

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



TESE

***Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae): efeitos da temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo sobre seu desenvolvimento, infestação e parasitoides associados**

Tiago Scheunemann

Pelotas, 2022

Tiago Scheunemann

***Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae): efeitos da temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo sobre seu desenvolvimento, infestação e parasitoides associados**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área de conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Dori Edson Nava
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Bernardi

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S328p Scheunemann, Tiago

Palpita forficifera (Lepidoptera: Crambidae) : efeitos da temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo sobre seu desenvolvimento, infestação e parasitoides associados / Tiago Scheunemann ; Dori Edson Nava, orientador ; Daniel Bernardi, coorientador. — Pelotas, 2022.

96 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Olea europaea*. 2. Lagarta-da-oliveira. 3. Exigências térmicas. 4. Exigências higrométricas. 5. Fotoperíodo. I. Nava, Dori Edson, orient. II. Bernardi, Daniel, coorient. III. Título.

CDD : 595.78

Banca examinadora:

Dr. Dori Edson Nava (Orientador)

Doutor em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Prof. Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Doutora em Fitossanidade, pelo Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Daniel Bernardi

Doutor em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Dra. Gabriela Inés Diez-Rodríguez

Doutora em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

Dr. Rodolfo Vargas Castilhos

Doutor em Fitossanidade, pelo Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

*Aos meus pais Ilmar Scheunemann e minha mãe Nélvia Beiersdorf
Scheunemann, por acreditarem em mim, por terem declinado seus
sonhos em prol das realizações e da felicidade de seus filhos e meu irmão
Timóteo Scheunemann pelo carinho,
orientação e apoio,
Dedico e Ofereço*

*A Deus pela saúde e disposição para superar obstáculos, oferecendo
sempre a oportunidade de vivenciar momentos especiais.*

Agradeço

Agradecimentos

A Deus, pela vida e pelas bênçãos concedida;

Aos meus pais, Ilmar e Nélvia, pessoas que sempre estiveram ao meu lado, em todos os momentos da minha vida, pelo amor, carinho e pelos ensinamentos desde os primeiros passos de vida;

A minha namorada Daisa Hakbart Bonemann, ao meu irmão Timóteo Scheunemann, minha cunhada Aline Klug Radke e meus sobrinhos Henrique Radke Scheunemann e Laura Radke Scheunemann pela convivência em toda caminhada da vida, pelo carinho que tem por mim, durante toda a formação;

Aos familiares que sempre me apoiaram em todos os momentos, mesmo próximos ou distantes, sempre me estimularam a continuar nesta caminhada;

A Universidade Federal de Pelotas (UFPel), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM) pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Doutorado;

Ao Dr. Dori Edson Nava, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, pela confiança, transparência e dedicação na orientação e ensinamentos, desde minha inserção ao seu grupo de pesquisa na iniciação científica, ao longo de dez anos. Sou grato pelas oportunidades concedidas durante a graduação, mestrado e ao longo do doutorado, aos conselhos e incentivos profissionais e pessoais. Bem como, se tornou um amigo pela valiosa convivência e honestidade;

Ao Dr. Daniel Bernardi, professor do Departamento de Fitossanidade da FAEM/UFPel pela co-orientação, paciência, confiança e por dedicar grande parte do seu tempo para transmitir conhecimento na concepção e execução dos trabalhos científicos, no decorrer da graduação, mestrado e doutorado, além das oportunidades oferecidas;

A Embrapa Clima Temperado pela disponibilidade de estrutura, equipamentos e materiais para realização dos trabalhos;

Ao Técnico do Laboratório de Entomologia Ângelo da Silva Lopes, pela amizade, auxílio nos trabalhos e pela agradável parceria;

Ao acadêmico de agronomia e bolsista do CNPq Luís Miguel da Silva Corrêa pelo auxílio, comprometimento e responsabilidade no desenvolvimento dos trabalhos e pela amizade construída;

Ao amigo verdadeiro Dr. Sandro Daniel Nörnberg que pelo convite em conhecer o laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado e me apresentou o Dr. Dori Edson Nava, no qual me aceitou como seu orientado, onde realizei grande parte da minha formação, pelos ensinamentos e amizade construída e fortalecida, certamente será para toda vida. Sou grato também aos colegas de pós-graduação Alexandra Peter Krüger, Bruna Piovesan, Guido Aguilera, Maicon Schmitz pelos momentos felizes, de descontração, pelo companheirismo e pela amizade construída que será indubitavelmente para toda a vida;

Aos bolsistas do laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado Luís Miguel da Silva Corrêa, Emanuelle Lange Bilhn, Luan Deivid Retzlaff e Beatriz Rutz pelos momentos de alegria, apoio e agradável convivência;

Aos professores de Entomologia do PPGFs, Uemerson Silva da Cunha, Anderson Dionei Grützmacker, Flávio Roberto Mello Garcia, Daniel Bernardi e Moisés João Zotti pelos valiosos ensinamentos repassados e amizade construída no doutorado;

Aos demais colegas não citados, que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho. O meu eterno agradecimento.

Resumo

SCHEUNEMANN, Tiago. ***Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae): efeitos da temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo sobre seu desenvolvimento, infestação e parasitoides associados.** 2022. 96f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Palpita forficifera Munroe, 1959 (Lepidoptera: Crambidae) é uma das principais espécies de importância econômica para a olivicultura no Brasil e no Uruguai. De origem neotropical esta espécie ocorre em vários países da América do Sul. Pelo fato dos cultivos de oliveira serem recentes no Brasil, pouco se conhece de sua bioecologia, fatores abióticos e conseqüentemente de seu controle. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a biologia de *P. forficifera*, em diferentes temperaturas, umidades relativas do ar e fotoperíodos bem como estudar a sua dinâmica populacional e a relação com os parasitoides associados. O estudo da biologia foi realizado em diferentes temperaturas, umidades relativas do ar [UR] e fotoperíodo. Como parâmetros biológicos foram avaliados a duração e a viabilidade das fases de desenvolvimento, a razão sexual, fecundidade, fertilidade, longevidade e a duração dos períodos de pré-oviposição e oviposição. Com base nessas informações foi elaborada a tabela de vida de fertilidade de *P. forficifera*. Para o estudo da dinâmica populacional da lagarta-da-oliveira e sua relação com os inimigos naturais foi realizado um levantamento a campo em três pomares. Temperaturas de 10 e 35°C afetaram negativamente todas as fases imaturas de *P. forficifera*, sendo que na faixa térmica de 15 a 30°C a duração foi inversamente proporcional à temperatura e a viabilidade não diferiu significativamente, com exceção da fase larval a 30°C. A razão sexual foi próxima de 0,5 na faixa térmica estudada e a fecundidade foi maior a 25°C. A maior porcentagem de copulas foi registrada nas temperaturas de 25 e 30°C. A temperatura base (T_b) e a constante térmica (K) para o período ovo-adulto foi de 10,7°C e 549,45 graus-dia, respectivamente. Com base nas exigências térmicas *P. forficifera* pode ter de 4,0 a 6,3 gerações anuais em regiões produtoras de oliveira do Brasil e Uruguai. Umidade relativa do ar na faixa de 0-20% impediu o desenvolvimento de *P. forficifera*, sendo que nas demais faixas hídricas houve influência sobre a duração da fase larval de modo que houve um decréscimo da duração com o aumento da umidade relativa. Umidades relativas do ar na faixa de 61-100% proporcionam a maior sobrevivência. Umidades relativas acima de 61% também proporcionaram maior peso de pupas. O período de oviposição e a fecundidade diária não foram afetados pela umidade relativa do ar. Quando os dados biológicos foram analisados conjuntamente por meio da tabela de vida de fertilidade, observa-se que nas faixas de 61-80 e 81-100% ocorreu a maior taxa líquida de aumento ($R_0 = 43,2$) e uma capacidade de aumento populacional de 68% quando comparado com insetos submetidos a umidade de 21-40%. Os diferentes fotoperíodos avaliados interferem no desenvolvimento da duração e da viabilidade de *P. forficifera* de maneira que o regime de 4 horas de luz propicia o melhor desenvolvimento das fases imaturas, fato esse comprovado pela análise da tabela de vida de fertilidade. A maior infestação de *P. forficifera* foi de cerca de 60% das brotações, sendo esse valor variável em função do pomar avaliado e da época de avaliação. Durante o período de infestação da praga, foi observada a ocorrência do parasitoide de ovos *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e três parasitoides larvais, sendo dois braconídeos pertencentes aos gêneros *Dolichogenidea* Viereck, 1911 e

Hymenochaonia Dalla Torre, 1898 (Hymenoptera: Braconidae) e um Iqueneumonídeo *Temelucha hilux* Gauld, 2000 (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Temelucha hilux* é associado pela primeira vez a um hospedeiro, além disso, sua distribuição no país é ampliada para a região Sul. Os resultados obtidos nesse trabalho possibilitam avançar no conhecimento da espécie e assim, subsidiar estudos visando o manejo desta praga que tem causado danos consideráveis na cultura da oliveira.

Palavras-chave: *Olea europaea*, lagarta-da-oliveira, exigências térmicas, exigências higrométricas, fotoperíodo, inimigos naturais

Abstract

SCHEUNEMANN, Tiago. *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae): effects of temperature, relative humidity and photoperiod on development, infestation and associated parasitoids. 2022. 96f. Thesis. (Doctorate) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Palpita forficifera Munroe, 1959 (Lepidoptera: Crambidae) is one of the main species of economic importance for olive cultivation in Brazil and Uruguay. Of Neotropical origin, this species occurs in several South American countries. Due to the fact that olive tree cultivation is recent in Brazil, little is known about its bioecology, abiotic factors and consequently its control. Thus, the objective of this work was to study the biology of *P. forficifera* at different temperatures, relative humidity and photoperiods, as well as its population dynamics and the relationship with the associated parasitoids. The biology study was carried out at different temperatures, relative air humidity [RH] and photoperiod. As biological parameters, the duration and viability of the development stages, the sex ratio, fecundity, fertility, longevity and the duration of the pre-oviposition and oviposition periods were evaluated. Based on this information, the *P. forficifera* fertility life table was created. To study the population dynamics of the olive tree caterpillar and its relationship with natural enemies, a field survey was carried out in three orchards. Temperatures of 10 and 35°C negatively affected all immature stages of *P. forficifera*, and in the thermal range from 15 to 30°C the duration was inversely proportional to temperature and viability did not differ significantly, with the exception of the larval stage at 30°C. The sex ratio was close to 0.5 in the studied thermal range and fecundity was higher at 25°C. The highest percentage of copulas was recorded at temperatures of 25 and 30°C. The base temperature (T_b) and the thermal constant (K) for the egg-adult period were 10.7°C and 549.45 degree-days, respectively. Based on thermal requirements *P. forficifera* can have 4.0 to 6.3 generations per year in olive producing regions of Brazil and Uruguay. Relative air humidity in the range of 0-20% prevented the development of *P. forficifera*, and the other humidity ranges influenced the duration of the larval stage so that there was a decrease in duration with increasing relative humidity. Relative air humidity in the thermal range of 61-100% provide the greatest survivability. Relative humidity above 61% also provided higher pupae weight. The oviposition period and daily fecundity were not affected by relative air humidity. When the biological data were analyzed together using the fertility life table, it was observed that in the 61-80 and 81-100% ranges there was the highest net rate of increase ($R_0 = 43.2$) and a capacity for increase population of 68% when compared to insects submitted to humidity of 21-40%. The different photoperiods evaluated interfere in the development of the duration and viability of *P. forficifera* in a way that the 4-hour light regime provides the best development of the immature stages, a fact that was confirmed by the analysis of the fertility life table. The highest infestation of *P. forficifera* was around 60% of the shoots, this value being variable depending on the evaluated orchard and the evaluation period. During the period of infestation of the pest, it was verified the occurrence of the egg parasitoid *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and three larval parasitoids, two braconids belonging to the genera *Dolichogenidea* Viereck, 1911 and *Hymenochaonia* Dalla Torre, 1898 (Hymenoptera: Braconidae) and an Ichneumonid *Temelucha hilux* Gauld, 2000 (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Temelucha hilux* is associated for the first time with a

host, in addition, its distribution in the country is extended to the South region. The results obtained in this work make it possible to advance in the knowledge of the species and thus subsidize studies aimed at the management of this pest that has caused considerable damage to the olive tree culture.

Keywords: *Olea europaea*, olive tree caterpillar, thermal requirements, hygrometric requirements, photoperiod, natural enemies

Lista de Figuras

Article 1

- Figure 1 Survival curves for female (A) and male (B) survival of *Palpita forficifera* at different temperatures (10, 15, 20, 25 and 30°C), 60±10% relative air humidity and 14h photophase. Curves followed by the same letters for each gender, did not differ from one another by the log-rank test (Tms – mean time of survival)..... 42

Artigo 2

- Figura 1 Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de *Palpita forficifera* quando submetidas a diferentes umidades relativas do ar (0-20; 21-40; 41-60; 61-80; 81-100%). As curvas para cada sexo, não diferiram entre si pelo teste de log-rank. (Tms - tempo médio de sobrevivência) 68
- Figura 2 Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de *Palpita forficifera* quando submetidas a diferentes regimes de fotoperíodo (4/20; 8/16; 12/12; 16/8; 20/4 horas). Curvas seguidas pelas mesmas letras, para cada sexo, não diferem entre si pelo teste de log-rank. (Tms - tempo médio de sobrevivência)..... 69

Artigo 3

- Figura 1 Flutuação populacional de *Palpita forficifera* em duas safras agrícolas, 2017/2018 (A) e 2018-2019 (B), durante o período de outubro a maio em três pomares localizados no Sul do Rio Grande do Sul..... 89
- Figura 2 Distribuição relativa de espécies de parasitoides em lagartas de *Palpita forficifera* coletadas em pomares de oliveira nos municípios de Pelotas (A e B) e Rio Grande (C), durante as safras de 2017/2018 e 2018/2019..... 90
- Figura 3 Distribuição dos parasitoides de ovos (*Trichogramma foersteri*) (A) e lagartas (B) de *Palpita forficifera*, coletados em olivais ao longo do período de outubro a maio, nas safras agrícolas de 2017/2018 (Safrá 1) e de 2018/2019 (Safrá 2) em três pomares do Sul do Rio Grande do Sul, sendo: Pelotas (B1), Pelotas (B2) e Rio Grande (B3), no estado do Rio Grande do Sul..... 91
- Figura 4 Parasitismo total de lagartas de *Palpita forficifera* coletados em pomares de oliveira ao longo do ciclo de produção, nas safras 2017-2018 e 2018-2019, nas áreas da área Pelotas (A), Cascata (B) e Rio Grande (C)..... 92

Lista de Tabelas

Article 1

Table 1	Mean values (\pm standard error) of duration (days) and viability (%) of the egg, larval and pupal stages and egg-adult period of <i>Palpita forficifera</i> at different temperatures.....	38
Table 2	Mean values (\pm standard error) of biological parameters at different temperatures.....	39
Table 3	Fertility life table of <i>Palpita forficifera</i> at different temperatures.....	40
Table 4	Average temperatures (T) ($^{\circ}$ C) for olive producing regions of Brazil and Uruguay, accumulated degree-days (GD) and estimated number of generations (Num) based on the thermal constant (K) of <i>Palpita forficifera</i>	41

Artigo 2

Tabela 1	Valores médios \pm EP da duração (dias) e viabilidade (%) das fases de ovo, larva, pupa e período ovo-pupa de <i>Palpita forficifera</i> em diferentes faixas de umidade relativa do ar.....	62
Tabela 2	Valores médios \pm EP do peso de pupa (g), razão sexual e duração (dias) dos períodos de pré-oviposição e oviposição e fecundidade diária) de <i>Palpita forficifera</i> quando submetidas a diferentes faixas de umidades relativas do ar.....	63
Tabela 3	Valores médios \pm EP da duração (dias) e viabilidade (%) das fases de ovo, larva, pupa e período ovo-pupa de <i>Palpita forficifera</i> quando submetidas em diferentes regimes de fotoperíodos..	64
Tabela 4	Valores médios \pm EP do peso de pupa (mg), razão sexual e duração (dias) dos períodos de pré-oviposição e oviposição e fecundidade diária (números de ovos por fêmea) de <i>Palpita forficifera</i> quando submetidas em diferentes regimes de fotoperíodos.....	65
Tabela 5	Tabela de vida de fertilidade de <i>Palpita forficifera</i> quando submetidas em diferentes faixas de umidades relativas do ar e regimes de fotoperíodos.....	66

Sumário

1. Introdução geral.....	15
2. Artigo 1 - Effect of different thermal conditions on biology and number of generations of <i>Palpita forficifera</i>.....	19
Abstract.....	20
Resumo.....	21
Introduction.....	22
Materials and Methods.....	23
Rearing and maintenance of <i>Palpita forficifera</i>	23
Biology of immature and adult stage of <i>Palpita forficifera</i> at different thermal conditions.....	24
Determination of thermal requirements and number of annual generations of <i>P. forficifera</i>	26
Statistical analyses.....	27
Results.....	27
Biology of immature and adult stages of <i>Palpita forficifera</i> at different thermal conditions.....	27
Determination of thermal requirements and number of annual generations of <i>Palpita forficifera</i>	29
Discussion.....	30
References Cited.....	32
3. Artigo 2 - Efeito de diferentes condições de umidade relativa do ar e de fotoperíodo no desenvolvimento de <i>Palpita forficifera</i> (Lepidoptera: Crambidae)	44
Resumo.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Criação e manutenção de <i>P. forficifera</i>	47
Biologia de <i>P. forficifera</i> em diferentes umidades relativas.....	48
Biologia de <i>P. forficifera</i> em diferentes fotoperíodos.....	50
Análises estatísticas.....	51
Resultados.....	52

Biologia de <i>P. forficifera</i> em diferentes umidades relativas.....	52
Biologia de <i>P. forficifera</i> em diferentes fotoperíodos.....	53
Tabela de vida de fertilidade.....	54
Discussão	55
Referências	59
4. Artigo 3 - Dinâmica populacional de <i>Palpita forficifera</i> (Lepidoptera: Crambidae) e parasitoides associados em pomares de oliveira.....	70
Resumo	71
Abstract	72
Introdução	73
Material e Métodos	74
Flutuação populacional de <i>P. forficifera</i>	75
Parasitoides associados a <i>P. forficifera</i>	75
Parasitoides de ovos.....	75
Parasitoides de lagartas.....	77
Resultados	78
Discussão	79
Referências	84
5. Conclusões gerais	93
6. Referências bibliográficas	95

1. Introdução geral

A oliveira *Olea europaea* Linnaeus, 1753 (Oleaceae) é uma planta da região do Mediterrâneo e originária de uma região que abrange o Sul do Cáucaso até as planícies do Irã, Palestina e Zona Costeira da Síria, passando pelo Chipre e Egito (GOMES, 1979). Atualmente é cultivada nas regiões que apresentam clima subtropical e temperado, caracterizados por um verão quente e seco e um inverno com baixas temperaturas no período que antecede sua floração (EPAMIG, 2007; COUTINHO, 2015).

A oliveira é a única espécie da família Oleaceae que produz fruto comestível. No Egito foi constatado a mais antiga referência por volta do século 16 a.C., onde constava que os fenícios começaram a divulgar o azeite de oliva nas Ilhas Gregas por volta dos séculos 14 e 12 a.C. Desde então o seu cultivo aumentou e ganhou importância no século 4 a.C., quando foram estabelecidos os primeiros plantios comerciais (BONTEMPO, 2008).

Os principais países produtores de oliveira são Espanha (6,55 milhões de ton), Grécia (2,72 milhões de ton), Itália (2,58 milhões de ton) e Turquia (2,10 milhões de ton), os quais são responsáveis por aproximadamente 72% da produção total (FAOSTAT, 2020). Na América, os maiores produtores são Argentina (17,6 mil de ton), Estados Unidos (17,4 mil de ton), Chile (11,6 mil de ton) e Peru (8 mil de ton) (FAOSTAT, 2020).

Com o passar do tempo e com a expansão ultramarina, nos séculos XV e XVI teve-se o plantio de oliveiras em outras latitudes, como na Índia e no Brasil. Após a II Guerra Mundial, as primeiras oliveiras apareceram no Sul de Minas Gerais, por iniciativa dos próprios produtores. Segundo registros nas décadas de 50 e 60 do século passado, vários estados produziam oliveira, dentre eles São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC), Rio Grande do Sul (RS), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES) e Rio de Janeiro (RJ) (GOMES, 1979).

O Brasil é um dos grandes importadores de azeite e azeitonas do mundo. O consumo de azeite e azeitona é crescente no Brasil, sendo considerado um produto frequente na mesa dos brasileiros, o que torna o País o quinto maior importador mundial de azeite (68 mil ton) e o segundo de azeitona (100 mil ton) (CONSELHO OLEÍCOLA INTERNACIONAL, 2020). Aliado a isso, no Brasil se tem 7 mil hectares plantadas, até o ano de 2021 (IBRAOLIVA, 2022). As tradicionais áreas de cultivo de

oliveira nos países Mediterrâneos estão se esgotando devido à pouca capacidade de ampliar os plantios já existentes. Em contrapartida, países da América do Sul (Chile, Argentina, Peru e Uruguai) e da Oceania (Austrália) tem ampliado a produção e exportado para o mercado brasileiro (MESQUITA et al., 2006).

Devido as grandes quantidades de azeite e azeitonas importadas pelo Brasil, o mercado brasileiro tem se tornado atrativo do ponto de vista econômico. Assim, nos últimos anos projetos tem sido fomentado e desenvolvido no sentido de incrementar a produção interna destes produtos. Assim, a cultura vem ganhando importância e têm aumentado anualmente no Brasil, principalmente nos estados do RS, SC, SP e MG (RIZZO; ARGUMEDO, 2011).

