: Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**. v. 40. p. 704-705. 2011.

SIMPSON, S. J.; SIBLY, R. M.; LEE, K. P.; BEHMER, S. T.; RAUBENHEIMER, D. Optimal foraging when regulating intake of multiple nutrients. **Animal Behaviour**, London, v. 68, p. 1299-1311, 2004.

SINGH, P.; MOORE, R. F. **Handbook of insect rearing**. Amsterdam, Elsevier, 2v. 1985.

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

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

SPRUIT, D. **The measurement and the regeneration of the water vapor loss of human skin**. PhD dissertation. University of Nijmegen. 1969.

THIREAU, J. C.; REGNIÈRE, J. Development, reproduction, voltinism and host synchrony of *Meteorus trachynotus* with its hosts *Choristoneura fumiferana* and *C. rosaceana*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 76. p. 67-82. 1995.

TODD, J. W.; HERZOG, D. C. Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Eds.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer. p. 438-478. 1980.

TUELHER, E. S.; SILVA, E. H.; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Competition between the phytophagous stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii* in soybeans. **Pest Management Science**. v. 72. p. 1837-1843. 2016.

VAN DER BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERRES, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum Press, 247p. 1982.

VILLAS-BÔAS, G. L.; PANIZZI, A. R. Biologia de *Euschistus heros* (Fabricius, 1789) em soja (*Glycine max* L. Merrill). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 9. p. 105-113. 1980.

WANG, S. B.; ZENG, X.; ZHANG, M. A.; HASSAN, AND S. QU. Evaluating the habitat factors of *Pristiphora laricis* infestation: and information load model. **Journal of Sustainable Forestry**. v. 35. p. 369-384. 2016.

WIGGLESWORTH, V. B.; GILLETT, J. D. The function of the antennae in *Rhodnius prolixus* (Hemiptera) and the mechanism of orientation to the host. **Journal of Experimental Biology**. v. 11. p. 120–139. 1934.

WIGGLESWORTH, V. B. **The principles of insect physiology**. 6th Edition. Methuen, London. 1965.

WILLIAMS, R. N.; PANAIÁ, J. R.; MOSCARDI, F.; SICHMANN, W.; ALLEN, G. E.; GREENE, G. L.; LASCA, D. H. C. **Principais pragas da soja no estado de São Paulo**: reconhecimento, métodos de levantamento e melhor época de controle. São Paulo: Secretaria da Agricultura, CATI. p. 1-18. 1973.

WILSON, L. T.; BARNETT, W. W. Degree-days and pest management. **California agriculture**. v. 37. p. 4-7. 1983.

WINSTON, P. W.; BATES, D. H. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. **Ecology**. v. 41. p. 232-237. 1960.

ZERBINO, M. S.; PANIZZI, A. R. The underestimated role of pest pentatomid parasitoids in Southern South America. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 13(5). p. 703-718. 2019.