Diante de tais fatos e observando-se a variabilidade climática do território brasileiro, percebe-se que o Brasil tem microclimas favoráveis ao plantio em larga escala da oliveira, visto que o consumo dos brasileiros vem aumentando anualmente. Fator que fortalece o País como mercado produtor, tanto de azeite quanto de azeitona de mesa, além do que o seu cultivo poderá diminuir os gastos com importações e, também, aumentar a arrecadação de impostos diretos com a produção e comercialização interna (COUTINHO, 2015).

Atualmente o Rio Grande do Sul é o principal produtor de oliveiras no Brasil, com cerca de 10 mil ha cultivados (IBRAOLIVA, 2022). É importante mencionar que, embora o cultivo de oliveiras no Brasil seja possível e se obtenha uma boa produção, sabe-se que as condições edafoclimáticas são diferentes dos centros de origem e assim o cultivo deve ser adaptado para que a cultura possa expressar a máxima produtividade. Em razão das boas perspectivas para o aumento da área cultivada com oliveiras no RS e as oportunidades econômicas que a mesma pode gerar, a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPA) por meio da Câmara Setorial das Oliveiras reuniu subsídios junto aos integrantes da cadeia produtiva e criaram o Programa Estadual de Desenvolvimento da Olivicultura (Pró-oliva), com ações previstas em quatro linhas principais: 1) defesa sanitária e produção de mudas de qualidade; 2) aumento da produção e produtividade dos olivais – assistência técnica e pesquisa; 3) industrialização de azeites e conservas; 4) crédito – linhas de financiamentos.

Dentre os problemas destacados, a defesa sanitária é fundamental, uma vez que as pragas da cultura são pouco estudadas e há necessidade de se estabelecer medidas de controle. Dentre as principais pragas, destacam-se *Palpita forficifera*

Munroe, 1959 (Lepidoptera: Crambidae), que está amplamente distribuída nos olivais do Brasil e do Uruguai (PAULLIER, 2013; RICALDE et al., 2015). Os danos são causados pelas lagartas que atacam as folhas tenras, principalmente as brotações para se alimentarem. Além das brotações, podem causar danos nos frutos, quando a população é alta. As lagartas em seus primeiros instares, alimentam-se da gema apical e/ou parte abaxial da folha e à medida que crescem, consomem as folhas inteiras e brotações (RICALDE; GARCIA, 2013; SCHEUNEMANN et al., 2017; NAVA; SCHEUNEMANN, 2018).

Para tornar possível a implementação do Manejo Integrado de Pragas (MIP) desta cultura é de suma importância que se conheça a bioecologia, comportamento e as interações tróficas no segundo e terceiro nível visando conhecer os fatores que influenciam na dinâmica populacional de *P. forficifera*.

Para os insetos em geral, as variáveis climáticas, em especial temperatura do ar, são importantes por condicionar mudanças principalmente na dispersão, taxas de desenvolvimento e reprodução (WREGG et al., 2017). A temperatura, umidade relativa do ar e a luminosidade são os fatores abióticos que mais atuam sobre os insetos (GARCIA, 2009). Aliado a isso, qualquer alteração em um desses componentes poderá ter um impacto direto nas populações.

A temperatura, a precipitação pluvial, umidade e outros parâmetros climáticos afetam várias atividades biológicas (taxas de desenvolvimento, reprodução, distribuição, migração e adaptação). Além disso, os efeitos indiretos poderão ocorrer por meio da influência do clima sobre as suas plantas hospedeiras, inimigos naturais e interações interespecíficas com outros insetos. Assim, mudanças climáticas resultantes do aumento dos níveis de gases do efeito estufa na atmosfera poderiam ter um impacto significativo no desenvolvimento, na distribuição e na densidade populacional de insetos-praga (PORTER et al., 1991).

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo gerar subsídios para o conhecimento da bioecologia de *P. forficifera* em diferentes condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo, bem como sua dinâmica populacional e a relação com os inimigos naturais presentes nos pomares.

Artigo 1 – Florida Entomologist
(Artigo publicado – v. 104, n. 4, 2021)

Artigo 1 – Effect of different thermal conditions on biology and number of generations of *Palpita forficifera*

Tiago Scheunemann^{1*}, Alexandra Peter Krüger¹, Victor Anderssen Perleberg², Andrés Gonzalez Ritzel³, Daniel Bernardi¹, and Dori Edson Nava⁴

¹Programa de pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Cx. Postal 354, 96010-900, Pelotas, Brasil. E-mail: tiago.scheunemann@hotmail.com; alexandra_kruger@hotmail.com; dbernardi2004@yahoo.com.br

²Instituto Federal Sul-rio-grandense Câmpus Visconde da Graça, 96010-971, Pelotas, Brasil. E-mail: victorperleberg@yahoo.com

³Laboratório de Ecologia Química, Faculdade de Química, Universidade de la República, Montevideo, 11800, Uruguai. E-mail: agonzal29@gmail.com

⁴Embrapa Clima Temperado, Rodovia Br 396, km 78 Cx. Postal 403, 96010-971, Pelotas, Brasil. E-mail: dori.edson-nava@embrapa.br

* Corresponding author; E-mail: dori.edson-nava@embrapa.br

Abstract

Palpita forficifera Munroe 1959 is the main pest in olive groves in Brazil and Uruguay, damaging buds and fruits. Therefore, this work aimed to understand the biology of *P. forficifera* at different temperatures, to determine thermal requirements and to estimate the number of annual generations in different olive groves located in Brazil and Uruguay. The study was performed at 10, 15, 20, 25, 30, and 35°C, 60±10% relative humidity, and 14h photophase. The duration and survival of development stages, sex ratio, fecundity, fertility, were determined and we elaborated the fertility life table at different temperatures. It was also determined the thermal requirements and the number of annual generations in olive producing areas were estimated. All immature stages of *P. forficifera* were negatively affected by the temperature at 10 and 35°C while 25 and 30°C provided the shortest egg-to-adult periods. However, larval viability was affected at 30°C (48.7%). Highest fecundity (325.5 eggs) was found for *P. forficifera* females kept at 25°C. Additionally, the highest net reproduction rates (R_0) and intrinsic population growth rates (R_m) were verified at 25 and 30°C. Lower thermal threshold (T_b) and thermal constant (k) for the egg-adult period were 10.7 °C and 549.45 degree-days, respectively. Based on the thermal requirements, *P. forficifera* can have 4.0 to 6.3 generations per year in the olive producing regions of Brazil and Uruguay. Results of the present study are important for understanding the occurrence of *P. forficifera* under field conditions and to aid strategic management designs.

Key Words: Thermal requirements; lower thermal threshold; biology; caterpillar of the olive tree; life cycle

Resumo

Palpita forficifera Munroe é a principal praga da oliveira no Brasil e Uruguai, causando danos nas brotações e nos frutos. Assim, o trabalho objetivou compreender a biologia de *P. forficifera* em diferentes temperaturas, determinar as exigências térmicas e estimar o número de gerações anuais para diferentes locais de cultivo de oliveira no Brasil e no Uruguai. O estudo foi realizado nas temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C, umidade relativa do ar de 60±10% e fotofase de 14h. Foram avaliados parâmetros biológicos das fases imaturas e adulta e com esses dados foi elaborada a tabela de vida de fertilidade, estimado as exigências térmicas e o número de gerações anuais em áreas produtoras de oliveira. As temperaturas de 10 e 35°C afetaram negativamente todas as fases imaturas de *P. forficifera* e as temperaturas de 25 e 30°C proporcionaram as menores durações do período ovo-adulto. Porém, a viabilidade larval foi afetada na temperatura de 30°C (48,7%). Fêmeas de *P. forficifera* mantidas a 25°C resultaram na maior fecundidade (325,5 ovos). Em adição, as maiores taxas líquidas de reprodução (R_0) e a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) foram verificadas nas temperaturas de 25 e 30°C. A temperatura base (T_b) e a constante térmica (K) para o período ovo-adulto foi de 10,7°C e 549,45 graus-dia, respectivamente. Com base nas exigências térmicas *P. forficifera* pode ter de 4,0 a 6,3 gerações anuais em regiões produtoras de oliveira do Brasil e Uruguai. Os resultados do presente estudo são importantes para a compreensão da ocorrência de *P. forficifera* nas condições de campo e auxiliar no delineamento de estratégias para o seu manejo.

Palavras Chave: Exigências térmicas; temperatura base; biologia; lagarta-da-oliveira; ciclo biológico

Introduction

Olive farming is common in many regions of the world, particularly those of subtropical and temperate climate. While the traditional olive cultivation areas in Mediterranean countries have reached their limit due to little capacity to expand already existing farms, South American countries (Chile, Argentina, Peru) have increased production and export, mainly to the Brazilian market (Mesquita et al. 2006). Due to the large consumption in Brazil of both olive oil and olives, olive farming has been promoted in the country, hence the 10 thousand hectares allocated to this crop for the 2019/2020 harvest. South and Southeast micro regions of the country stand out due to their edaphoclimatic conditions (Alba et al. 2013). Similarly, olive farming in Uruguay has been quite expressive, amounting to 6.3 thousand ton for the 2019/2020 harvest, wherein cultivation, climate, and soil conditions are similar to those in the south of Brazil (Paullier 2013).

One of the most common phytosanitary issues of olive tree cultivation (*Olea europaea* L., Oleaceae) in Brazil and Uruguay has been the occurrence of the caterpillar of the olive tree *Palpita forficifera* Munroe (Lepidoptera: Crambidae) (Ricalde et al. 2014). This species is indigenous to South America and in recent years, has become the main pest of the crop (Scheunemann et al. 2017; Scheunemann et al., 2019). The damage caused by the caterpillars are due to feeding on tender buds, compromising the following year's production (Scheunemann et al., 2019). In high infestations they can also damage fruits, reducing the yield and quality of olives and olive oils (Scheunemann et al., 2017).

There are reports of 156 species of *Palpita* all over the world, although few of economic relevance (Bergant & Trdan 2006). Standing out among those is *Palpita unionalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae), considered one of the main pests to olive groves in the Mediterranean region, the species may cause as much as 90% reduction of leaf area and lead to fruit yield losses as high as 30% (Lopez-Villata 1999). In South America two species are noteworthy, *P.*

forficifera and *Palpita persimilis* Munroe (Lepidoptera: Crambidae). Although the distribution of *P. forficifera* is restricted to South America, there is growing concern that this species will be introduced in other continents, similarly to what happened to *P. persimilis*, which was already reported in Florida, USA (Hayden & Buss 2013).

Temperature performs a fundamental role in the development and establishment of insects in a given location (Bergant & Trdan 2006). Also, this climate variable can be used to determine the establishment potential of a new pest in a particular region, as well as to predict occurrence (Peterson & Vieglais 2001; Nava et al. 2007). Furthermore, based on the development of immature and adult stages of a certain arthropods at different thermal conditions, it is possible to better define monitoring and control strategies (Trudgill et al. 2005). Therefore, the goal of this study was to gain a better understanding quantified growth, survival, and reproductive success of adults and immatures across a temperature gradient; generate life tables of *P. forficifera* at different temperatures and to determine thermal demands focused on estimating the number of generations that the caterpillar of the olive tree could have in one year, at different olive groves in Uruguay and Brazil.

Materials and Methods

REARING AND MAINTENANCE OF *PALPITA FORFICIFERA*

In order to establish rearing and maintenance in laboratory, adults were collected from an olive orchard at Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul (RS), Brazil (31°40'47"S, 52°26'24"O and 57 m altitude) with a light trap (Model 515, ISCA Tecnologias, Ijuí, RS, Brazil) equipped with ultraviolet light (300–390 µm). Adults were transported to the Embrapa Clima Temperado Entomology Lab and maintained in cages made from plastic tube (12 cm diameter × 22 cm high) (15 couples per cage). Insects were fed an aqueous solution of 10% honey and water. To collect eggs, a substrate made of *tulle* fabric was placed on top of the

cage and above the fabric a filter paper disc (15 cm diameter) and a wet vegetable sponge cloth (Spontex, PaneSponja, Ilhéus, Bahia, Brazil) was employed to maintain egg viability (Scheunemann et al., 2019). Daily, the filter paper containing the eggs was removed and placed inside a Petri dish (10 cm diameter × 1 cm high) so larval eclosion would occur. After eclosion, larvae were inoculated (approximately 500 larvae no older than 24h per box) inside rectangular plastic boxes (39 cm long × 14 cm high × 30 cm wide) and fed cv. Koroneiki olive trees buds and leaves. The feed was added every two days until pupation. Upon emergence, adults were removed every 24 hours, couples paired, and rearing proceeded as aforementioned. Rearing and maintenance of insects were carried in a climate-controlled room at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ temperature, $60 \pm 10\%$ relative humidity and 14 hours photophase). Likewise, in order to maintain the genetic variability of populations, insects from the field were introduced every 4 generations. The study was carried out in 2017 and 2018.

BIOLOGY OF IMMATURE AND ADULT STAGE OF *PALPITA FORFICIFERA* AT DIFFERENT THERMAL CONDITIONS

Bioassays were performed inside climate-controlled chambers, using six constant temperatures (treatments) (10, 15, 20, 25, 30, and 35°C), $60 \pm 10\%$ relative humidity and 14 hours photophase. For the immature stages, 150 insects were used at each stage of development (egg, larva and pupa), for each of the six treatments (temperatures). For the egg stage, 150 eggs were grouped in six repetitions of 25 eggs each. Each group of 25 eggs correspond to a piece of the egg-laying substrate (filter paper, as aforementioned) containing 25 eggs, that was placed inside glass tubes (9.0 cm high × 3.0 cm diameter) and assigned to their respective temperatures. In order to stop caterpillars from escaping after eclosion, the top of the glass tubes was covered with plastic film. Daily observations were made to register date and number of eclosed larvae. For the larval stage, 150 larvae (<12 hours) were individually placed inside glass tubes (9.0 cm

high × 3.0 cm diameter) containing 25 ml of an agar-water (3.5%) solution and a bud with three leaves of cv. Koroneiki olive tree. The purpose of the agar-water solution was to keep the olive tree leaves turgid. Leaves were replaced every two days until pupation occurred. For evaluations concerning the pupal stage, 12 hours old pupae were used [75 male pupae and 75 female pupae, separated by gender as described by Butt & Cantu (1962)]. That done, pupae were placed in plastic containers (400mL), the tops of the containers were closed with their respective lids, and they were accommodated at different temperatures until adults emerged. Duration (days) and viability (%) were determined for all stages of development (egg, pupa, and larva) as well as the egg-to-adult period and sex ratio (sr).

For the adult stage, couples from rearing and maintenance as old as 12 hours were placed into transparent plastic cages (17.0 cm high × 10.0 cm diameter) (1 couple per cage), with both superior and inferior ends covered by *tulle* fabric. Next, they were accommodated inside climate-controlled chambers at 10, 15, 20, 25, 30, and 35°C constant temperatures 60±10% relative humidity and 14h photophase. Insects were fed distilled water and 10% honey aqueous solution, supplied via capillarity in 10 ml plastic containers. To collect eggs, a filter paper (9 cm diameter) was placed under the *tulle* fabric and above it a wet vegetable sponge cloth (Spontex, PaneSponja, Ilhéus, Bahia, Brazil), as described at the rearing and maintenance item. The number of eggs was counted daily, and when a second laying of eggs occurred the egg viability was evaluated. Also, daily mortality of adults was registered.

Experimental design was completely randomized with six treatments (at 10, 15, 20, 25, 30, and 35°C), and 25 repetitions (couples) each. The biological parameters evaluated were: periods (days) of pre-oviposition and oviposition, mean total fecundity, fertility and longevity (days) of males and females.

After the death of females, the presence of spermatophore in the bursa copulatrix was verified to register the couple's percentage of matings. To do so, the abdomen was detached

from the thorax using histology scissors and a scalpel. The abdomen was then placed inside a glass tube (50 ml) containing 20 ml of potassium hydroxide solution (KOH 10%). This procedure was conducted so the excess tissue that could be adhered to the copulatory bursa was removed. After 48 hours, the abdomen was placed on a watch glass (Syracuse™) and dissected under a stereoscopic microscope (Leica, M80) so spermatophores could be counted.

From the biological parameters obtained at immature and adult stages, such as duration and viability of development stages, sex ratio, fecundity, fertility and longevity, the fertility life table was calculated estimating the following parameters: net reproduction rate (R_0), intrinsic population growth rate (R_m), mean generation time (T) and finite rate of increase (λ).

DETERMINATION OF THERMAL REQUIREMENTS AND NUMBER OF ANNUAL GENERATIONS OF *P. FORFICIFERA*

From the duration of egg, larval and pupal stage, and the egg to adult period, we estimated the thermal requirements, calculating the lower thermal threshold (T_b) and the thermal constant (K) using the hyperbole method (Haddad and Parra 1984). Based on T_b , K and the accumulated degree-days (GD), we estimated the annual number of generations of *P. forficifera* in olive producing regions from Brazil and Uruguay. For this study we consider that the thermal requirements of *P. forficifera* are the same for all other populations evaluated. We use the methodology proposed by other authors (Haddad and Parra, 1984). Therefore, we used mean historical monthly temperatures (1981-2010) for each region in Brazil (INMET, 2020) and in Uruguay (INIA, 2020). The annual number of generations was estimated for seven municipalities, being them, Santana do Livramento (RS), Encruzilhada do Sul (RS), Campo Novos (SC), São Carlos (SP), Maria da Fé (MG) e Venda Nova do Imigrante (ES), in Brazil, and the municipality of Treinta y Tres, in Uruguay. The climatological data (mean monthly temperature) of each studied location were collected from weather stations at the site or located at a maximum of 30 km from the study site.

STATISTICAL ANALYSES

Duration of egg, larval and pupal stages and egg-adult, pre-oviposition, oviposition (x) (days) were tested for normality by the Shapiro & Wilk (1965) test and homoscedasticity according to Hartley (1950) and Bartlett (1937). Subsequently, the means were subjected to analysis of variance (ANOVA) through the F test ($P \leq 0.05$) using the SAS[®] GLM procedure (SAS Institute, 2011). When statistically significant, the means were compared by Tukey's test ($P \leq 0.05$). Sex ratio was analyzed by chi-square (χ^2) test ($P \leq 0.05$) (PROC FREQ, SAS Institute, 2011). Fertility life table parameters such as net reproduction rate (R_0), intrinsic population growth rate (R_m), mean generation time (T) and finite rate of increase (λ) were estimated by the Jackknife technique, using Lifetable SAS (Maia et al. 2000) programming and means were compared by the t bilateral test ($P \leq 0.05$) in the SAS[™] software (SAS Institute 2011). Longevity of *P. forficifera* adults was estimated by survival curves using the Kaplan-Meier Estimator and, subsequently, compared with one another using the log-rank test with the R statistical system (R Development Core Team 2011). From the mean duration of the *P. forficifera*'s development stages (egg, larval and pupal) and egg-adult at different temperatures, the lower thermal threshold for development (T_b) and thermal constant (K), using the hyperbole method (SAS Institute 2011).

Results

BIOLOGY OF IMMATURE AND ADULT STAGES OF *PALPITA FORFICIFERA* AT DIFFERENT THERMAL CONDITIONS

Temperature affected the duration of all development stages and viability of egg and larval stages of *P. forficifera* (Table 1). Out of all temperatures evaluated, 35°C did not allow the development of any *P. forficifera* stage, while at 10°C only the embryonic period (35 days) was observed to be successful, but with the lowest embryonic viability, of 20% (Table 1).

Meanwhile, 25 and 30°C provided the shortest periods for egg (3.5 and 3.0 days), larval (15.9 and 14.8 days), pupal (9.2 and 7.2 days) stages and egg-adult (28.6 and 25.0 days) respectively (Table 1). In contrast, at 15°C we observed the longest development period at larval (41.8 days) and pupal (23.5 days) stages as well as egg-adult (73.4 days) period. The 30°C temperature negatively influenced larval viability (48.7%) compared to the other temperatures under consideration (Table 1). Nevertheless, no statistical difference was observed regarding pupal and egg-adult viability (Table 1). Sex ratio varied between 0.44 and 0.55 and did not significantly differ among treatments (Table 2).

The duration of pre-oviposition periods was inversely proportional to the temperature, ranging from 6.0 days at 30°C to 22.7 days at 15°C, significantly differing from 20°C (12.4 days) and 25°C (10.2 days) (Table 2). Furthermore, at 15°C (15.1 days), 20°C (15.5 days) and 30°C (19.9 days) the longest oviposition periods were observed, when compared to 25°C (10.2 days) (Table 2). However, despite presenting the shortest oviposition period, females exposed to 25°C were the ones with the largest values for fecundity (total number of eggs) (325.5) (Table 2). Females kept at 35°C did not lay eggs, since they lived for only a few days. Regarding copulation, adults kept at 10 and 15°C did not mate, statistically differing from insects kept at 20, 25 and 30°C (Table 2) whose copulatory bursa contained spermatophores, although at 20°C, the percentage of matings was lower than what was found at 25 and 30°C (Table 2). *P. forficifera* fertility at 20, 25 and 30°C was superior to 80% and at 15°C, a temperature at which eggs were obtained, fertility was not observable, since no spermatophores were found inside the copulatory bursa (Table 2).

Regarding longevity, females ($\chi^2 = 66.3$; $gl = 4$; $P < 0.0001$) (Fig. 1A) and males ($\chi^2 = 33.1$; $gl = 4$; $P < 0.0001$) (Fig. 1B) significantly differed in all of the tested temperatures, and only at 10°C females lived longer (around 11.5 days) than males. However, at the other

evaluated temperatures, males tend to live longer (15 °C: 7.32 days; 20°C: 9.40 days; 25°C: 7.40 days and 30°C: 5.88 days) (Fig. 1B) compared to females (Fig. 1A).

With the fertility life table it was possible to verify that the mean time of a generation (T) varied from 107.4 days (15°C) to 36.6 days (30°C), statistically differing from the other temperatures (Table 3). At 43.9 days (25°C) and 36.6 days (30°C) of development, the net reproduction rates (R_o) were 121.5 and 98.6, respectively (Table 3). These values were, respectively, 5.6 times higher superior to what was found for insects kept at 15°C ($R_o = 21.4$) (Table 3). Besides, insects kept at 15 and 20°C were negatively affected regarding intrinsic population growth rate (R_m) and finite rate of increase (λ) compared to 25 and 30°C treatments (Table 3).

DETERMINATION OF THERMAL REQUIREMENTS AND NUMBER OF ANNUAL GENERATIONS OF *PALPITA FORFICIFERA*

The lower thermal threshold (T_b) and thermal constant (K) of the egg stage was 7.4°C and 64.6 GD ($y = -0.11454 + 0.01547x$; $R^2 = 0.98$; $p = 0.0006$); the larval stage was 10.0°C and 322.6 GD ($y = -0.00310 + 0.00310x$; $R^2 = 0.95$; $p = 0.0209$); the pupal stage was 10.7°C and 158.7 GD ($y = 0.06727 + 0.00630x$; $R^2 = 0.99$; $p = 0.0050$); and egg-adult period was 10.7 and 549.5 GD ($y = -0.01943 + 0.00182x$; $R^2 = 0.98$; $p = 0.0087$), respectively. Based on the lower thermal threshold, accumulated degree-days necessary to complete the adult stage of *P. forficifera* and the monthly average temperatures for each municipality, the number of annual generations was 4.6 (Santana do Livramento/RS), 4.5 (Encruzilhada do Sul/RS), 4.0 (Campos Novos/SC), 6.6 (São Carlos/SP), 4.2 (Maria da Fé/MG), 6.3 (Venda Nova do Imigrante/ES) and 4.2 (Treinta y Tres/Uruguay) (Table 4).

Discussion

In this study, it was verified that 25 and 30°C were considered ideal temperatures for *P. forficifera*, as observed from biological parameters and results obtained from the fertility life table. However, at 15°C the species can develop, in a slower growth rate. Biological results found for *P. forficifera* concur with findings about *P. unionalis*, the main pest in most olive-growing countries of the Mediterranean basin (Dahi et al. 2009; Khaghaninia & Pourabad 2009; Yilmaz & Genç 2012). Nevertheless, at constant temperatures of 10 and 35°C, a negative effect was verified over *P. forficifera* at egg, larval and pupal stages and egg-adult period. Furthermore, in field conditions, the biological development of the species may be afflicted by changes not observed in the laboratory. This may occur due to thermal variations along the day in the field, exposing insects to a range of temperatures and not constantly the same conditions (Haddad & Parra 1984), specially, in subtropical regions like those found in South of Brazil and Uruguay.

In the field, *P. forficifera* caterpillars feed from olive tree leaves, particularly those located in apical regions of the plant and shooting buds (Scheunemann et al. 2020). During the feeding process, there is a formation of webs over the leaves, which leads them to close (Scheunemann et al. 2017). This ecological relationship between insect and plant may provide an adequate microclimate, allowing the pest to survive through critical periods for the development of the species, specially during cold seasons (May through July) (temperatures lower than or close to 10°C), since the diapause phenomenon has not been verified for *P. forficifera* until now, as it was observed in *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) (Silva et al. 2014), an important pest of apple and peach orchards in Brazil. However, it is relevant to note that at 15°C copulation was not observed in lab conditions, indicating that low temperatures are not suitable for mating to occur and those must have interfered in sexual maturity or production of pheromones (Milano et al. 2008).

The net reproduction rate, in other words, the ability of a given population increase in each generation, is an important indicator of the population dynamics, that sums up the physiological ability of an insect (Richards 1961; Kumral et al. 2007). In a previous study, *P. forficifera* reared on the olive cultivar Koroneiki at 25°C presented a net reproductive rate of 106.58, close to the one found in the present study, of 121.5 (Scheunemann et al. 2019).

The lack of development during larval and pupal stages and, consequently, the egg-adult period, as well as the non occurrence of copulation between *P. forficifera* adults exposed to 10°C demonstrates that, at this temperature, the species is near its lower thermal threshold, as estimated (10.7°C). Based on the values of T_b and the thermal constant (K), it was verified that the number of annual generations of *P. forficifera* may vary according to location. That said, a lower number of generations of caterpillars of the olive tree is expected to be found in places where temperatures are lower, as it happens in the south of Brazil (Campos Novos, RS) and in Uruguay (Treinta y Tres), and in higher altitudes, as observed for some olive farming regions in the Southeast of the country (São Carlos, SP). Such variation on the number of annual generations of *P. forficifera* meets what was observed for *P. unionalis*. For the latter, the number of annual generations may vary between four to five, in Italy (Martelli 1915), six in Israel (Avidov & Harpaz 1969), five in Spain (Fodale et al. 1988), two in France (Balachowsky 1972), two to three in Turkey (Kovanci et al. 2006) and three in Greece (Mazomenos et al. 2002).

Still, considering a global climate change scenario, with rising temperatures, the number of generations tends to increase, intensifying economic damages caused by the pest, as it was demonstrated for *G. molesta* and other species of pest-insects that threaten temperate climate fruit trees in the South of Brazil (Nava et al. 2017). Thereafter, data obtained in this study, ideally associated with data regarding the development of the species according to other environmental variables, such as humidity and photoperiod, allow the ecological zoning and to

estimate the bioecological behavior of the species in different locations and global warming scenarios.

Knowledge about thermal requirements of the species can help optimizing the *P. forficifera* rearing and multiplication process in the lab (Scheunemann et al. 2019), aid monitoring of the pest in orchards in order to verify initial occurrence of the species and predict population outbreaks in the field. This information can help the development of new control strategies, such as biological control, as well as planning and implementing management programs, integrating control techniques and assuring rational use of chemical pesticides.

Acknowledgments

The present work was accomplished with the support of the National Council for the Improvement of Higher Education – Brazil (CAPES) – Financing Code 001 and National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

References Cited

- Alba JMF, Flores CA, Wrege MS, Coutinho EF, Jorge RO. 2013. Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul. 01. Ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 92p.
- Arambourg Y. 1986. Pyralidae *Margaronia unionalis* Hubn. In: Arambourg Y. (Ed.), Traite d'entomologie oleicole. International Olive Oil Council, Madrid, Spain, pp. 75–80.
- Arioli CJ, Botton M, Bernardi D, Santos JP, Hickel ER. 2014. Recomendações para o manejo de *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura da macieira. Boletim Técnico. 177:1-43.
- Asolur. 2020. Asociación Olivícola Uruguay (http://www.extravirgenuruguay.com/po/uruguai-productor) (accessed 07 Jan 2020).

- Avidov Z, Harpaz I (1969) Plant pests of Israel. Jerusalem, Israel: Israel Universities Press. 549p.
- Badawi A, Awadallh AM, Foda SM. 1976. On the biology of the olive leaf moth *Palpita unionalis* Hb. (Lep., Pyralidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie 80: 103-110.
- Balachowsky AS. 1972. Entomologie appliquée a l'agriculture, vol. II. Lepidopteres (pp. 113–1133). Paris, France: Masson.
- Bartlett MS. 1937. Properties of sufficiency and statistical test. Proceedings of the Royal Society of London. Series A 160:268-282.
- Bergant K, Trdan S. 2006. How reliable are thermal constants for insect development when estimated from laboratory experiment? Entomologia Experimentalis et Applicata 120: 251-256.
- Butt BA, Cantu E. 1962. Sex determination of lepidopterous pupae. Washington: USDA. 7p. (ARS, 33-75).
- Coutinho EF, Jorge RO, Haerter JA, Costa VB. 2015. Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no sul do Brasil. 1 ed. Embrapa, Brasília, 181p.
- Dahi H, Walaa F, Ibrahim G, Mohsen MA. 2009. Heat requirements for the development of the Black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel) (Noctuidae: Lepidoptera). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences 2: 117-124.
- Faostat. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nation in (<http://www.fao.org/faostat/en/#data>) (accessed 07 Jan 2020).
- Fodale AS, Mule R, Tucci A. 1988. Bioethological observations on *Margaronia unionalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae) in Sicily and trials on its control. Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Olivicoltura, 10: 31–44.

- Haddad ML, Parra JRP. 1984. Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo de insetos. Piracicaba, FEALQ, 12p. (Série Agricultura e Desenvolvimento).
- Hartley HO. 1950. The maximum *F*-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika* 37: 308-312.
- Hayden JE, Buss LJ. 2013. Olive shootworm, *Palpita persimilis* Munroe (Insecta: Lepidoptera: Crambidae). EENY556/IN995. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Ibraoliva. 2020. Instituto Brasileiro de Olivicultura. (<https://www.ibraoliva.com.br/>) (accessed 07 April 2020).
- INMET. 2020. Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>) (accessed 21 April 2020).
- INIA. 2020. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (<http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>) (accessed 21 April 2020).
- ITIS. 2020. Integrated Taxonomic Information System. Catalogue of Life: 28th November 2017 indexing the world's known species (<http://www.catalogueoflife.org/col/search/all/key/Palpita/fossil/0/match/1>) (accessed 21 April 2020).
- Khaghaninia S, Pourabad RF. 2009. Investigation on biology of olive leaf worm *Palpita unionalis* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae) in constant laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology* 4: 320-326.
- Kovanci B, Kumral NA, Akbudak B. 2006. Investigations on the population fluctuation of olive pyralid, *Palpita unionalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in olive groves in Bursa Province of Turkey. *Turkish Journal of Entomology* 30: 23–32.

- Kumral N, Kovanci B, Akbudak B. 2007. Life tables of the Olive Leaf Moth, *Palpita unionalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), on different hosts plants. *Journal of Biological & Environmental Sciences* 1: 105-110.
- Lima ER, Della Lucia TMC. 2001. Biodinâmica dos feromônios. In: Vilela EF. & Della Lucia TMC. (Ed.). *Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas*. 2. Ed. Ribeirão Preto: Holos, p. 13-25.
- Lopez-Villalta MC. 1999. *Olive Pest and Disease Management*. International Olive Oil Council, Madrid.
- Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511-518.
- Martelli G. 1915. Intorno a due specie di Lepidotteri dei generi *Zelleria* e *Glyphodes* viventi sull'olivo. 10: 89–102.
- Mazomenos BE, Konstantopoulou MA, Raptopoulos D, Stefanou D, Scareas S, Tzeiranakis LC. 2002. Female calling behaviour and male response to the synthetic sex pheromone components of *Palpita unionalis* [Lepidoptera: Pyralidae]. *Proceedings 25th Anniversary Jubilee Meeting of the IOBC-WPRS Group “Use of pheromones and other semiochemicals in integrated control”* (Samos, Greece, 2000), pp. 203–211.
- Mesquita DL, Oliveira AF, Mesquita HA. 2006. Aspectos econômicos da produção e comercialização do azeite de oliva e azeitona. *Informe Agropecuário* 27: 7-12.
- Milano P, Filho EB, Parra JRP, Cônsoli FL. 2008. Influência da temperatura na frequência de copula de *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology* 37: 528:535.
- Nava DE, Nascimento AM, Stein CP, Haddad ML, Bento JMS, Parra JRP. 2007. Biology, thermal requirements, and estimation of the number of generations of *Zaprionus*

- indianus* (Diptera: Drosophilidae) for the main producing regions of Brazil. Florida Entomologist 90: 495-501.
- Nava DE, Wrege MS, Diez-Rodriguez GI. 2017. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica de insetos-praga na cultura do pessegueiro. In: Wagner B, Hamada E, Angelotti F, Aud AM & Ghini R (Org.). Aquecimento global e problemas fitossanitários. 1ed. Brasília: Embrapa, p. 453-476.
- Parra JRP. 2000. A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório à aplicação em campo, pp. 1-29. In: Guedes JC, Costa ID, Castiglioni E (eds.), Bases e Técnicas do manejo de Insetos. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS; Pallotti, 2000. 248p.
- Paullier J. 2013 Plagas del olivo, pp. 169-181. In M. A. Grompone, and J. Villamil (eds.), Aceites de olive: de la planta al consumidor. INIA: Hemisferio Sur, Montevideo.
- Peterson AT, Vieglais DA. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. Bioscience 51: 363-371.
- R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. URL 62 <http://www.R-project.org>.
- Ricalde MP, Nava DE, Loeck AE, Coutinho EF, Bisognin A, Garcia FRM. 2014. Occurrence of caterpillar of the olive tree, *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Pyralidae) in olive groves in the State of Rio Grande do Sul. Acta Horticulturae 1057.
- Richards, OW. 1961. The theoretical and practical study of natural insect populations. Annual Review of Entomology 6: 147-162.
- Sas Institute. 2011. Statistical Analysis System: Getting Started with the SAS Learning. SAS Institute, Cary, NC, USA.

- Sausen CD, Sant'Ana J, Redaelli LR, Pires PDS. 2011. Diapause initiation and alterations in the life cycle of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) as induced by photoperiodic conditions. *Neotropical Entomology* 5: 529-532.
- Scheunemann T, Grützmacher AD, Nörnberg SD, Gonçalves RS, Nava DE. 2017. Deu traça. Cultivar HF 105: 14-16.
- Scheunemann T, Bernardi D, Nava DE. 2020. Pragas da Oliveira. Cultivar HF 119: 10-13.
- Scheunemann T, Manica-Berto R, Nörnberg SD, Gonçalves RS, Grützmacher AD, Nava DE. 2019. Biology and fertility life tables for *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) reared on three olive cultivars and privet. *Journal of Economic Entomology* 119: 450-456.
- Shapiro SS, Wilk MB. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- Silva OABN, Bernardi D, Botton M, Garcia MS. 2014. Biological characteristics of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) induced to diapause in laboratory. *Journal of Insect Science* 14:1-4.
- Southwood TRE. 1995. *Ecological methods*. Chapman & Hall, London.
- Trudgill DL, Honek A, Li D, van Straalen NM. 2005. Thermal time – concepts and utility. *Annals of Applied Biology* 146: 1-14.
- Trudgill DL, Perry JN. 1994. Thermal time and ecological strategies – a unifying hypothesis. *Annals of Applied Biology* 125: 521-532.
- Yilmaz Ç, Genç H. 2012. Determination of the life cycle of the olive fruit leaf moth, *Palpita unionalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in the laboratory. *Florida Entomologist* 95: 162-17.

Table 1. Mean values (\pm standard error) of duration (days) and viability (%) of the egg, larval and pupal stages and egg-adult period of *Palpita forficifera* at different temperatures.

Temperature (°C)	Duration (days)			
	Egg	Larva	Pupa	Egg - adult
10	35.0 \pm 0.8 a	*	*	*
15	8.0 \pm 0.0 b	41.8 \pm 1.1 a	23.5 \pm 1.3 a	73.4 \pm 9.8 a
20	5.0 \pm 0.0 c	24.3 \pm 0.5 b	12.1 \pm 0.5 b	41.4 \pm 5.6 b
25	3.5 \pm 0.1 c	15.9 \pm 0.5 c	9.2 \pm 0.5 c	28.6 \pm 3.6 c
30	3.0 \pm 0.0 c	14.8 \pm 0.4 c	7.2 \pm 0.3 c	25.0 \pm 3.5 c
F	32.8	22.8	19.5	27.7
d.f.	4	3	3	3
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Viability (%)				
10	20.0 \pm 6.5 b	*	*	*
15	86.0 \pm 3.4 a	76.7 \pm 4.6 a	78.7 \pm 4.3 ^{ns}	80.4 \pm 2.8 ^{ns}
20	80.0 \pm 6.3 a	80.0 \pm 5.7 a	88.7 \pm 3.2	82.9 \pm 2.9
25	88.6 \pm 5.2 a	74.7 \pm 4.1 a	89.3 \pm 4.0	84.2 \pm 4.8
30	84.7 \pm 5.2 a	48.7 \pm 5.0 b	74.2 \pm 12.9	74.2 \pm 12.9
F	23.5	17.6	21.3	19.1
d.f.	4	3	3	3
P	> 0.0001	> 0.0001	0.5632	0.3211

Means followed by the same letters in columns do not statistically differ from one another by Tukey's test ($P > 0.05$).

*The was no development;

^{ns}: not significant

Table 2. Mean values (\pm standard error) of biological parameters of *Palpita forficifera* at different temperatures.

Temperature (°C)	Sex ratio	Duration (days)		Fecundity	Fertility (%)	Copulation (%)
		Pre-oviposition	Oviposition			
10	*	*	*	*	*	0.0 c
15	0.55 ^{ns}	22.7 \pm 3.0 a	15.1 \pm 2.3 ab	52.7 \pm 14.8 c	0.00 b	0.0 c
20	0.53	12.4 \pm 1.1 b	15.5 \pm 1.7 a	183.8 \pm 32.8 b	80.0 \pm 6.3 a	24.0 b
25	0.44	10.2 \pm 1.3 b	10.2 \pm 0.9 b	325.5 \pm 48.1 a	88.6 \pm 5.2 a	68.0 a
30	0.55	6.0 \pm 0.3 c	19.9 \pm 1.7 a	242.3 \pm 36.5 b	84.7 \pm 5.2 a	68.0 a
H	3.95	40.0	16.0	28.54	23.5	53.6
d.f.	3	3	3	3	3	4
P	<0.2672	<0.0001	<0.0011	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Means followed by the same letters in columns do not statistically differ from one another by Tukey's test ($P > 0.05$).

* Insects did not lay eggs.

Table 3. Fertility life table of *Palpita forficifera* at different temperatures.

Temperature (°C)	T (dias)	R _o (♀ / ♀)	R _m (♀ / ♀*dia)	Λ
15	107.4 ± 2.76 a	21.4 ± 6.23 c	0.029 ± 0.002 c	1.029 ± 0.002 b
20	60.1 ± 1.22 b	80.9 ± 14.44 b	0.073 ± 0.003 b	1.076 ± 0.003 b
25	43.9 ± 0.59 bc	121.5 ± 17.69 a	0.109 ± 0.003 a	1.116 ± 0.003 a
30	36.6 ± 0.55 c	98.6 ± 14.84 ab	0.126 ± 0.003 a	1.134 ± 0.004 a

T = mean generation time; R_o = net reproduction rates, R_m = intrinsic population growth rate and λ = finite rate of increase. Values represent mean ± SE obtained with the Jackknife method by the SAS program.

For each evaluated parameter, means followed by the same letters in columns do not statistically differ from one another by Tukey's test ($P > 0.05$).

Table 4. Average temperatures (T) (°C) for olive producing regions of Brazil and Uruguay, accumulated degree-days (GD) and estimated number of generations (Num) based on the thermal constant (K) of *Palpita forficifera*.

Months	Brazil										Uruguay			
	Santana do Livramento		Encruzilhada do Sul		Campos Novos		São Carlos		Maria da Fé		Venda Nova do Imigrante		Trinta y Tres	
	T	GD	T	GD	T	GD	T	GD	T	GD	T	GD	T	GD
Jan	23.8	409.2	22.5	368.9	20.8	316.2	22.7	375.1	19.9	288.3	22.6	372.0	23.6	386.3
Fev	22.9	344.4	21.9	316.4	20.5	277.2	22.9	344.4	19.9	260.4	22.9	344.4	22.3	327.6
Mar	21.5	337.9	21.1	325.5	19.5	275.9	22.5	368.9	19.2	266.6	22.9	359.6	19.4	274.0
Abr	18.0	222.0	18.1	225.0	17.1	195.0	21.1	315.0	17.3	201.0	20.8	306.0	16.4	172.8
Mai	14.5	120.9	14.8	130.2	13.6	93.0	18.2	235.6	14.4	117.8	18.7	251.1	13.3	83.1
Jun	12.1	45.0	12.4	54.0	12.6	60.0	17.1	195.0	12.7	63.0	17.6	210.0	11.1	15.6
Jul	12.5	58.9	11.7	34.1	12.1	46.5	17.2	204.6	13.1	77.5	17.1	201.5	10.8	4.6
Ago	12.5	58.9	13.3	83.7	13.7	96.1	18.8	254.2	14.1	108.5	17.3	207.7	12.8	67.6
Set	14.0	102.0	14.3	111.0	14.5	117.0	20.2	288.0	16.4	174.0	18.6	240.0	14.6	120.0
Out	17.5	213.9	17.1	201.5	16.9	195.3	21.8	347.2	18.1	232.5	20.2	297.6	17.6	215.5
Nov	20.0	282.0	19.3	261.0	18.8	246.0	22.2	248.0	18.8	246.0	21.0	312.0	19.5	268.2
Dez	22.2	359.6	21.5	337.9	20.4	303.8	22.4	365.8	19.4	272.8	21.9	350.3	22.3	361.8
Total		2195.1		2449.2		1918.2		3641.8		2035.6		3101.9		2297.0
K		549.45		549.45		549.45		549.45		549.45		549.45		549.45
Num		4.6		4.5		4.0		6.6		4.2		6.3		4.2

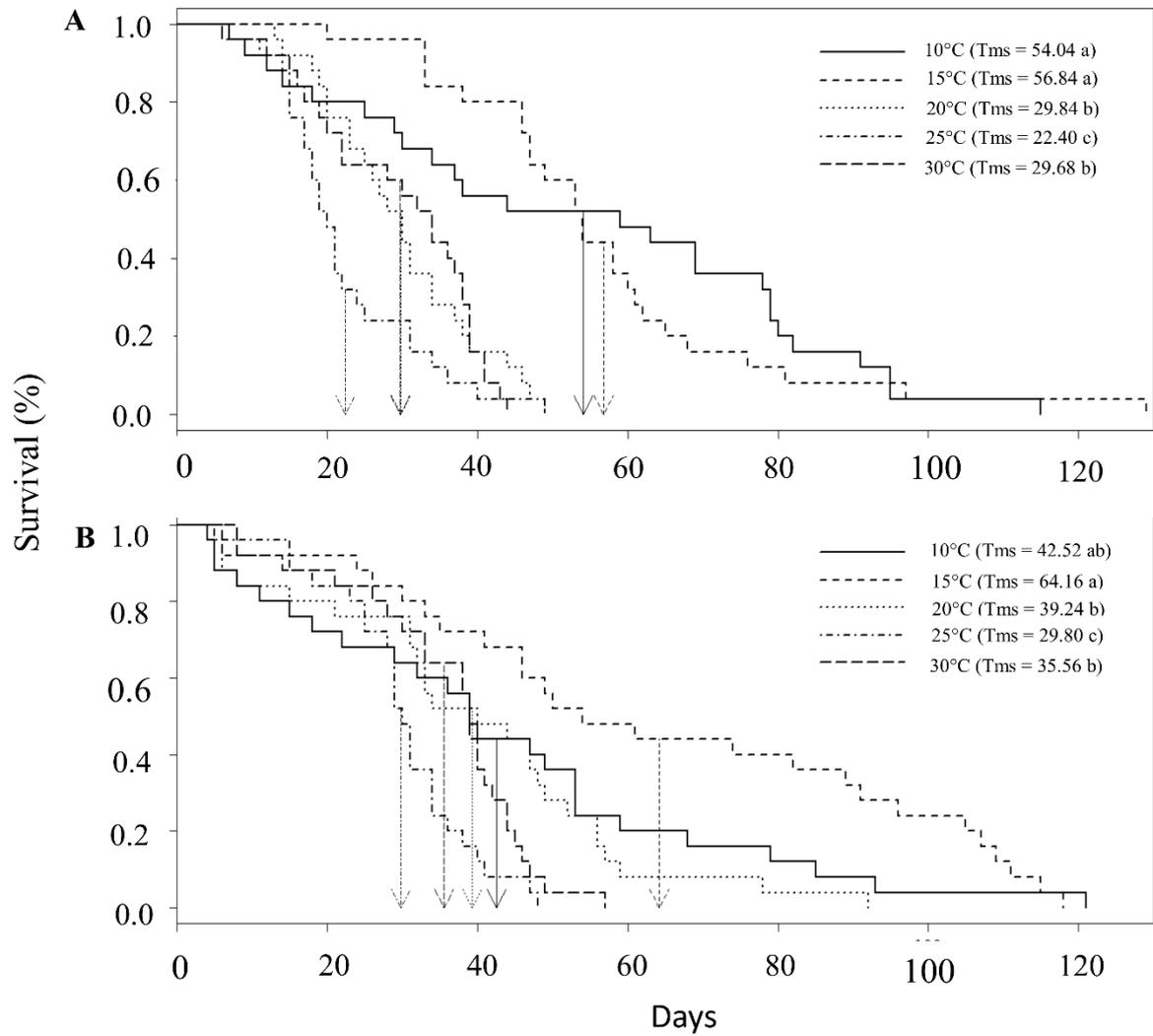


Fig. 1. Survival curves for female (A) and male (B) survival of *Palpita forficifera* at different temperatures (10, 15, 20, 25 and 30°C), 60±10% relative air humidity and 14h photophase. Curves followed by the same letters for each gender, did not differ from one another by the log-rank test (Tms – mean time of survival).

Artigo 2 – Journal of Applied Entomology
(A ser submetido)

1 **Artigo 2 – Efeito de diferentes condições de umidade relativa do ar e de fotoperíodo no**
2 **desenvolvimento de *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae)**

3
4 Tiago Scheunemann^{(1)*}, Luis Miguel Da Silva Corrêa⁽²⁾, Alexandra Peter Krüger⁽¹⁾, Guido
5 Roberto Villalba Aguilera⁽¹⁾, Daniel Bernardi⁽¹⁾, Dori Edson Nava⁽³⁾
6

7 ⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS,
8 96010900, Brasil tiago.scheunemann@hotmail.com, alexandra_kruger@hotmail.com,
9 guidoaguilera@hotmail.es, dbernardi2004@yahoo.com.br

10 ⁽²⁾ Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS,
11 96010900, Brasil luismigueldasilva.99@gmail.com

12 ⁽³⁾ Laboratório de Entomologia, Embrapa Clima Temperado, Rodovia Br 392 Km 78, 96010-
13 970, Pelotas, RS, Brasil dori.edson-nava@embrapa.br

14 Autor correspondente: tiago.scheunemann@hotmail.com
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

25 **Resumo** - A lagarta-da-oliveira *Palpita forficifera* Munroe, 1959 é o inseto-praga de maior
26 importância agrícola nos pomares de oliveira do Brasil. Estudos recentes indicaram que a praga
27 tem ocasionado danos cada vez mais severos em diferentes regiões de cultivo de oliveira no
28 País. O trabalho teve por objetivo conhecer o desenvolvimento dos estágios imaturos e adulto
29 de *Palpita forficifera* em diferentes condições de umidade relativa e de fotoperíodo. As fases
30 do desenvolvimento foram submetidas a diferentes faixas de umidade relativa do ar (UR%) (0-
31 20, 21-40, 41-60, 61-80 e 81-100%) e de fotoperíodo (horas de luz/escurecimento) (4/20, 8/16,
32 12/12, 16/8 e 20/4 horas). Nessas condições de UR e fotoperíodo foram determinados a duração
33 e a viabilidade das fases do desenvolvimento, fecundidade, longevidade e razão sexual e a partir
34 desses parâmetros foi elaborado a tabela de vida de fertilidade. De acordo com os resultados,
35 foi verificado que não houve sobrevivência de lagartas de *P. forficifera* quando submetidas a
36 faixa de 0-20% de UR. Porém, na faixa de 81-100% UR foi observado o menor período de
37 desenvolvimento larval (15,5 dias) e, conseqüentemente, o menor período (ovo-pupa) (30,3
38 dias). Contudo, acima de 41% de UR foram obtidas as maiores viabilidade larvais (variação de
39 58 a 68%). Insetos acondicionados na fotofase de 4 horas apresentaram o menor período ovo a
40 pupa (28,8 dias) e a maior viabilidade (64,7%). Pupas provenientes de lagartas mantidas na
41 faixa de umidade de 21-40% apresentaram o menor peso (51,3 mg). Em contraste, quando
42 acondicionadas em diferentes fotofases, o peso de pupa foi estatisticamente semelhante entre
43 os tratamentos (variação entre 69,7 a 73,4 mg). Durante a fase adulta, não foi verificado
44 diferenças significativas na fecundidade diária (número de ovos por fêmea/dia) nas diferentes
45 UR% (variação de 32 a 39) e fotofases (variação de 40,1 a 48,7). Contudo, de acordo com a
46 tabela de vida de fertilidade, nas faixas de 61 a 80 e 81 a 100% UR ocorreu a maior taxa líquida
47 de aumento ($R_0 = 43,2$) e uma capacidade de aumento populacional de 68% quando comparado
48 com insetos submetidos a umidade de 21-40%. Assim como, insetos acondicionados a fotofase
49 de 4 horas apresentaram a maior taxa líquida de reprodução ($R_0 = 59,6$) e a maior capacidade

50 de crescimento populacional (>75%) em relação aos demais fotofases avaliadas. Os resultados
51 do presente estudo são importantes para fazer previsões de ocorrência do inseto a campo e
52 auxiliar no delineamento de estratégias para o seu manejo.

53

54 **Palavras-chave:** Biologia, lagarta-da-oliveira, Oliveira.

55

56 **Introdução**

57 A olivicultura é praticada em várias regiões do mundo, com destaque para as de clima
58 subtropical e temperado. Atualmente, o Brasil é o segundo maior importador de azeite depois
59 dos Estados Unidos e o sexto em importação de azeitona (FAOSTAT, 2020). As tradicionais
60 áreas de cultivo de oliveira nos países do Mediterrâneo estão ficando esgotadas devido à pouca
61 capacidade de ampliar os plantios já existentes. Em contraste, países da América do Sul
62 (Uruguai, Chile, Argentina, Peru) e da Oceania (Austrália) têm ampliado as áreas de produção
63 (Mesquita et al., 2006). No Brasil, o cultivo de oliveira tem aumentado nos últimos quinze anos
64 devido às oportunidades para ocupar esse nicho de mercado e, assim, pomares têm sido
65 instalados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Coutinho et al., 2015; FAOSTAT, 2020).

66 Um dos problemas para a expansão do cultivo de oliveira tem sido a ocorrência da
67 lagarta-da-oliveira *Palpita forficifera* Munroe, 1959 (Lepidoptera: Crambidae). Nativa da
68 América do Sul, nos últimos anos, tem-se tornado a principal praga da cultura da oliveira
69 (Ricalde et al., 2014; Castilhos & Brugnara, 2019; Scheunemann et al., 2019). Os danos são
70 causados pelas lagartas que atacam as brotações, destruindo os primórdios foliares e
71 comprometendo o desenvolvimento das plantas e a produção de oliveira. Nos últimos anos as
72 infestações têm sido maiores e o ataque da praga também está ocorrendo nos frutos
73 (Scheunemann et al., 2020). Em estudos recentes foi verificado que a temperatura exerce um

74 papel fundamental no desenvolvimento de *P. forficifera* podendo proporcionar até sete gerações
75 anuais, dependendo da região de ocorrência (Scheunemann et al. 2021).

76 Contudo, além da temperatura, a umidade relativa do ar e o fotoperíodo também
77 podem ter influência no crescimento e desenvolvimento de artrópodes, atuando diretamente na
78 distribuição temporal e espacial dos insetos no campo (Dicko et al., 2014). A umidade relativa
79 do ar pode afetar a fisiologia dos insetos e, portanto, ocasionar problemas de desenvolvimento,
80 afetar a longevidade e a oviposição. Em altas umidades relativas ou em ar saturado (100% UR),
81 insetos podem ser infectados mais facilmente por patógenos (Gullan & Cranston, 2005). Por
82 outro lado, o fotoperíodo é um fator abiótico que influencia a biologia e o comportamento dos
83 insetos, podendo ser considerado o principal fator regulador da diapausa (Ali & Ewiess, 1977).
84 De acordo com Atwal (1955) o processo de oogênese nos insetos é controlado por fatores
85 externos como o fotoperíodo, uma vez com que em situações de dias curtos (pouca luz) os
86 insetos podem sofrer inativação dos *corpora allata*, resultando em baixos teores do hormônio
87 juvenil e preparação para a diapausa.

88 Para *P. forficifera* pouco se sabe sobre o efeito da umidade relativa do ar e o
89 fotoperíodo no seu desenvolvimento. Desta forma, as informações sobre o comportamento da
90 praga em diferentes situações de acondicionamento destes fatores abióticos são de suma
91 importância para o entendimento da distribuição e adaptação da espécie, visto que o Brasil
92 possui uma ampla variação de clima. Neste sentido, o objetivo do estudo foi conhecer o efeito
93 da umidade relativa do ar e do fotoperíodo sobre a biologia de *P. forficifera* em laboratório.

94

95 **Material e Métodos**

96 **Criação e manutenção de *P. forficifera*.** O estabelecimento da criação e manutenção em
97 laboratório foi de acordo com a metodologia de Scheunemann et al. (2019). Os insetos adultos
98 eram acondicionados em gaiolas plásticas transparente (22 cm de altura × 16 cm de diâmetro),

99 sendo alimentados com solução aquosa de mel a 10% e água. Na abertura na parte superior da
100 gaiola, foi colocado um tecido *tule*, sobre o qual foi disposto um disco de papel filtro (11 cm
101 diâmetro) e pano esponja vegetal (Spontex, Pane Sponja, Ilheus, BA, Brasil) úmido para
102 obtenção de ovos. Após 24 horas, o papel filtro, utilizado como substrato de oviposição, foi
103 retirado e as posturas acondicionadas no interior de uma placa de Petri (15 cm de diâmetro × 3
104 cm de altura) com umidade. Após a eclosão, as lagartas foram acondicionadas em caixa plástica
105 (30L) contendo 50 g brotações de oliveira da cv. Koroneiki, que serviu de substrato de
106 alimentação e conforme a necessidade foi adicionado mais alimento para o desenvolvimento
107 larval, sendo que nessa mesma gaiola ocorreu o desenvolvimento pupal. Após a emergência, os
108 adultos foram retirados e acondicionados em gaiolas de criação (aproximadamente 50 casais),
109 conforme descrito acima, prosseguindo as etapas de criação em laboratório. A criação foi
110 mantida em sala climatizada (temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $60 \pm 10\%$ e
111 fotofase de 14h).

112

113 **Biologia de *P. forficifera* em diferentes umidades relativas.** Dessecadores de vidro (volume
114 de 12 L, altura 450 mm, diâmetro interno 300 mm diâmetro externo 380 mm) foram utilizados
115 para manter a umidade relativa do ar (UR) em cinco intervalos de intensidade, sendo de 0-20%
116 (Tratamento 1), 21-40% (Tratamento 2), 41-60% (Tratamento 3), 61-80% (Tratamento 4) e 81-
117 100% (Tratamento 5). Para manter a UR nos intervalos pré-estabelecidos foi utilizado ácido
118 sulfúrico (H_2SO_4) em diferentes quantidades, o que correspondeu para os tratamentos 1, 2, 3, 4
119 e 5 valores de 15, 10, 5, 1 e 0 mL de H_2SO_4 para 5 ml de água, respectivamente. Um termo-
120 higrômetro [TH50 digital (Incoterm™) temperatura interna $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$; umidade $<20 \sim 99\%$]
121 foi utilizado durante todo o experimento para medir a temperatura e a umidade relativa no
122 interior dos dessecadores. Para avaliar o efeito da umidade sobre *P. forficifera*, todas as fases
123 de desenvolvimento do inseto foram expostas aos tratamentos supracitados.

124 Para o desenvolvimento embrionário foram utilizados ovos com até 12h de idade aderidos
125 ao papel filtro, oriundos da criação de manutenção, foram contabilizados e separados em grupos
126 de 25 ovos por repetição. Em seguida, foram acondicionados no interior de placa de Petri (6,0
127 cm diâmetro x 1,5 cm altura) e dispostos nos respectivos tratamentos. Foram utilizadas seis
128 repetições por tratamento ($n=150$). Diariamente foram realizadas observações para registrar a
129 eclosão das lagartas e determinar a duração (dias) e a viabilidade (%) dos ovos.

130 Para a avaliação da fase larval, 30 lagartas neonatas (< 12 horas de idade) de *P.*
131 *forficifera*, foram acondicionadas em tubo de acrílico (7,5 altura x 3,0 cm de diâmetro) (1
132 lagarta por tubo) contendo uma brotação de oliveira da cv. Koroneiki. Para evitar a fuga dos
133 insetos, a parte superior do tubo foi fechada com tecido *voile*. Para garantir a qualidade e a
134 quantidade necessária de alimento para as lagartas, diariamente, foi ofertado alimento novo até
135 ocorrer a pupação. Os parâmetros biológicos avaliados foram duração (dias) e viabilidade (%)
136 da fase larval. Para cada tratamento foram utilizadas 120 repetições (1 lagarta por repetição).

137 Para a fase de pupa foram utilizados 60 machos e 60 fêmeas com até 12 horas de idade
138 provenientes da criação de manutenção, sendo as mesmas individualizadas em tubo de acrílico
139 (7,5 altura x 3,0 cm de diâmetro) fechados na parte superior com tecido *voile*. Posteriormente,
140 as pupas foram acondicionadas nos diferentes tratamentos até a emergência dos adultos. Os
141 parâmetros biológicos avaliados foram duração (dias) e viabilidade (%), peso de pupas com até
142 24 horas de idade e razão sexual (rs), utilizando-se a formula $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / (n^{\circ} \text{ fêmeas} +$
143 $n^{\circ} \text{ machos})$. Para cada tratamento foram utilizadas 120 repetições [(60 pupas macho e 60 pupas
144 fêmeas (1 pupa por repetição)].

145 Para a fase adulta de *P. forficifera*, casais individualizados com até 12 horas de idade,
146 foram acondicionados em gaiolas plásticas transparentes (17 cm de altura x 10 cm de diâmetro)
147 (1 casal por gaiola), com as aberturas superior e inferior fechadas com tecido *tule*. Após, as
148 gaiolas foram acondicionadas nos dessecadores calibrados com as diferentes umidades

149 relativas. Os adultos de *P. forficifera* foram alimentados com água destilada e solução aquosa
150 de mel a 10%, fornecidos em recipientes plásticos de 10 mL de acordo com a metodologia
151 proposta por Scheunemann et al. (2019). Sob o tecido tule de cada gaiola, foi colocado um disco
152 de papel filtro (9 cm de diâmetro) para servir de substrato de oviposição. Diariamente foi
153 contabilizado o número de ovos e realizado a reposição do disco de papel (novo substrato de
154 oviposição). Por ocasião da segunda postura foi avaliada a viabilidade dos ovos. Em adição,
155 diariamente, foi registrada a mortalidade dos adultos visando determinar a longevidade. Foram
156 utilizadas 16 repetições (gaiolas) por tratamento. Os parâmetros biológicos avaliados foram:
157 períodos de pré-oviposição e oviposição, fecundidade diária e longevidade de machos e fêmea.
158 O experimento foi realizado em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de
159 14h.

160

161 **Biologia de *P. forficifera* em diferentes fotoperíodos.** Foram estabelecidos cinco intervalos
162 de fotoperíodo (fotofase / escotofase) que constituíram os seguintes tratamentos: 1) 4/20 horas;
163 2) 8/16 horas; 3) 12/12 horas; 4) 16/8 horas; e 5) 20/4 horas. Para manter o número de horas de
164 luz, foram utilizadas caixas de madeira (55 cm \times 45 cm \times 80 cm) cuja iluminação foi realizada
165 por duas lâmpadas de Tubo LED G3 600mm-9W e um ventilador Cooler (Marca Fluxus,
166 Modelo F1225D12HS Axial FAN DC 12V) que realizava a troca do ar do meio interno para o
167 meio externo. Também foi utilizado um timer (Marca Sibratec, Modelo Eletromec ELMD C6)
168 que era responsável por ligar ou desligar sistema de fotoperíodo estabelecido. A temperatura e
169 a umidade relativa foram registradas com um termo-higrômetro – TH50. Para tal, ovos de *P.*
170 *forficifera* com até 12 horas de idade provenientes da criação de manutenção foram
171 acondicionados em tubo de vidro (8,5 cm \times 2,5 cm) (25 ovos por tubo). Foram utilizadas seis
172 repetições (um tubo de vidro = uma repetição), totalizando 150 ovos por tratamento.
173 Posteriormente, os tubos foram acondicionados no interior das caixas madeira. Diariamente,

174 foram realizadas avaliações para determinar a eclosão das lagartas. Para a fase larval, em cada
175 tratamento foram utilizadas 120 lagartas (com até 12 horas de idade), individualizadas em tubo
176 de vidro (8,5 × 2,5 cm) e alimentadas com duas folhas novas (brotações) de oliveira da cv.
177 Koroneiki. O alimento foi substituído a cada dois dias até o final da fase larval. Por ocasião da
178 pupação, insetos de 24 a 48 horas de idade foram pesados em balança analítica (Shimadzu do
179 Brasil, modelo AUY 220) e realizou-se a separação por sexo, conforme descrito por Butt and
180 Cantu (1962). As pupas foram acondicionadas em tubo de acrílico (40 mL) contendo um pedaço
181 de algodão umedecido, até a emergência. Por ocasião da emergência, casais com até 24h de
182 idade foram formados e acondicionados em gaiolas plásticas transparentes (17 cm × 10 cm),
183 com as partes superior e inferior fechadas com tecido *tule*. A alimentação dos adultos e a
184 obtenção das posturas foram realizadas conforme descrito para a criação de manutenção. A
185 oviposição foi registrada diariamente, sendo o número de ovos contabilizado com auxílio de
186 microscópio estereoscópico. A partir da segunda postura, determinou-se a duração e a
187 viabilidade da fase de ovo. Os parâmetros biológicos avaliados nas fases imaturas foram a
188 duração (dias) e a viabilidade (%) das fases de ovo, lagarta e pupa, razão sexual e peso de pupas.
189 A razão sexual (rs) foi determinada pela equação: $rs = n^{\circ} \text{ de fêmeas} / (n^{\circ} \text{ fêmeas} + n^{\circ} \text{ machos})$.
190 Na fase adulta foram determinados os períodos (dias) de pré-oviposição e oviposição, a
191 fecundidade diária e a longevidade (dias). O experimento foi realizado em sala climatizada com
192 temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $60 \pm 10\%$.

193 **Análise estatística.** Dados relacionados a duração (dias) das fases de ovo, lagarta, pupa e
194 períodos ovo-adulto, pré-oviposição e oviposição foram submetidos ao teste de normalidade de
195 Shapiro-Wilk (1965) e teste de homoscedasticidade de Hartley (1950) e Bartlett (1937).
196 Posteriormente, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do teste
197 F ($P \leq 0,05$) utilizando o procedimento SAS[®] GLM (SAS Institute, 2011). Quando
198 estatisticamente significantes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os

199 resultados relativos à razão sexual foram analisados pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) ($P < 0,05$)
200 (PROC FREQ, SAS INSTITUTE, 2011). A longevidade de *P. forficifera* foi estimada através
201 das curvas de sobrevivência usando o estimador de Kaplan-Meier e, subsequentemente,
202 comparadas entre si usando o teste de log-rank, utilizando o software R (R Development Core
203 Team, 2011). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade como a taxa líquida de reprodução
204 (R_0), a taxa intrínseca de crescimento (R_m), o tempo médio de geração (T) e a razão finita de
205 aumento (λ) foram estimados pelo método Jackknife usando a programação Lifetable. SAS
206 (Maia et al., 2000) e as médias comparados pelo teste *t* bilateral ($P \leq 0.05$) pelo software SAS®
207 (SAS Institute, 2011).

208

209 **Resultados**

210 **Biologia de *P. forficifera* em diferentes umidades relativas.** Ovos de *P. forficifera*
211 submetidos a diferentes faixas de umidade apresentaram o mesmo período de desenvolvimento
212 embrionário (≈ 4 dias) (Tabela 1). Para a viabilidade nas faixas de umidades acima de 41%,
213 foram observados os maiores valores ($>90\%$). Para o estágio de lagarta a duração diferiu
214 significativamente entre os intervalos de umidade relativa variando de 30,1 a 15,6 dias na faixa
215 de 21-40 a 81-100%, respectivamente, enquanto a viabilidade foi maior a partir da faixa de 41-
216 60% de umidade (Tabela 1). Na faixa de umidade de 0-20% não houve desenvolvimento larval
217 (Tabela 1). Por outro lado, não houve diferença na duração (≈ 10 dias) e na viabilidade ($> 76\%$)
218 da fase de pupa quando acondicionadas em diferentes faixas de umidade (Tabela 1). Quando
219 analisado o período ovo-pupa observou-se que a duração diferiu significativamente entre os
220 tratamentos, sendo menor, nas maiores umidades relativas, enquanto a viabilidade foi maior nas
221 faixas de umidade acima de 61-80% (Tabela 1). Em relação ao peso de pupa, foi verificado que
222 as provenientes de lagartas mantidas a faixa de umidade de 21-40% apresentaram o menor peso
223 (51,3 mg), diferindo significativamente das pupas oriundas das demais faixas de umidade

224 testadas que foi superior a 70,0 mg (Tabela 2). As diferentes faixas de umidade relativa do ar
225 testadas na fase larval não interferiram significativamente na razão sexual (variação de 0,46 a
226 0,55) (Tabela 2). Durante a fase adulta, o maior período de pré-oviposição (10,6 dias) e o menor
227 período de oviposição (8,4 dias), foram observados em insetos mantidos na faixa de umidade
228 de 21 a 40% (Tabela 2). Contudo, a fecundidade diária não diferiu significativamente entre os
229 tratamentos avaliados, com variação de 30,8 a 39,7 ovos por dia (Tabela 2). Em relação à
230 longevidade, fêmeas ($\chi^2 = 6,9$; gl = 4; P = 0,1) (Figura 1A) e machos ($\chi^2 = 3,5$; gl = 4; P = 0,5)
231 (Figura 1B) mantidos a faixa de umidade de 0 a 20% foram menos longevos, mas não diferiram
232 significativamente dos demais tratamentos.

233

234 **Biologia de *P. forficifera* em diferentes fotoperíodos.** Ovos submetidos a diferentes
235 fotoperíodos não apresentam diferença significativa na duração do período embrionário (≈ 3
236 dias), mas diferem em relação a viabilidade, sendo maior na menor fotofase (Tabela 3). Para a
237 fase larval, o fotoperíodo de 12/12 horas proporcionou o maior período larval (20,0 dias)
238 (Tabela 3), sendo significativamente superior aos demais tratamentos que apresentaram valores
239 próximos de 17 dias (Tabela 3). A viabilidade do estágio de lagarta foi maior no fotoperíodo de
240 4/20 horas (83,3%), decrescendo até atingir valor de 45,8% no fotoperíodo de 20/4h (Tabela
241 3). Para a fase de pupa o menor valor da duração foi observado no fotoperíodo de 4/20 horas
242 (8,9 dias), diferindo significativamente dos demais regimes de fotoperíodo que variaram de 9,6
243 a 10,1 dias (Tabela 3). No caso da viabilidade pupal observa-se a mesma tendência do efeito do
244 fotoperíodo sobre as fases de ovo e lagarta, ou seja, no fotoperíodo de 4/20 horas ocorre a maior
245 viabilidade e a medida que a fotofase aumenta a viabilidade diminui. Para o período ovo-pupa
246 foi verificado que no fotoperíodo de 12/12 horas (32,8 dias) ocorreu a maior duração, diferindo
247 significativamente dos demais regimes de fotoperíodo, enquanto a viabilidade desse período
248 decresceu de 64,7 a 10,65 com o aumento do número de horas de luz (Tabela 3). Em relação,

249 ao peso de pupa (variação de 68,8 a 73,5 mg) e razão sexual (variação de 0,46 a 0,56), não
250 foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4). Porém, adultos
251 acondicionados no fotoperíodo de 4/20 horas apresentaram o maior período de pré-oviposição
252 (6,8 dias), diferindo significativamente com os demais tratamentos ($\approx 4,5$ dias) (Tabela 4). Por
253 outro lado, no fotoperíodo de 12/12 horas os adultos apresentaram o menor período de
254 oviposição (6,9 dias), diferindo significativamente com os demais tratamentos (Tabela 4). Para
255 a fecundidade diária não foi observada diferença significativa entre os diferentes regimes de
256 fotoperíodo variando de 38,7 a 45,6 ovos/dia) (Tabela 4). Em relação à longevidade, fêmeas
257 ($\chi^2 = 48,3$; gl = 4; $P < 0,0001$) (Figura 2A) e machos ($\chi^2 = 45,2$; gl = 4; $P < 0,0001$) (Figura
258 2B) mantidos no regime de 12/12 horas, foram menos longevos, diferindo significativamente
259 dos demais tratamentos (Figura 2).

260

261 **Tabela de vida de fertilidade.** Quando se elaborou a tabela de vida de fertilidade levando-se
262 em conta os parâmetros biológicos frente aos diferentes regimes de umidade relativa verificou-
263 se que o menor tempo médio de uma geração (T) foi obtido para insetos submetidos a faixa de
264 umidade de 61 a 80 e de 81 a 100% de UR ($\approx 37,8$ dias) (Tabela 5), diferindo significativamente
265 dos demais tratamentos (Tabela 5). Levando-se em consideração o valor de 37 dias obtido na
266 faixa de umidade relativa do ar de 61-80%, pode-se observar que a taxa líquida de reprodução
267 (R_0) foi de aproximadamente 43,2 (Tabela 5). Isso significa que *P. forficifera* possui uma
268 capacidade de aumento populacional de 47% maior, quando comparado com insetos
269 submetidos a umidade de 21-40% (Tabela 5). Além do mais, na faixa de umidade de 61 a 80 e
270 81 a 100% ocorre um incremento significativo de 62% na capacidade de aumento populacional
271 da praga (r_m) em relação aos demais tratamentos (Tabela 5).

272 Quando se analisou os dados dos parâmetros biológicos obtidos nos diferentes regimes
273 de fotoperíodo por meio da tabela de vida de fertilidade, observou-se que o tempo médio de

274 uma geração (T) (Tabela 5) não diferiu significativamente entre os tratamentos. A taxa líquida
275 de reprodução foi maior em insetos acondicionados ao fotoperíodo de 4/20 horas ($R_o = 59,6$)
276 (Tabela 5), diferindo significativamente dos demais tratamentos que tiveram valores
277 decrescentes (Tabela 5). Em adição, no fotoperíodo de 4/20 horas foi observado o maior valor
278 da capacidade de aumento populacional da praga (r_m) que foi de 75 a 80% quando comparado
279 com os demais tratamentos (Tabela 5).

280

281 **Discussão**

282 Para estabelecer o manejo de pragas, é essencial conhecer o comportamento da espécie
283 frente às alterações que podem apresentar em função das mudanças ambientais. Assim, o
284 presente estudo foi realizado para investigar o efeito de diferentes faixas de umidade relativa
285 do ar e do fotoperíodo no desenvolvimento biológico da *P. forficifera*, uma vez que, esses
286 fatores, são múltiplos e inconstantes de acordo com a região geográfica e estação do ano. Fato
287 que pode favorecer ou desfavorecer o potencial biótipo da praga e assim, interferir na ocorrência
288 de maiores ou menores infestações a campo.

289 De acordo com os resultados, a faixa de umidade de 0-20% mostrou-se inadequada
290 para o desenvolvimento das fases do ciclo biológico da lagarta-da-oliveira. Fato que não
291 proporcionou o desenvolvimento das fases de larva, pupa e adulto da espécie. Por outro lado,
292 as UR de 61 a 80 e de 81 a 100%, proporcionaram as melhores condições hídricas para o
293 crescimento e desenvolvimento da espécie. Insetos acondicionados na faixa de 0-20%,
294 provavelmente, passaram por um processo de desidratação, principalmente, pela perda de água
295 do tecido gorduroso quando expostas a essa condição de baixa umidade (Guarneri et al., 2002).
296 Assim como observado em insetos mantidos na fase larval na faixa de 21 a 40% em que
297 apresentaram uma viabilidade larval de apenas 7,5%. Este fato proporcionou uma elevada

298 mortalidade larval e o menor peso de pupas, quando comparado com insetos mantidos as faixas
299 de 41 a 60, 61 a 80 e 81 a 100% de UR.

300 Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram observados em
301 espécies de pragas de grãos armazenados como *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)
302 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera:
303 Cucujidae) que aumentaram a mortalidade à medida que a umidade relativa diminuiu (Jay et
304 al., 1971). Aliado a isso, com a espécie *Halymorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), mesmo
305 que a eclosão dos ovos e a sobrevivência ninfal tenham ocorrido em baixas umidades, elas
306 foram mais altas entre 55 e 90% de umidade relativa do ar, bem como as ninfas chegaram ao
307 estágio adulto apenas na mesma faixa acima citada e as fêmeas depositaram o maior número de
308 posturas de ovos em 55% de UR, informações que corroboram com os dados do presente estudo
309 (Khadka et al., 2020). A baixa umidade relativa do ar pode impedir o desenvolvimento da
310 cutícula e, conseqüentemente, à perda de lubrificação e maciez cuticular dos insetos o que pode
311 prejudicar a formação da nova cutícula no momento da ecdise (Roca et al. 1994; Guarneri et al.
312 2002). De acordo como Raghu et al. (2004), os insetos devem manter o conteúdo de água
313 corporal dentro de certos limites de equilíbrio para manter o grau de permeabilidade e trocas,
314 caso contrário os insetos entram em um processo de desidratação até a morte.

315 No campo, as lagartas de *P. forficifera* se alimentam de folhas de oliveira,
316 principalmente aquelas localizadas em regiões apicais da planta e brotos (Scheunemann et al.
317 2020). A preferência das lagartas de *P. forficifera* por alimento rico em água (brotações novas)
318 pode favorecer o desenvolvimento larval e manter o equilíbrio corporal de água no corpo e
319 suportar épocas com baixos índices de umidade do ar.

320 Atualmente, a região Sul do Brasil é considerada o maior polo de produção de oliveiras
321 do Brasil. Região essa que apresenta oscilações constantes de temperatura, umidade relativa do
322 ar e fotoperíodo, nas diferentes estações do ano, sendo que durante o período de inverno (meses

323 de junho a setembro/outubro) a temperatura pode atingir valores de 0°C, taxa de incidência de
324 luz (8 horas dia) e alta umidade relativa do ar (acima de 70%). Em estudos recentes, ficou
325 evidente que a temperatura atua diretamente nos parâmetros de crescimento populacional da *P.*
326 *forficifera* (Scheunemann et al., 2021).

327 A atuação conjunta entre baixas temperaturas associadas com fotoperíodo curto podem
328 desencadear um processo fisiológico de diapausa em insetos, como ocorre com a *Grapholita*
329 *molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) em cultivos de macieira e pessegueiro no País (Silva et al.,
330 2014). Para *P. forficifera*, esse comportamento biológico não foi observado. Porém, sabe-se
331 que a diapausa para a maioria dos artrópodes é desencadeada pela interação de temperaturas
332 menores com fotoperíodos mais curtos (Wang et al., 2013). No presente estudo, esta interação
333 não foi avaliada. Contudo, ficou evidenciado que um fotoperíodo de 4/20 horas (luz/escuro)
334 proporcionou as melhores condições de crescimento de todas as fases de desenvolvimento da
335 lagarta-da-oliveira. O presente estudo corrobora com *Grapholita molesta* (Busch) (Lepidoptera:
336 Tortricidae) na qual com escotofase de 8 a 10 horas, apresentam maior comportamento de corte
337 e quanto maior a escotofase, maior a fecundidade (Sausen et al., 2011). Aliado a isso, Hu et al.
338 (2019), verificaram que *Sclerodermus pupariae* Yang et Yao (Hymenoptera: Bethyridae) se
339 desenvolveu mais rapidamente sob escuridão prolongada.

340 A menor exigência por luz para ocorrer o desenvolvimento biológico de *P. forficifera*
341 pode estar associado com o comportamento do inseto no campo. Em plantas de oliveira, as
342 lagartas de *P. forficifera* se alimentam de folhas (brotações novas) (Scheunemann et al., 2020).
343 Durante o processo de alimentação, há a formação de teias sobre as folhas, o que as leva ao
344 fechamento (Scheunemann et al., 2017). Esse fechamento caracteriza um ambiente escuro, com
345 baixa incidência de luz sobre os insetos. Este comportamento foi verificado no presente estudo
346 em insetos mantidos nas diferentes fotofases. Fato que pode ter ocorrido com as fêmeas de *P.*
347 *forficifera*, visto que as maiores taxas reprodutivas foram verificadas em insetos mantidas em

348 condições com baixa luminosidade. Sendo assim, correlacionando com a situação de campo, as
349 preparações fisiológicas e de desenvolvimento de organismos para reprodução sazonal,
350 dormência e eventos de migração geralmente devem ser feitas antes dessa estação, e a duração
351 do dia oferece uma referência confiável para os animais anteciparem as mudanças sazonais
352 (Malaquias et al. 2009; Wang et al. 2013).

353 A partir dos dados obtidos neste estudo, referentes ao desenvolvimento de *P. forficifera*
354 em diferentes faixas de UR e regimes de fotoperíodo, associados a dados referentes ao
355 desenvolvimento da espécie a distintas faixas térmicas, será possível conhecer a bioecologia da
356 espécie em diferentes locais e cenários com mudanças abruptas ambientais, como ocorre na
357 região Sul do Brasil, considerada a principal região produtora de oliveira do País.

358

359 **Agradecimentos**

360 O presente estudo foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de
361 Aperfeiçoamento do Ensino Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e
362 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

363

364 **Conflito de interesse:**

365 Os autores declaram não ter conflito de interesse.

366

367 **Contribuição do autor**

368 TS, LMDSC, APK e GRVA: Planejamento, execução da pesquisa, análise estatística e
369 redação; DB e DEN: Planejamento, análise estatística e redação. Todos os autores leram e
370 aprovaram o manuscrito.

371

372

373 **Referências**

- 374 **Ali, M., M.A., Ewies. 1977.** Photoperiodic and temperature effects on rate of development and
375 diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Z. Ang. Ent.*,
376 84: 256-264.
- 377 **Atwal, A.S. 1955:** Influence of temperature, photoperiod, and food on the speed of development,
378 longevity, fecundity, and other qualities of the diamond-back moth *Plutella maculipennis*
379 (Cushi) (Lepidoptera: Tineidae). *Aust J. Zool.* 3: 185-221.
- 380 **Bartlet, M.S. 1937.** Properties of sufficiency and statistical test. Proceedings of the Royal
381 Society of London, Series A 160: 268-282.
- 382 **Butt, B.A., E. Cantu. 1962.** Sex determination of lepidopterous pupae. USDA Publication 33-
383 75. USDA ARS, Washington, DC, USA.
- 384 **Castilhos, R.V., E.C., Brugnara. 2019.** Eficácia de inseticidas para controle da lagarta-da-
385 oliveira *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae), em laboratório. *Agropec Catarinense* 32:
386 68-72.
- 387 **Coutinho, E. F., R. O. Jorge, J. A. Haerter, V. B. Costa. 2015.** Oliveira: aspectos técnicos e
388 cultivo no sul do Brasil. 1st ed. Embrapa, Brasília, Brasil.
- 389 **Dicko, A.H., R., Lancelot, R, M.T., Seck, L., Guerrini, B., Sall. M., LO. 2014.** Using species
390 distribution models to optimize vector control in the framework of the tsetse eradication
391 campaign in Senegal. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111: 10149–54.
- 392 **FAOSTAT. 2020.** Food and Agriculture Organization of the United Nation in
393 <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (acessado 07 Jan 2020).
- 394 **Guarneri, A.A., C. Lazzari, L. Diotaiuti, M.G. Lorenzo. 2002.** The effect of relative humidity
395 on the behavior and development of *Triatoma brasiliensis*. *Physiol. Entomol.* 27: 142-147
- 396 **Gullan, P.S., P.S., Cranston. 2005.** The insects: an outline of Entomology. 3rd edition.
397 Blackwell Pub. Ltd. 505 p.

- 398 **Hartley HO. 1950.** The maximum *F*-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance.
399 *Biometrika* 37: 308–312.
- 400 **Hu, S., X. U., Wang, Z.Q., Yang, J.J., Duan. 2019., J.J.** Effects of photoperiod and light
401 intensity on wing dimorphism and development in the parasitoid *Sclerodermus pupariae*
402 (Hymenoptera: Bethyilidae). *Biol. Control.* 117–122.
- 403 **Jay, E. G., R.T. Arbogast, G.C. Pearman, Jr. 1971.** Relative humidity: its importance in the
404 control of stored-product insects with modified atmospheric gas concentrations. *J. Stored Prod.*
405 *Res.* 6:326–329.
- 406 **Khadka A., A.C., Hodges, N.C., Leppla, P.G., Tillman. 2020.** Os efeitos da umidade relative
407 do ar sobre *Halymorpha halys* de ovos (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae), sobrevivência de
408 ninfas e reprodução em adultos. *Fla. Entomol.*103: 136-138.
- 409 **Maia A. H. N., A.J.B., LUIZ, C., CAMPANHOLA. 2000.** Statistical inference on associated
410 fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93:
411 511-518.
- 412 **Malaquias, J.B., F.S., Ramalho, F.S., Fernandes, J.V.S., Souza, T.L., Azeredo. 2009.** Effects
413 of photoperiod on the development and growth of *Podisus nigrispinus*, a predator of cotton
414 leafworm. *Phytoparasitica*, 37: 241–248.
- 415 **Mesquita, D.L., A.F., Oliveira, H.A., Mesquita. 2006.** Aspectos econômicos da produção e
416 comercialização do azeite de oliva e azeitona. *Informe Agropecuário* 27: 7–12.
- 417 **R Development Core Team, 2011.** R: A language and environment for statistical computing. R
418 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. URL 62
419 <http://www.R-project.org>.
- 420 **Raghu, S., R.A.I., Drew, A.R., Clarke. 2004.** Influence of host plant structure and microclimate
421 on the abundance and behaviour of a tephritid fly. *J. Insect Behav.*2004; 17:179–190.

- 422 **Ricalde, M.P., D.E., Nava, A.E., Loeck, E.F., Coutinho, A., Bisognin, F.R.M., Garcia. 2014.**
423 Occurrence of caterpillar of the olive tree, *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Pyralidae) in olive
424 groves in the State of Rio Grande do Sul. Acta Hortic. 1057: 375–378.
- 425 **Roca, M., C.R., Lazzari, 1994.** Effects of the relative humidity on the haematophagous bug
426 *Triatoma infestans*, Hygropreference and eclosion success. J. Insect Physiol.10:901–907.
- 427 **Sausen, C.D., J., Sant’Ana, L.R., Redaelli, P.D.S. Pires. 2011.** Diapausa initiation and
428 alterations in the life cycle of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) as induced
429 by photoperiodic conditions. Neotrop. Entomol. 40: 529-532.
- 430 **SAS Institute. 2011.** Statistical Analysis System: Getting Started with the SAS Learning. SAS
431 Institute, Cary, North Carolina, USA.
- 432 **Scheunemann, T., A.P., Krüger, V.A., Perleberg, A.G., Ritzel, D., Bernardi, D.E., Nava.**
433 **2021.** Effect of different thermal conditions on biology and number of generations of *Palpita*
434 *forficifera* (Lepidoptera: Crambidae). Fla. Entomol, 104(4): 282-288
- 435 **Scheunemann, T., D. Bernardi, D.E., Nava. DE. 2020.** Pragas da Oliveira. Cultivar HF, 119:
436 10–13.
- 437 **Scheunemann, T., R., Manica-Berto, S.D., Nörnberg, R.S., Gonçalves, A.D., Grützmacher,**
438 **D.E., Nava. 2019.** Biology and fertility life tables for *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae)
439 reared on three olive cultivars and privet. J. Econ. Entomol. 119: 450–456.
- 440 **Scheunemann, T., A.D., Grützmacher, S.D., Nörnberg, R.S., Gonçalves, D.E., Nava. 2017.**
441 Deu traça. Cultivar HF 105: 14–16.
- 442 **Shapiro SS, M.B., Wilk. 1965.** An analysis of variance test for normality (complete samples).
443 Biometrika 52: 591–611.
- 444 **Silva, O.A.B.N., D., Bernardi, C.M., Botton, M.S., Garcia. 2014.** Biological characteristics of
445 *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) induced to diapause in laboratory. J. Insect Sci.
446 14: 1–4.

447 **Tabela 1.** Valores médios \pm EP da duração (dias) e viabilidade (%) das fases de ovo, larva,
 448 pupa e período ovo-pupa de *Palpita forficifera* em diferentes faixas de umidade relativa do ar.

UR (%)	Ovo	Larva	Pupa	Ovo – pupa
Duração (dias)				
0-20	4,2 \pm 0,24 a	*	*	*
21-40	4,1 \pm 0,14 a	30,1 \pm 4,62 a	10,5 \pm 0,60 a	44,7 \pm 3,54 a
41-60	4,0 \pm 0,08 a	23,2 \pm 3,91 b	10,5 \pm 0,63 a	37,4 \pm 1,49 b
61-80	4,0 \pm 0,02 a	19,2 \pm 2,54 c	10,7 \pm 0,53 a	33,8 \pm 1,24 b
81-100	4,0 \pm 0,05 a	15,6 \pm 1,53 d	10,7 \pm 0,58 a	30,3 \pm 0,23 c
F	9,87	4,74	0,001	3,12
Gl	4, 25	3, 114	3, 114	3, 114
P	=0.0787	<0.0001	=0.9749	<0.0001
Viabilidade (%)				
0-20	66,0 \pm 11,37 b	*	*	*
21-40	78,4 \pm 19,00 b	7,5 \pm 4,19 b	76,8 \pm 8,39 a	45,1 \pm 6,10b
41-60	90,8 \pm 7,85 a	58,3 \pm 13,74 a	80,8 \pm 3,70 a	42,8 \pm 4,15b
61-80	93,4 \pm 6,45 a	72,5 \pm 13,71 a	86,7 \pm 5,93 a	58,6 \pm 4,90 ^a
81-100	93,6 \pm 6,89 a	68,3 \pm 15,99 a	90,0 \pm 3,60 a	57,5 \pm 5,11 ^a
F	20,4	12,3	11,2	4,12
Gl	4, 25	3, 114	3, 114	3, 114
P	<0.0001	<0.0001	=0.1407	<0.0001

449 EP= Erro padrão; gl= Graus de liberdade

450 *Faixa de umidade não utilizado para análise estatística;

451 Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, Teste Tukey, $p < 0,05$.

Tabela 2. Valores médios \pm EP do peso de pupa (g), razão sexual e duração (dias) dos períodos de pré-oviposição e oviposição e fecundidade diária de *Palpita forficifera* quando submetidas a diferentes faixas de umidades relativas do ar.

UR(%)	Peso pupa (mg)	Razão sexual	Pré-oviposição	Oviposição	Fecundidade
0-20	*	*	6,4 \pm 0,77 b	14,9 \pm 1,28 a	36,8 \pm 4,40 a
21-40	51,3 \pm 0,01 b	0,54 a	10,6 \pm 0,54 a	8,4 \pm 1,1 b	39,7 \pm 5,43 a
41-60	72,0 \pm 0,08 a	0,46 a	6,3 \pm 0,47 b	12,2 \pm 1,36 a	32,8 \pm 6,65 a
61-80	71,4 \pm 0,01 a	0,53 a	6,7 \pm 0,51 b	11,1 \pm 1,52 a	30,8 \pm 7,11 a
81-100	73,2 \pm 0,01 a	0,53 a	7,5 \pm 0,64 b	11,5 \pm 1,60 a	34,6 \pm 8,11 a
F	2,54	14,19	8,11	5,12	11,75
Gl	3, 114	3, 114	4, 86	4, 86	4, 86
P	=0,0399	<0,0001	<0,0001	<0,0001	=0,2156

EP= Erro padrão; gl= Graus de liberdade

*Faixa de umidade não utilizado para análise estatística;

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, Teste Tukey, $p < 0,05$.

Tabela 3. Valores médios \pm EP da duração (dias) e viabilidade (%) das fases de ovo, larva, pupa e período ovo-pupa de *Palpita forficifera* quando submetidas em diferentes regimes de fotoperíodos.

Luz/Escuro(horas)	Ovo	Larva	Pupa	Ovo - pupa
Duração (dias)				
4/20	3,0 \pm 0,01 a	16,9 \pm 0,18 b	8,9 \pm 0,09 b	28,8 \pm 0,33 c
8/16	3,4 \pm 0,08 a	17,5 \pm 0,18 b	9,6 \pm 0,11 a	30,5 \pm 0,67 b
12/12	3,2 \pm 0,06 a	20,0 \pm 0,21 a	9,6 \pm 0,08 a	32,8 \pm 0,54 a
16/8	3,2 \pm 0,03 a	17,6 \pm 0,31 b	9,6 \pm 0,22 a	30,4 \pm 0,76 b
20/4	3,2 \pm 0,03 a	17,6 \pm 0,25 b	10,1 \pm 0,17 a	30,5 \pm 0,65 b
F	4,12	9,10	5,12	3,12
gl	4	4	4	4
P	=0.2317	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Viabilidade (%)				
4/20	94,5 \pm 1,98 a	83,3 \pm 1,20 a	83,3 \pm 2,10 a	64,7 \pm 2,75 a
8/16	82,5 \pm 4,35 bc	63,3 \pm 2,00 b	72,0 \pm 1,76 b	37,2 \pm 1,80 b
12/12	83,0 \pm 4,17 b	58,3 \pm 1,49 bc	55,8 \pm 1,45 c	26,4 \pm 1,14 c
16/8	74,5 \pm 4,38 cd	50,0 \pm 1,11 cd	28,3 \pm 1,64 d	10,3 \pm 0,76 d
20/4	72,0 \pm 3,85 d	45,8 \pm 2,05 d	33,3 \pm 0,90 d	10,6 \pm 1,10 d
F	12,26	9,11	13,89	6,90
Gl	4	4	4	4
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

EP= Erro padrão; gl= Graus de liberdade

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, Teste Tukey, $p < 0,05$

Tabela 4. Valores médios \pm EP do peso de pupa (mg), razão sexual e duração (dias) dos períodos de pré-oviposição e oviposição e fecundidade diária (números de ovos por fêmea) de *Palpita forficifera* quando submetidas em diferentes regimes de fotoperíodos.

Luz/escuro (horas)	Peso pupa (mg)	Razão Sexual	Pré-oviposição	Oviposição	Fecundidade
4/20	69,7 \pm 2,90 a	0,49 \pm 0,10 a	6,8 \pm 0,80 a	15,6 \pm 1,14 a	48,7 \pm 6,64 a
8/16	72,1 \pm 2,10 a	0,47 \pm 0,08 a	4,6 \pm 0,32 b	13,5 \pm 0,71 b	45,6 \pm 8,20 a
12/12	69,8 \pm 2,60 a	0,46 \pm 0,12 a	4,7 \pm 0,65 b	6,9 \pm 1,02 c	43,7 \pm 9,65 a
16/8	68,8 \pm 2,10 a	0,56 \pm 0,10 a	4,6 \pm 0,44 b	17,4 \pm 1,13 a	40,1 \pm 7,04 a
20/4	73,5 \pm 3,30 a	0,49 \pm 0,18 a	4,5 \pm 0,26 b	16,4 \pm 1,99 a	42,9 \pm 5,96 a
F	2,54		17,12	8,10	5,87
G1	4		4	4	4
P	=0,1210		<0.0001	<0.0001	=0,2047

EP= Erro padrão

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, Teste Tukey, $p < 0,05$

Tabela 5. Tabela de vida de fertilidade de *Palpita forficifera* quando submetidas em diferentes faixas de umidades relativas do ar e regimes de fotoperíodos.

Tratamentos	T (dias)	R _o (♀ / ♀)	r _m (♀ / ♀*dia)
UR (%)			
0-20	-	-	-
21-40	55,1 ± 1,44 a	29,4 ± 1,22 c	0,061 ± 0,001 cb
41-60	43,7 ± 1,10 b	36,5 ± 1,40 b	0,062 ± 0,002 b
61-80	37,4 ± 1,23 c	43,2 ± 1,17 a	0,101 ± 0,003 a
81-100	37,8 ± 2,45 c	43,5 ± 1,21 a	0,099 ± 0,002 a
Luz/Escuro (horas)			
4/20	35,6 ± 1,48 a	59,6 ± 2,67 a	0,068 ± 0,001 a
8/16	35,1 ± 1,72 a	51,7 ± 2,11 b	0,055 ± 0,001 b
12/12	37,5 ± 1,42 a	47,0 ± 2,35 b	0,053 ± 0,002 b
16/8	35,0 ± 1,86 a	42,9 ± 2,42 c	0,051 ± 0,002 b
20/4	35,0 ± 1,65 a	45,5 ± 2,78 bc	0,055 ± 0,002 b

T = Tempo da duração entre gerações; R_o = taxa líquida de reprodução, r_m = Razão infinitesimal de aumento. Valores representam a média ± EP obtidos a partir do método de Jackknife através do programa SAS.

Para cada parâmetro avaliado, valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si (P > 0,05).

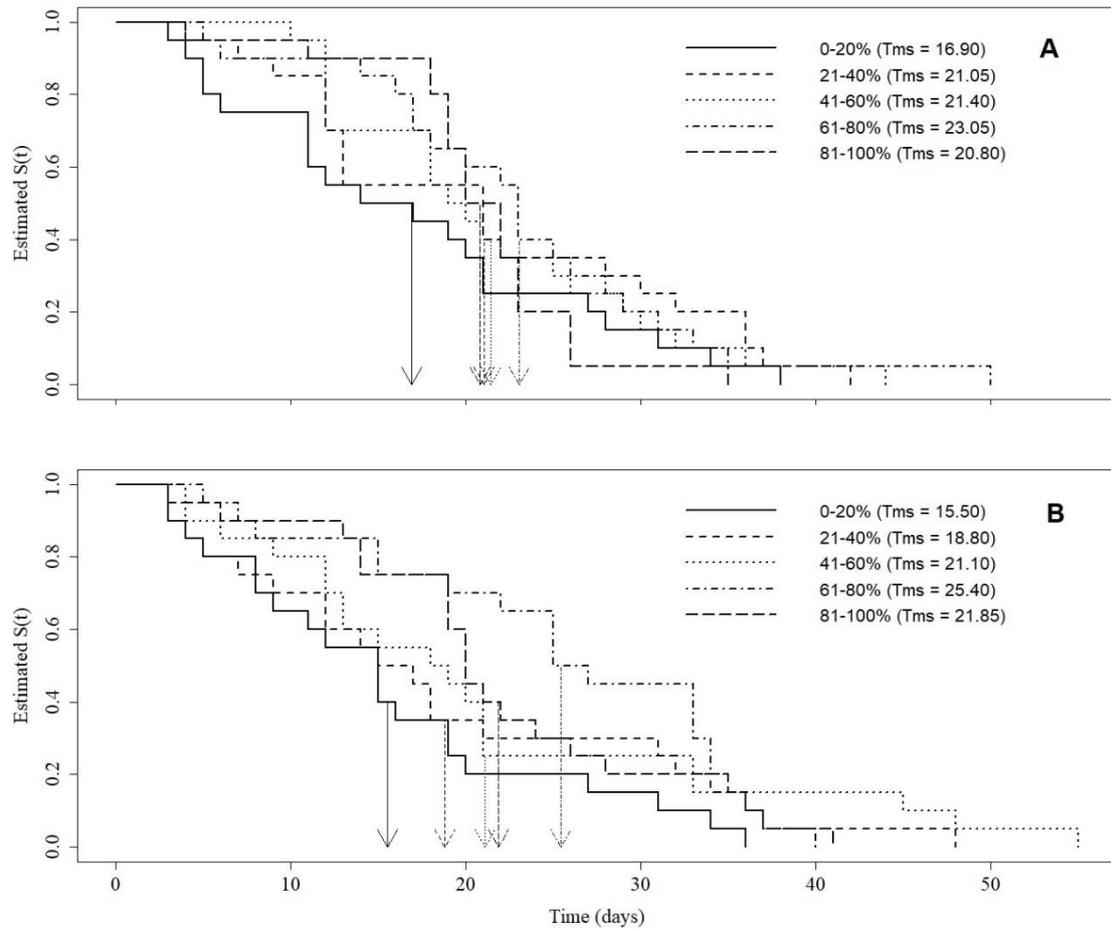


Figura 1: Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de *Palpita forficifera* quando submetidas a diferentes umidades relativas do ar (0-20; 21-40; 41-60; 61-80; 81-100%). As curvas para cada sexo, não diferiram entre si pelo teste de log-rank. (Tms - tempo médio de sobrevivência).

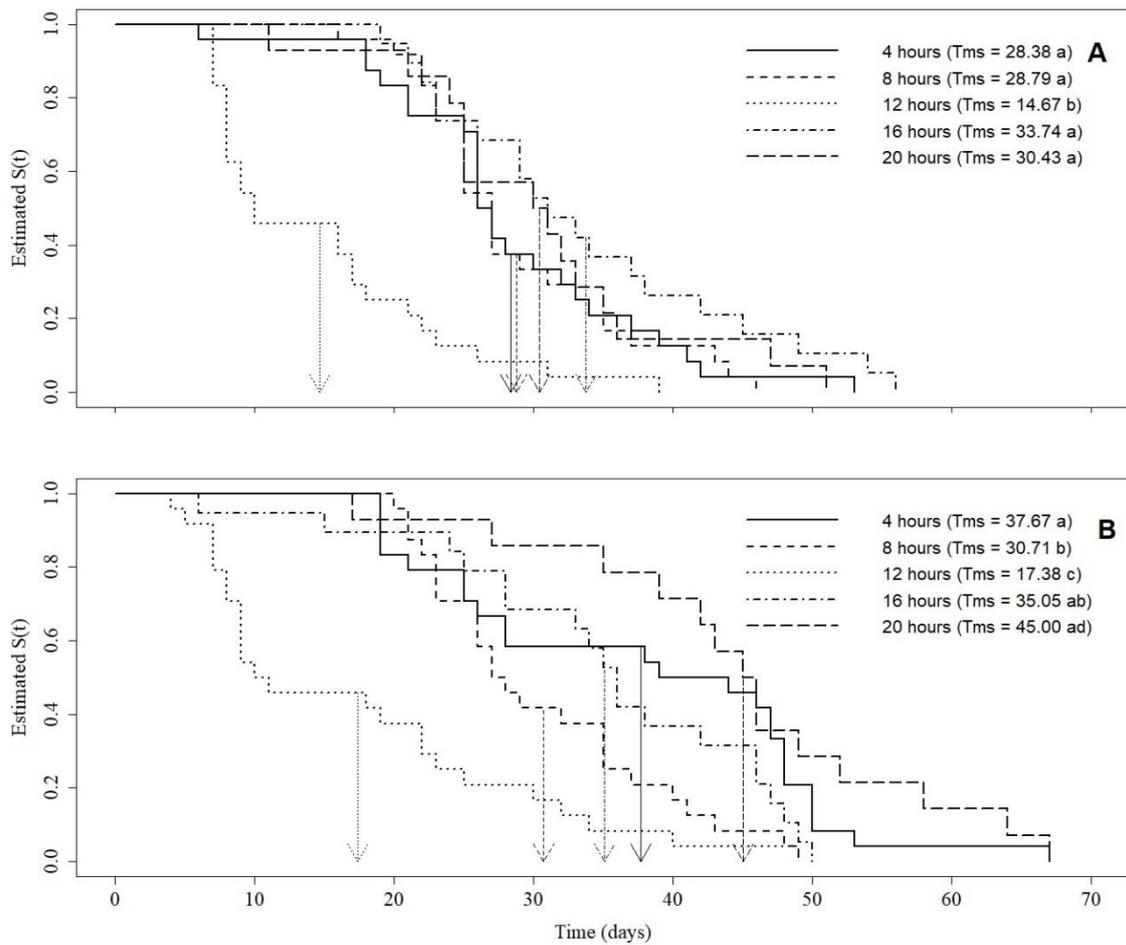


Figura 2: Curvas de sobrevivência para fêmeas (A) e machos (B) de *Palpita forficifera* quando submetidas a diferentes regimes de fotoperíodo (4/20; 8/16; 12/12; 16/8; 20/4 horas). Curvas seguidas pelas mesmas letras, para cada sexo, não diferem entre si pelo teste de log-rank. (Tms - tempo médio de sobrevivência).

Artigo 3 – Brazilian Journal of Biology
(A ser submetido)

Artigo 3 – Dinâmica populacional de *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) e parasitoides associados em pomares de oliveira

Scheunemann, T.^a, Correa, L. M. da S.^a, Krüger, A. P.^a, Bernardi, D.^a, Querino, R. B.^b,
Carvalho, L. C. B.^c, Fernandes, D. R. R.^d, Shimbori, E. M.^e and Nava, D. E.^{f*}

^a Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, CEP 9601-0610, Capão do Leão, RS, Brasil

^b Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, 73310-970, Planaltina, Brasília, DF - Brasil

^c Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Avenida Perimetral - de 1501/1502 a 5004/5005, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil.

^d Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Entomologia, 69080-971, Manaus, AM, Brasil

^e Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Av. Pádua Dias 11, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

^f Embrapa Clima Temperado, Br 392, Km 78, 96010-971, Pelotas, RS, Brasil

Número de figuras: 4

Palavras-chave: lagarta-da-oliveira, Trichogrammatidae; Braconidae; Ichneumonidae

Keywords: olive caterpillar; Trichogrammatidae; Braconidae; Ichneumonidae

Running title: Dinâmica populacional de *P. forficifera* e parasitoides associados

Dinâmica populacional de *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) e parasitoides associados em pomares de oliveira

Resumo

Palpita forficifera Munroe, 1959 (Lepidoptera, Crambidae) é a principal praga da oliveira (*Olea europaea* L., Oleaceae) no Brasil e seu manejo tem sido dificultado, pois há poucos produtos recomendados para seu controle. O objetivo do trabalho foi avaliar a flutuação populacional de *P. forficifera* e verificar os parasitoides de ovos e lagartas associados à praga. O estudo foi realizado no período de outubro a maio, nas safras de 2017/18 e 2018/19, em pomares de oliveira de diferentes cultivares nos municípios de Pelotas e Rio Grande, do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A dinâmica populacional de *P. forficifera* variou em função da safra agrícola, dos meses amostrados e dos pomares (locais) avaliados. Contudo, a maior infestação alcançou cerca de 60% das brotações em alguns meses, dependendo do pomar avaliado. Durante o período de infestação da praga, foi observada a ocorrência do parasitoide de ovos *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e três parasitoides larvais pertencentes aos gêneros *Dolichogenidea* Viereck, 1911, *Hymenochaonia* Dalla Torre, 1898 (Hymenoptera: Braconidae) e *Temelucha* Förster, 1869 (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Temelucha hilux* Gauld, 2000 é registrado pela primeira vez em associação a um hospedeiro, além disso, sua distribuição no país é ampliada para a região Sul. Devido a escassez de informações sobre o manejo da praga, a ocorrência natural de inimigos naturais nos cultivos agrícolas é de suma importância para auxiliar no manejo da *P. forficifera* a campo. Em adição, indicam que a dinâmica populacional de *P. forficifera* é influenciada também, pela comunidade de parasitoides, formada por no mínimo quatro espécies de himenópteros parasíticos. Assim, estratégias direcionadas para o manejo da *P. forficifera* devem ser bem elaboradas para manter e aumentar o controle biológico natural a campo.

Abstract

Palpita forficifera Munroe, 1959 (Lepidoptera, Crambidae) is the main pest of the olive tree (*Olea europaea* L., Oleaceae) in Brazil and its management has been difficult because there are few products recommended for its control. The objective of this work was to evaluate the population fluctuation of *P. forficifera* and to verify the parasitoids of eggs and caterpillars associated with the pest. The study was carried out from October to May, in the 2017/18 and 2018/19 harvests, in olive orchards of different cultivars in the municipalities of Pelotas and Rio Grande, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The population dynamics of *P. forficifera* varied as a function of the crop season, the months sampled and the orchards (locations) evaluated. However, the highest infestation reached about 60% of shoots in a few months, depending on the evaluated orchard. During the pest infestation period, the occurrence of the egg parasitoid *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and three larval parasitoids belonging to the genera *Dolichogenidea* Viereck, 1911, *Hymenochaonia* Dalla Torre, 1898 (Hymenoptera: Braconidae) and *Temelucha* Forster, 1869 (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Temelucha hilux* Gauld, 2000 is registered for the first time in association with a host, in addition, its distribution in the country is extended to the South region. Due to the scarcity of information on pest management, the natural occurrence of natural enemies in agricultural crops is of paramount importance to assist in the management of *P. forficifera* in the field. In addition, they indicate that the population dynamics of *P. forficifera* is also influenced by the parasitoid community, formed by at least four species of parasitic hymenoptera. Thus, strategies aimed at the management of *P. forficifera* must be well designed to maintain and increase natural biological control in the field.

1. Introdução

A olivicultura é uma atividade agrícola que vem sendo intensificada no Brasil. Atualmente, o país possui uma área de produção aproximada de 10 mil hectares, sendo que o estado do Rio Grande do Sul produz 60% da produção nacional (Ibraoliva, 2022). O grande interesse por essa atividade agrícola deve-se ao fato do Brasil ser o quinto maior país importador de azeite (68 mil t) e o segundo de azeitonas (100 mil t) (Conselho Oleícola Internacional, 2022), o que representa uma oportunidade para ocupar esse nicho de mercado. No entanto, para que isso ocorra e haja boa produtividade, é necessária a correta adaptação da oliveira ao cenário nacional e isto passa pelo desenvolvimento e implementação de sistemas de manejo para os principais problemas fitossanitários.

Dentre as principais pragas encontradas nas regiões produtoras, destaca-se a lagarta-da-oliveira *Palpita forficifera* Munroe, 1959 (Lepidoptera: Crambidae). Esta espécie é nativa da América do Sul e está amplamente distribuída nos olivais do Brasil e do Uruguai (Paullier 2013; Ricalde et al. 2015). Os danos são causados pelas lagartas que, em seus primeiros instares alimentam-se da gema apical e/ou parte abaxial da folha. Porém, à medida que passam para instares maiores (> terceiro instar), consomem folhas inteiras e brotações, chegando a consumir frutos quando em altas infestações (Ricalde; Garcia 2013; Scheunemann et al. 2020). Mesmo assim, a cadeia produtiva produz azeites comparáveis aos melhores do mundo. A fim de otimizar os métodos já utilizados pelos produtores é fundamental conhecer os organismos responsáveis pela manutenção do controle biológico natural que ocorre nos pomares visando manter, e num futuro próximo aumentar suas populações com possíveis liberações de espécies que possam ser multiplicadas em laboratório.

Nos países próximos do mediterrâneo, tradicionais no cultivo da oliveira, diversas espécies de inimigos naturais de *Palpita unionalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera, Crambidae) foram registradas, destacando-se os parasitoides de ovos, como *Trichogramma bourarachae*

Pintureau & Babault, 1988 e *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello, 1985 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), os quais possuem ocorrência natural em olivais do Egito (Hegazi et al. 2007). Assim como, são considerados promissores para liberações inundativas nos cultivos agrícolas da região. Na Turquia, foi observado parasitismo de *P. unionalis* por *Trichogramma evanescens* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Apanteles brunnistigma* Abdinbekova, 1969 (Hymenoptera: Braconidae), em ovos e lagartas, respectivamente (Kaçar & Ulusoy 2012). Além disso, o gênero *Trichogramma* Westwood, 1833 foi observado em olivais de Portugal, Grécia e Tunísia, sendo coletados sobre ovos expostos de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) e *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) (Herz et al. 2007). Parasitoides larvais, por sua vez, mostram-se pouco estudados na olivicultura, no entanto, promissores no controle de lepidópteros-praga.

Devido às perspectivas de expansão da olivicultura no Brasil e a necessidade de desenvolvimento de métodos de controle, especialmente o biológico, estudos que buscam verificar a dinâmica populacional da praga e dos inimigos naturais associados são considerados as primeiras etapas para a implementação das estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Frente a isso o presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica populacional de *P. forficifera* e a entomofauna de parasitoides de ovos e lagartas em pomares de oliveira em dois municípios do Rio Grande do Sul, Brasil.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado em três pomares não comerciais de oliveira, sem padrão de cultivares, durante as safras de 2017/2018 e 2018/2019. Os pomares localizavam-se nos municípios de Pelotas [Pomar A – Estação Experimental da Embrapa Clima Temperado (31°37'16"S, 52°31'40"W) e Pomar B – Estação Experimental Cascata (31°40'53,16"S,

52°26'23,60"W)] e Rio Grande [Pomar C – Horto Municipal do Povo Novo (31°57'04"S, 52°18'35"W)], no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Os pomares A, B e C possuíam uma área e idade aproximada de 1,19 ha e 15 anos, 0,18 ha e 12 anos e 0,67 ha e 40 anos, respectivamente. Os pomares eram formados com diversas cultivares, predominando, Arbequina, Koroneiki e Arbosana. As condições climáticas dessa região pelo sistema Köppen é do tipo Cfa, de característica subtropical marcado por alta umidade (variando de 75 a 85%) em todas as estações, precipitação em todos os meses do ano e temperatura superior a 22°C no verão (geralmente janeiro) e acima de 3°C durante o inverno (geralmente julho) (Kottek *et al.* 2006).

2.1. Flutuação populacional de *P. forficifera*

Foram realizadas avaliações visuais da presença de lagartas de *P. forficifera* nas brotações de oliveira a cada 15 dias durante o período de outubro a maio nas safras agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019. Esse período foi definido levando-se em consideração as informações da presença da praga obtida junto aos olivicultores. Em cada pomar foram avaliadas 20 plantas durante o período de estudo. Para tanto, as plantas foram identificadas com uso de fitas de nylon de cor vermelha. Em cada planta foram visualizados dois ramos em lados opostos da região mediana da planta e avaliada a presença de lagartas. A infestação de *P. forficifera* nos pomares foi determinada por meio da porcentagem de ramos com presença da praga.

2.2. Parasitoides associados a *P. forficifera*

2.2.1. Parasitoides de ovos

Discos de papel filtro (11 cm de diâmetro), com aproximadamente 200 ovos (de até 12 horas de idade) de *P. forficifera*, obtidos das gaiolas de criação de adultos (16 cm × 22 cm) em laboratório (Scheunemann *et al.* 2018) foram separados e utilizados para capturar os possíveis

parasitoides de ovos a campo. Para isso, os discos contendo os ovos foram colocados individualmente no interior de um tubo de plástico (16 cm × 10,5 cm) com as duas aberturas protegidas com tecido micro tule, para permitir a entrada somente de parasitoides e, conseqüentemente, evitar a entrada de predadores, especialmente formigas. As avaliações foram realizadas quinzenalmente, entre os meses de outubro a março de cada safra agrícola. Em cada pomar foram distribuídos aleatoriamente cinco tubos de plástico contendo os discos com ovos. Os tubos foram fixados aleatoriamente nos ramos das plantas a uma altura de 1,5 m do solo por meio de um fio de *nylon* e permaneceram por um período de 48h. Decorrido esse tempo, os tubos foram coletados e transportados para o laboratório, sendo os discos contendo os ovos individualizados em recipientes de vidro (500 mL). Cada recipiente foi fechado com papel toalha fixado com um atilho de borracha para evitar a fuga dos possíveis parasitoides por ocasião da emergência. Os recipientes foram acondicionados em câmara climatizada (temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $60\pm 10\%$ e fotofase de 14h). Diariamente foram realizadas observações para a constatação de parasitismo e emergência. Por ocasião da emergência, os parasitoides foram retirados e mantidos em outro tubo (16 cm × 22 cm) onde foram alimentados com solução de mel 10% e utilizados para a multiplicação dos indivíduos em ovos de *P. forficifera*. Quando a criação estava estabelecida, uma amostra de aproximadamente 30 parasitoides foram isolados para a identificação. Para tanto, os insetos foram acondicionados em tubos de vidro 5 mL preenchidos com álcool 70%. Posteriormente, os espécimes foram encaminhados para a identificação taxonômica levando-se em consideração análises morfológica e molecular. As lâminas dos espécimes foram preparadas em meio de Hoyer (Querino & Zucchi, 2011).

As espécies de *Trichogramma* foram identificados usando chaves ilustradas que retratam características da genitália do macho (Querino & Zucchi 2011, 2019). Para complementação, os espécimes foram submetidos à extração e análise de DNA, e submetido à

reação de PCR, para amplificação do gene mitocondrial citocromo c oxidase I (COI). As sequências de COI foram comparadas com sequências de referência depositadas no GenBank (Centro Nacional de Informações sobre Biotecnologia) usando a Ferramenta de Busca de Alinhamento Local Básico (BLASTN), sendo selecionadas as sequências com maiores padrões de similaridade (maior que 90%). As sequências candidatas foram comparadas com as amostras por alinhamento múltiplo através da ferramenta ClustalW. Para a análise filogenética foi obtida a matriz de distâncias genéticas (modelo Hasegawa-Kishino-Yano) implementado no software MEGAX (versão 10.1.8). A árvore foi obtida por meio do método de Máxima Verossimilhança com consistência dos nós obtida após 1000 repetições de bootstrap.

2.2.1. *Parasitoides de lagartas*

Foram realizadas coletas quinzenais de brotações de oliveira com sintomas de ataque da lagarta-da-oliveira (aproximadamente 4 brotações de 10 plantas), por um período compreendido da emissão das brotações até o fim da safra, que correspondeu os meses de outubro a março. As amostras foram devidamente rotuladas com data e local, acondicionadas em sacos plásticos (5 L) e mantidas em caixas térmicas (50 L) até serem transportadas para o laboratório. No laboratório, procedeu-se a triagem das brotações coletadas e as lagartas encontradas foram individualizadas em tubos de vidro (3 cm × 8,5 mm). Posteriormente, as lagartas foram alimentadas com brotações de oliveira da cultivar Koroneiki fixadas em uma solução ágar-água 2% (25mL), conforme metodologia descrita por Scheunemann *et al.* (2018). Feito isso, os tubos foram tampados com algodão hidrófilo e mantidos em sala climatizada (temperatura $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $60 \pm 10\%$ e fotofase 14h). Diariamente, foi observado o desenvolvimento das lagartas e fornecido alimento novo conforme a necessidade até a fase de pupa. No estagio de pupa, caso houvesse a emergência de parasitoides, os mesmos foram contabilizados e separados por morfoespécie e sexo e armazenados em tubos de vidro (5

mL) contendo álcool 70% para posterior identificação. Os parasitoides (aproximadamente 10 insetos) pertencentes à família Braconidae foram identificados por meio de chaves de identificação para gêneros em Wharton *et al* (1997) e os pertencentes à família Ichneumonidae por chave taxonômica de Gauld (2000). Com os dados obtidos foi determinado o índice de parasitismo, a percentagem de ocorrência de parasitoide e a flutuação populacional das espécies de parasitoides ao longo do tempo.

3. Resultados

O percentual de brotações de oliveira infestadas por lagartas de *P. forficifera* variou em função do período amostrado, safra agrícola e a localização do pomar (Fig. 1). Ao analisar a infestação nos diferentes pomares, observa-se que o pomar B foi o menos infestado para as duas safras agrícolas, apresentando as maiores infestações com valores entre 30 a 40%. Para os pomares B e C, de uma forma geral, houve um aumento da infestação da praga nos meses mais quentes (Fig 1). Em contraste, para o pomar A, a maior infestação ocorreu no início da avaliação, nos meses de novembro e dezembro, decrescendo nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) e voltando a aumentar nos meses de março e abril (Fig. 1).

Em relação a presença de inimigos naturais, foram obtidos parasitoides de ovos e de lagartas de *P. forficifera*. Os parasitoides de ovos foram identificados como sendo *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Fig. 3). Já os parasitoides de lagartas foram identificados como: *Dolichogenidea* sp. *Hymenochaonia* sp. e *Temelucha hilux* Gauld, 2000. Dos três parasitoides de lagartas encontrados nos pomares de oliveira, *Dolichogenidea* sp. foi encontrado em maior proporção, com valores acima de 61%, quando considerado o ano de coleta e o local, seguido de *T. hilux* (valores variáveis de 7 a 37%) e de *Hymenochaonia* sp. (variável de 2 a 7%) (Fig. 2).

A presença de parasitoides foi registrada nos três pomares e nas duas safras agrícolas,

com exceção dos parasitoides de ovos que foram coletados apenas na segunda safra (2018/2019) (Fig. 3A). A presença dos parasitoides não foi registrada em todas as avaliações quinzenais distribuindo-se diferentemente ao longo do período de avaliação. Para o parasitoide de ovos *T. foersteri* a presença foi registrada durante os meses de março a maio (Fig. 3A). Dos parasitoides larvais, os braconídeos (*Dolichogenidea* sp. e *Hymenochaonia* sp.) foram registrados a partir do mês de novembro, enquanto o icneumonídeo *T. hilux* foi coletado a partir de janeiro (Fig. 3B).

A porcentagem de lagartas parasitadas, levando-se em consideração os três parasitoides larvais atingiu valores próximos de 60% (Fig. 4). No pomar A, localizado na área experimental da Embrapa Clima Temperado, o pico de parasitismo de aproximadamente 60% (safra 2017/2018) e 40% (safra 2018/2019) ocorreu durante o mês de dezembro (Fig. 4). Para o pomar B, localizado na Estação Cascata da Embrapa Clima Temperado, houve a maior taxa de parasitismo (variação entre de 30 a 49%) durante os meses de novembro a janeiro na safra de 2017/18. Enquanto na safra 2018/2019 a maior taxa de parasitismo (aproximadamente 30%) ocorreu de janeiro a março (Fig.4). Para o pomar C, a maior taxa de parasitismo na safra de 2017/18 ocorreu de dezembro a fevereiro (variação entre 25 a 33%). Contudo, na safra de 2018/2019 houve um pico de parasitismo em janeiro com aproximadamente 60% das lagartas parasitadas.

FIGURA 1 FIGURA 2 FIGURA 3 FIGURA 4

4. Discussão

Os resultados obtidos indicam que a infestação de *P. forficifera* em oliveira possui uma dinâmica populacional irregular durante o período avaliado, sendo registrada de novembro a maio. Esse comportamento irregular é mais nítido no Pomar A, localizado na Estação Experimental da Embrapa Clima Temperado e, provavelmente, deve ser influenciado pelas

práticas de manejo onde o controle da lagarta-da-oliveira é realizado com inseticidas. Além disso, nesse local, havia uma barreira de quebra-vento formado por plantas de ligustro (*Ligustrum lucidum* Ait., Oleaceae) que são hospedeiras de *P. forficifera*, conforme demonstrado por Scheunemann *et al.* (2018). Este fato pode ter desencadeado uma forma de abrigo para a praga durante os meses de inverno. Nas demais áreas avaliadas, o controle de *P. forficifera* não foi realizado em nenhum momento, sendo assim o maior nível populacional da praga ocorreu durante os meses de janeiro a abril. Nesse período *P. forficifera* é favorecida pelas maiores temperaturas que ocorrem em janeiro (temperaturas médias de 25°C) e tendem a declinar nos meses seguintes. Além disso, as plantas de oliveira emitem brotações durante os meses de setembro a abril, favorecidas principalmente pelas chuvas constantes e alta temperatura da região (temperaturas médias de 18 a 25°C). Essas brotações são essenciais para que ocorra o desenvolvimento das lagartas de primeiro instares larvais que necessitam de tecido vegetal tenro para se alimentar (Scheunemann *et al.* 2020).

A presença de *T. foersteri* parasitando ovos de *P. forficifera* é considerada o primeiro registro de parasitoide de ovos nesse hospedeiro. Recentemente, essa espécie de parasitoide foi descrita e relacionada com *Anticarsia gemmatalis* Hübner 1818 (Lepidoptera: Erebiidae), principal desfolhadora da cultura da soja (Takahashi *et al.* 2021). Os autores registraram um parasitismo de 113 ovos nos três primeiros dias de vida. Assim como, relatam que outras espécies de lepidópteros propiciaram o desenvolvimento de *T. foersteri*. Em *P. forficifera* o parasitoide foi registrado em uma safra agrícola e nos três locais avaliados, indicando que essa espécie pode ter outros hospedeiros já que no interior dos pomares e no entorno da área de estudo ocorre a presença de campo nativo com grande diversidade de vegetação rasteira e arbórea. Além disso, levando-se em consideração os locais de registros das coletas realizadas no Paraná (Takahashi *et al.* 2021) e Rio Grande do Sul, fica evidenciado que a espécie prefere temperaturas mais amenas. Parasitoides do gênero *Trichogramma* já foram registrados

parasitando ovos de diversos lepidópteros-praga nas mais variadas culturas (Querino & Zucchi, 2011; Querino & Zucchi, 2019). Hegazi *et al.* (2007) encontraram índices de parasitismo de ovos de *P. unionalis* de 91% com espécies de trichogrammatídeos nativos no Egito. Em adição, Herz (2006) identificou as espécies nativas da região do Mediterrâneo como as mais eficazes no controle da *P. unionalis* em olivais do Egito.

Em relação aos parasitoides larvais também é considerado o primeiro registro de *Dolichogenidea* sp., *Hymenochaonia* sp. e *T. hilux* em *P. forficifera*. Parasitoides do gênero *Dolichogenidea* são endoparasitoides larvais, relatados por Sharma & Verma (2007) atacando larvas de *Locastra muscosalis* (Walker, 1866) (Lepidoptera: Pyralidae) na Índia. No mesmo país foi identificado o parasitismo de *Homoeosoma electellum* (Hulst, 1887) (Lepidoptera: Pyralidae) (Chen & Welter, 2003) e *Diaphania indica* (Saunders, 1851) (Lepidoptera: Crambidae) (Krishnamoorthy *et al.* 2004) por espécies de *Dolichogenidea*. No Brasil, Nava *et al.* (2005) relataram *Dolichogenidea* sp. como frequentes no ataque da broca-do-abacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae), no estado de Minas Gerais. *Dolichogenidea* sp. relatada em *P. forficifera* é uma espécie de hábito gregário, que possui como característica parasitar o estágio larval e emergir durante o estágio de pré-pupa.

Em relação a *Hymenochaonia* sp. trata-se de um endoparasitoide cenobionte de larvas de Lepidoptera (Noctuidae, Tortricidae, Pyralidae, Sesiidae, Tineidae, Oecophoridae e Gelechiidae (Shaw & Huddleston 1991), incluindo Crambidae, família de *P. forficifera*. No Brasil esse gênero foi reportado em *S. catenifer* infestado abacate (Nava *et al.* 2005) e em *Gymnandorossoma aurantianum* Lima, 1927 (Lepidoptera: Tortricidae) (Milano *et al.* 2008), sendo a espécie identificada como *H. delicata* (Cresson, 1872) infestando citros.

Temelucha hilux foi descrito originalmente a partir de exemplares provenientes da Costa Rica, sendo posteriormente registrado no México, e mais recentemente em cafezais no interior de São Paulo, Brasil (Gauld 2000; Pérez-Urbina *et al.* 2018; Fernandes *et al.* 2020). Desta forma

este é o primeiro registro de associação desta espécie com um hospedeiro (*P. forficifera*), além disso, a distribuição desta espécie é ampliada para o Sul do país, sendo este o registro mais ao Sul da distribuição conhecida para esta espécie. Na Turquia, em região mediterrânea, Kaçar & Ulusoy (2011) registraram *Temelucha anatolica* (Sedivý, 1968) e *Temelucha decorata* (Gravenhorst, 1829) parasitando *Palpita unionalis* (Hübner, 1796) em plantações de oliva.

A preponderância de *Dolichogenidea* sp. no parasitismo de lagartas de *P. forficifera* pode indicar uma melhor adaptação desta espécie nos locais estudados. Essas altas taxas de parasitismo podem ser observadas também no Pomar A, localizado na Estação Experimental da Embrapa Clima Temperado, onde foram utilizados inseticidas químicos para o manejo de *P. forficifera*. Além disso, sua maior habilidade em procurar pelo hospedeiro, podendo estar relacionado também a sua adaptação aos fatores meteorológicos bem como os da paisagem que constituem o entorno dos pomares, conforme demonstrado nas Figs. 2 e 3.

Em relação às taxas de parasitismo de lagartas de *P. forficifera*, essas podem ser consideradas altas, principalmente, durante os meses de maior infestação da praga. Certamente as práticas de manejo fitossanitário, principalmente, em relação ao controle da lagarta-da-oliveira e das cochonilhas realizadas nos pomares não interferem no parasitismo.

A abundância, constância e frequência entre os gêneros de parasitoides larvais podem ser causadas por competições interespecíficas entre os insetos e, muito provavelmente, em função da melhor adaptação às condições climáticas de cada safra. Nota-se que a espécie mais promissora é *Dolichogenidea* sp., a qual se apresentou em todas as safras nas três áreas. Desta forma, enseja-se maior estudo acerca de sua biologia e comportamento a fim de proporcionar a liberação massal. O mesmo ocorre com os parasitoides de ovos. Conforme mencionado anteriormente, o gênero *Trichogramma* tem diversos registros em olivais do Mediterrâneo, berço da olivicultura, e é utilizado de maneira comercial para o controle da lagarta-da-oliveira europeia (*P. unionalis*). Assim sendo, estudos a respeito da biologia e porcentagem de

parasitismo, bem como de seleção de linhagens promissoras é um passo importante a ser dado a fim de proporcionar a viabilidade do controle biológico aplicado de *P. forficifera* na olivicultura brasileira.

Agradecimentos - Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001. DRRF agradece ao “Programa de Capacitação Institucional” – PCI/CNPq (processo número 300722/2022-2). Agradecemos aos responsáveis pelo Horto Municipal de Rio Grande, pela disponibilidade de utilização do pomar para a realização do estudo.

Referências

- CONSELHO OLEÍCOLA INTERNACIONAL, 2022. <<https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/02/IOC-Imports-2021-22-1.html>>. Accessed on: 03 Abr. 2022.
- FERNANDES, DRR., LARA, RIR. and PERIOTO NW., 2020. New records of Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from a coffee agroecosystem of southeastern Brazil. Entomological Communications, vol. 2, p. 1-4.
- CHEN, YH. and WELTER, SC., 2003. Confused by domestication: incongruent behavioral responses of the sunflower moth, *Homoeosoma electellum* (Lepidoptera: Pyralidae) and its parasitoid, *Dolichogenidea homoeosomae* (Hymenoptera: Braconidae), towards wild and domesticated sunflowers. Biological Control, vol. 28, p. 180-190.
- GAULD, ID., 2000. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Memoirs of the American Entomological Institute vol. 63, p. 1-453.
- HEGAZI, E., HERZ, A., HASSAN, AS., KHAFAGI, WE., AGAMY, E., ZAITUN, A., EL-AZIZ, GA., SHWEIL, S., EL-SAID, S., KHAMIS, N., 2007. Field efficiency of indigenous egg parasitoids (Hymenoptera, Trichogrammatidae) to control the olive moth (*Prays oleae*, Lepidoptera, Yponomeutidae) and the jasmine moth (*Palpita unionalis*, Lepidoptera, Pyralidae) in an olive plantation in Egypt. Biological Control, vol. 43, p. 171-187.
- HERZ, A. and HASSAN, AS. 2006. Are indigenous strains of *Trichogramma* sp. (Hym., Trichogrammatidae) better candidates for biological control of lepidopterous pests of the olive tree? Biocontrol Science and Technology, vol. 16, p. 841-857.
- HERZ, A., HASSAN, AS., HEGAZI, E., KHAFAGI, WE., NASR, FN., YOUSSEF, AI., AGAMY, E., BLIBECH, I., KSENTINI, I., KSANTINI, M., 2007. Egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in olive groves of the Mediterranean region. Biological Control, vol. 40, p. 48-56.

- IBRAOLIVA. 2022. Instituto Brasileiro de Olivicultura. <<https://www.ibraoliva.com.br/>>. Accessed on: 03 Abr. 2022.
- KAÇAR, G. and ULUSOY, MR. 2011. Doğu Akdeniz Bölgesi zeytin bahçelerinde Zeytin fidantırtılı [*Palpita unionalis* (Hüb.) (Lepidoptera: Pyralidae)]'nın predatör ve parazitöitlerinin belirlenmesi. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, vol. 2, no. 1, p. 39-48.
- KAÇAR, G. and ULUSOY, MR. 2012. Zeytin fidantırtılı *Palpita unionalis* (Hüb.) (Lepidoptera: Pyralidae) in doğa koşullarında biyolojisi. Turkish Journal of Entomology, vol. 36, p. 335-344.
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B. and RUBEL, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated, Meteorologische Zeitschrift, vol. 15, p. 259-263.
- KRISHNAMOORTHY, A., RAMA, N. and MANI, M. 2004. Record of *Dolichogenidea stantoni* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), a Larval Parasitoid of Pumpkin Caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Biological Control, vol. 18, p. 205-206.
- NAVA, DE., PARRA, JRP., COSTA, VA., GUERRA, TM. and CÔNSOLI, FL. 2005. Population dynamics of *Stenomoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) and related larval parasitoids in Minas Gerais, Brazil. The Florida Entomologist, vol. 88, p. 441-446.
- MILANO, P., BERTI FILHO E., PARRA JRP. and CARVALHO, SS. 2008. Aspectos biológicos e parasitismo de *Hymenochaonia delicata* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Gymnandrosoma aurantianum* Lima (Lepidoptera: Tortricidae) em laboratório. Revista de Agricultura, vol. 83, p. 19-27.
- PAULLIER J. 2013 Plagas del olivo, pp. 169-181. In M. A. Grompone, and J. Villamil (eds.), Aceites de olive: de la planta al consumidor. INIA: Hemisferio Sur, Montevideo.
- PÉREZ-URBINA, BA., CORONADO-BLANCO, JM., RUÍZ-CANCINO, E., VENEGAS-BARRERA, CS., CORREA-SANDOVAL, A. and HORTA-VEJA, JV. 2018. Community structure of Ichneumonidae (Hymenoptera) in a mangrove area in the coastal zone of Tamaulipas, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 89, no. 3, p. 823-835.

- QUERINO, RB. and ZUCCHI, RA. 2011. Guia de Identificação de *Trichogramma* para o Brasil. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 103p.
- QUERINO, RB. and ZUCCHI, RA, 2019. Annotated checklist and illustrated key to the species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from South America. Zootaxa, vol. 4656, no. 2, p. 201-231.
- RICALDE, MP., NAVA, DE., LOECK, AE., COUTINHO, EF., BISOGNIN, A. and GARCIA FRM. 2015. Insects related to olive culture in Rio Grande do Sul State, Brazil. Ciência Rural, vol. 45, p. 2125-2130.
- RICALDE, MP. and GARCIA, FRM. 2013. Insetos e ácaros associados à cultura da oliveira na América do Sul. Revista de Ciências Ambientais, vol. 7, p. 61-72.
- SCHEUNEMANN, T., NAVA, DE. and BERNARDI, D. 2020. Pragas da Oliveira. Cultivar HF, vol. 119, p. 10-13.
- SCHEUNEMANN, T., MANICA-BERTO, R., NÖRNBERG, SD., GONÇALVES, RS., GRÜTZMACHER, AD. and NAVA, DE. 2018. Biology and fertility life tables for *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) reared on three olive cultivars and privet. Journal of Economic Entomology, vol. 112, p. 450-456.
- SHARMA, A. and VERMA, TD. 2007. *Dolicogenidea* sp. (Hymenoptera: Braconidae) - um parasitóide de *Locastra muscosalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). The Indian Forester, vol. 133, p. 1513-1518.
- SHAW, MR. and HUDDLESTON, T. 1991. Classification and biology of braconid wasps. Handbooks for the Identification of British Insects, vol. 7, Part 11. Royal Entomology Society of London.
- TAKAHASHI, TA., NISHIMURA, G., QUERINO, RB. and FOERSTER, LA. 2021. An integrative taxonomy of a new species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with high reproductive capacity. Neotropical Entomology, vol. 50, p. 90–99.

WHARTON, RA., MARSH., PM. and HARKEY, MJS. 1997. Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera). Washington: Special Publication of the International Society of Hymenopterists, p. 439.

Figura 1. Flutuação populacional de *Palpita forficifera* em duas safras agrícolas, 2017/2018 (A) e 2018-2019 (B), durante o período de outubro a maio em três pomares localizados no Sul do Rio Grande do Sul.

Figura 2. Distribuição relativa de espécies de parasitoides em lagartas de *Palpita forficifera* coletadas em pomares de oliveira nos municípios de Pelotas (A e B) e Rio Grande (C), durante as safras de 2017/2018 e 2018/2019.

Figura 3. Distribuição dos parasitoides de ovos (*Trichogramma foersteri*) (A) e lagartas (B) de *Palpita forficifera*, coletados em olivais ao longo do período de outubro a maio, nas safras agrícolas de 2017/2018 (Safrá 1) e de 2018/2019 (Safrá 2) em três pomares do Sul do Rio Grande do Sul, sendo: Pelotas (B1), Pelotas (B2) e Rio Grande (B3), no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 4. Parasitismo total de lagartas de *Palpita forficifera* coletados em pomares de oliveira ao longo do ciclo de produção, nas safras 2017-2018 e 2018-2019, nas áreas da área Pelotas (A), Cascata (B) e Rio Grande (C).

Figura 1

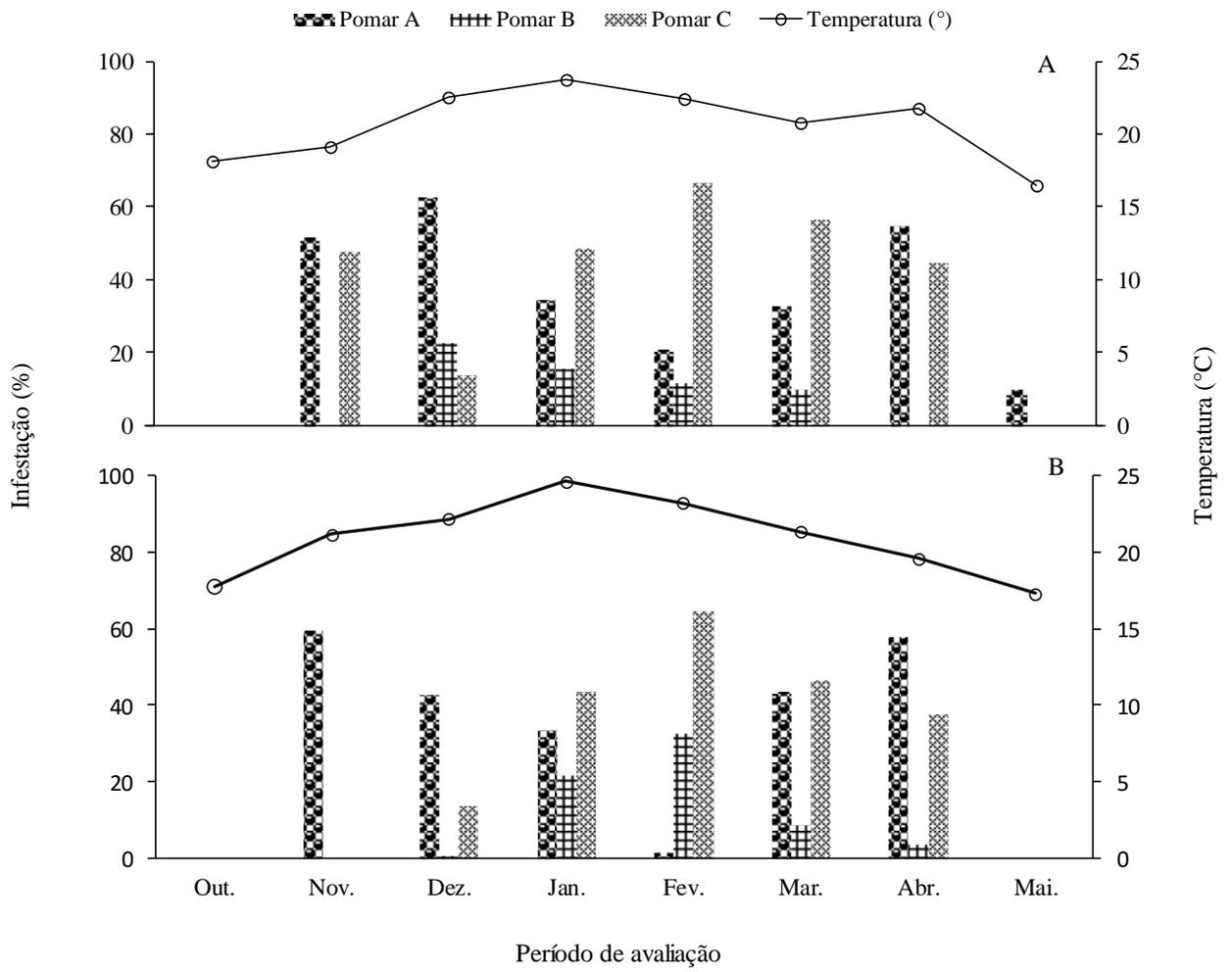


Figura 2

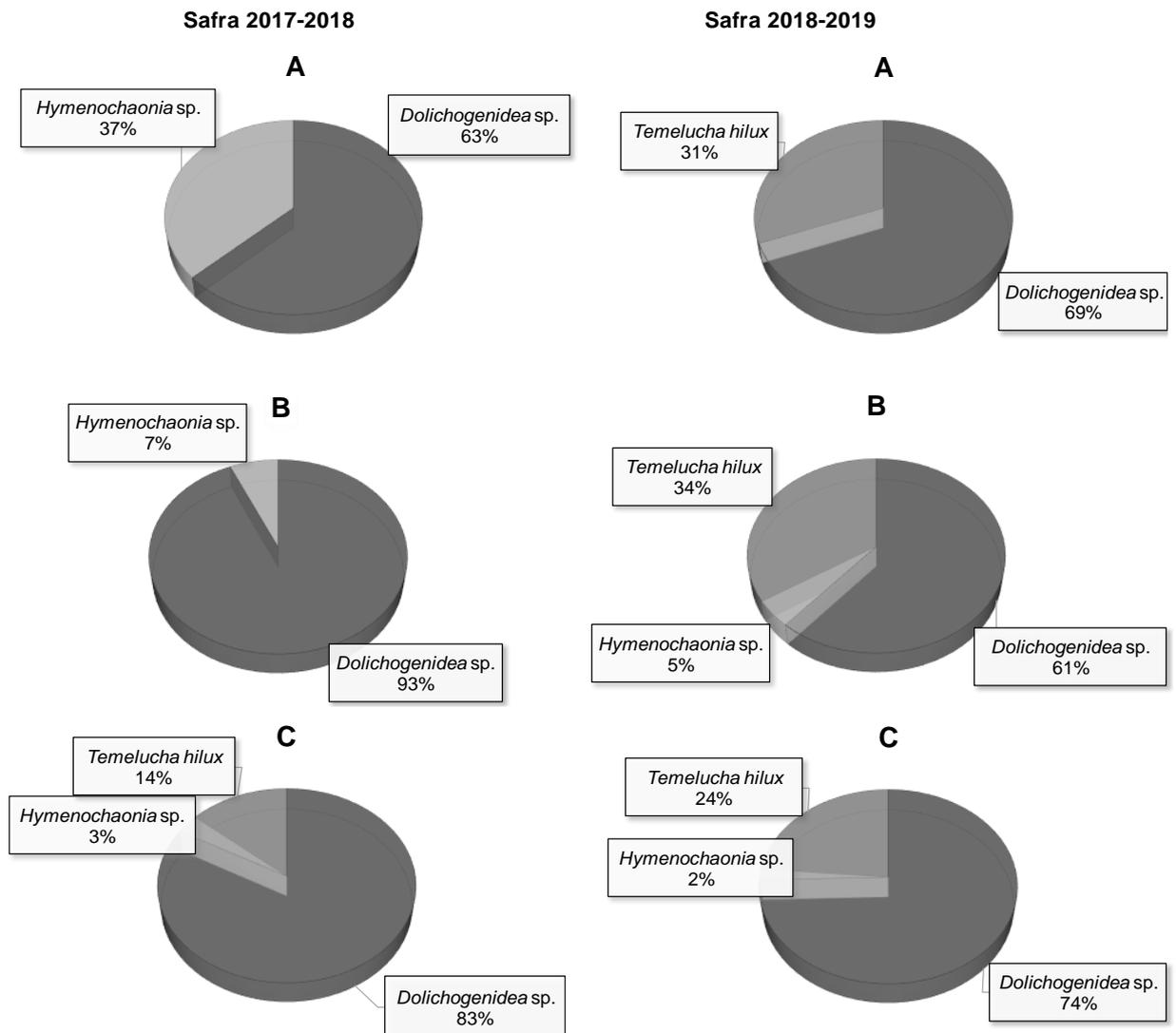


Figura 3

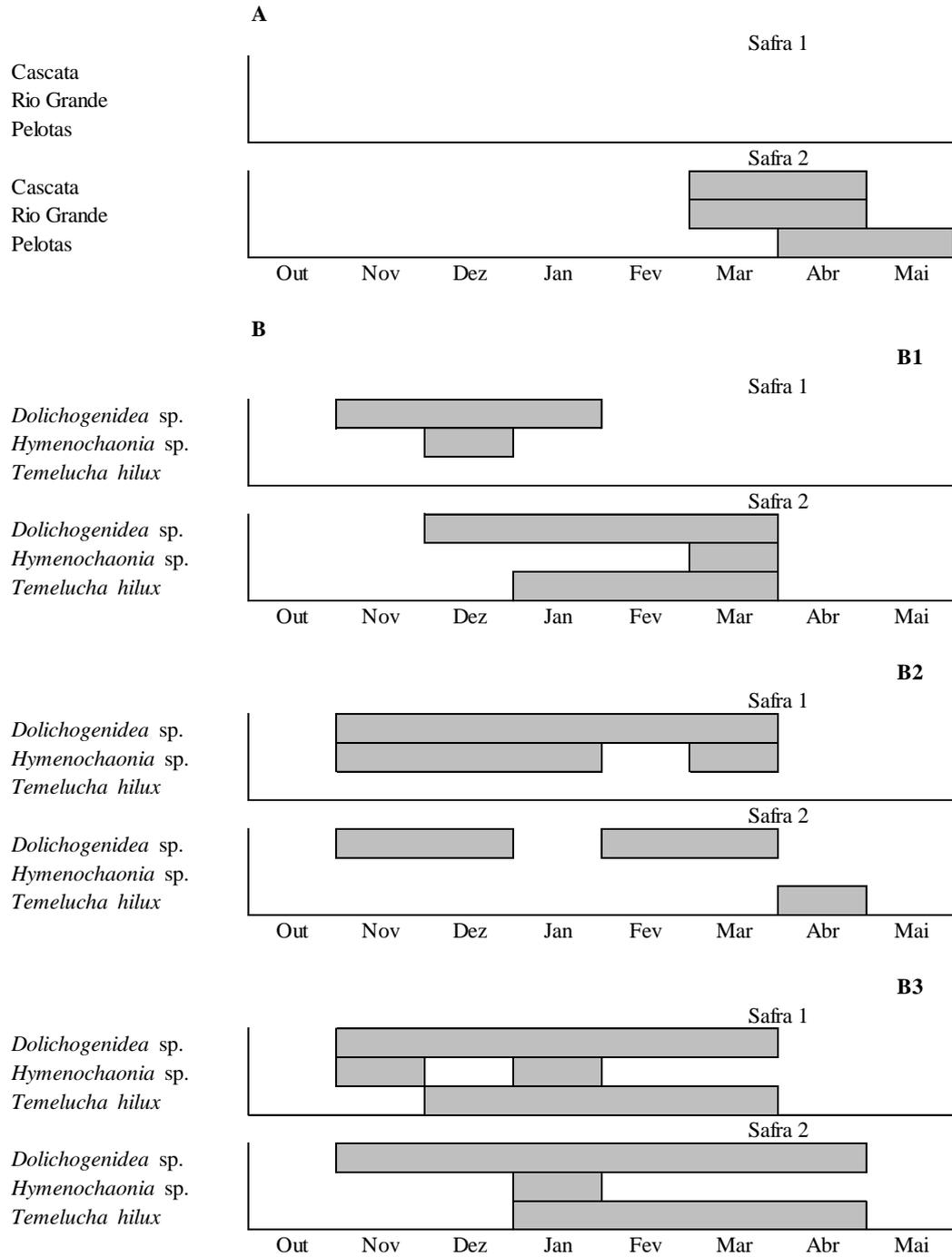
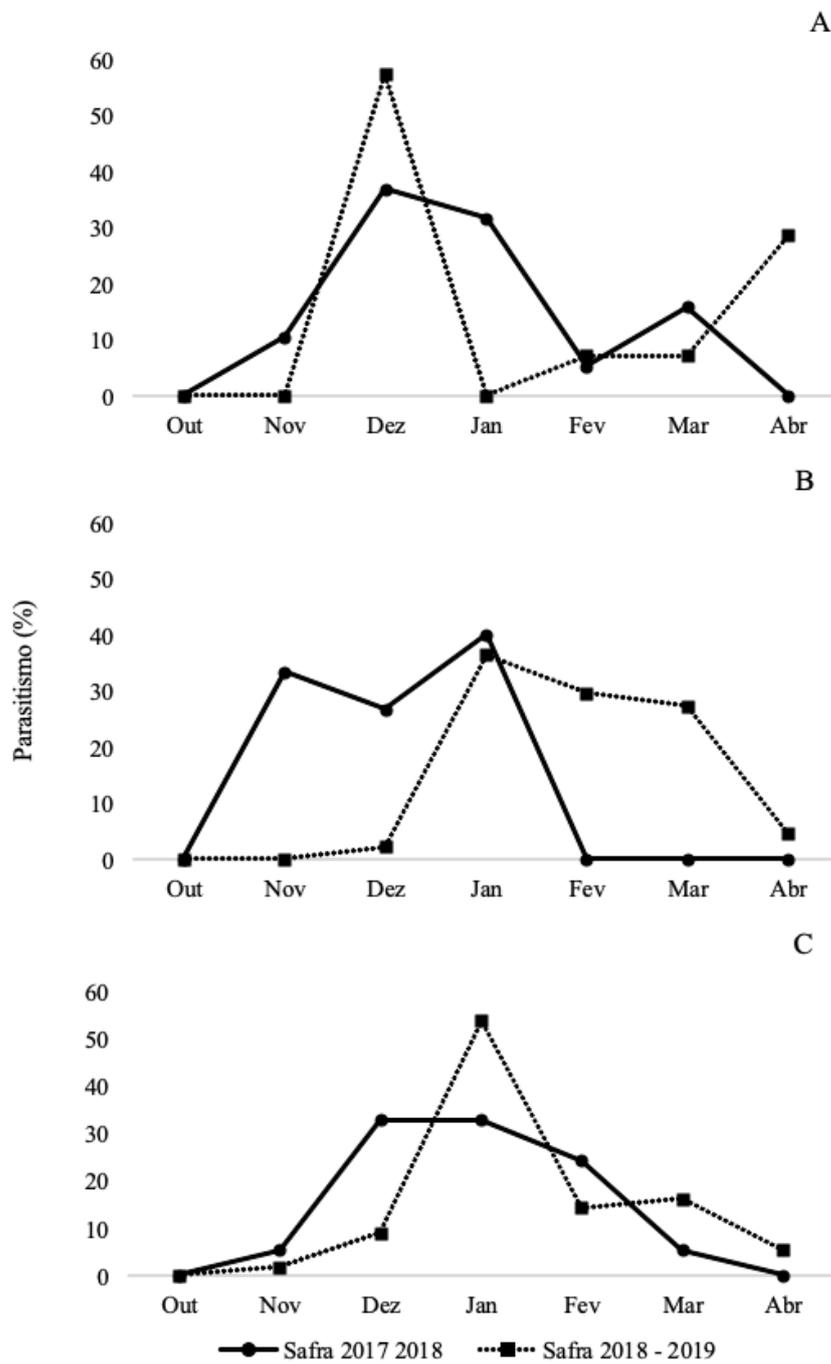


Figura 4



5. Conclusões gerais

- As temperaturas de 10 e 35°C afetaram negativamente todas as fases imaturas de *P. forficifera* enquanto que as temperaturas de 25 e 30°C proporcionaram as menores durações do período ovo-adulto;
- Fêmeas de *P. forficifera* mantidas a 25°C foram mais fecundas;
- As maiores taxas líquidas de reprodução (R_0) e a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) foram verificadas nas temperaturas de 25 e 30°C;
- A temperatura base (T_b) e a constante térmica (K) para o período ovo-adulto foi de 10,7°C e 549,45 graus-dia, respectivamente;
- Com base nas exigências térmicas *P. forficifera* pode ter de 4,0 a 6,3 gerações anuais em regiões produtoras de oliveira do Brasil e Uruguai;
- Não houve sobrevivência de lagartas de *P. forficifera* quando submetidas a faixa de 0-20% de umidade relativa do ar, porém, na faixa de 81-100% foi observado o menor período de desenvolvimento larval e, conseqüentemente, o menor período (ovo-pupa);
- Umidades relativas do ar acima de 41% proporcionaram as maiores viabilidade larvais;
- Insetos acondicionados na fotofase de 4 horas apresentaram o menor período ovo a pupa e a maior viabilidade;
- Pupas provenientes de lagartas mantidas na faixa de umidade de 21-40% apresentaram o menor peso;
- Nas faixas de umidade relativa do ar de 61-80 e 81-100% foi registrado a maior taxa líquida de aumento e uma capacidade de aumento populacional de 68% quando comparado com insetos submetidos na faixa de umidade relativa de 21-40%;
- Insetos acondicionados no fotoperíodo de 4/20 horas apresentaram a maior taxa líquida de reprodução e a maior capacidade de crescimento populacional em relação aos demais fotoperíodos avaliadas;
- A maior infestação de *Palpita forficifera* alcançou cerca de 60% das brotações em alguns meses, dependendo do pomar avaliado;
- Durante o período de infestação de *P. forficifera*, foi observada a ocorrência do parasitoide de ovos *Trichogramma foersteri* Takahashi, 2021 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e três parasitoides larvais, sendo dois braconídeos pertencentes aos gêneros *Dolichogenidea* Viereck, 1911 e *Hymenochaonia* Dalla Torre, 1898 (Hymenoptera: Braconidae) e um iqueneumonídeo *Temelucha hilux* Gauld, 2000 (Hymenoptera: Ichneumonidae);

- *Temelucha hilux* está sendo associado pela primeira vez a um hospedeiro, além disso, sua distribuição no país é ampliada para a região Sul.

6. Referências bibliográficas

BONTEMPO, M. Azeite de oliva: sabor, estética e saúde. **Editora Alaúde**, 2008, 148p.

CODEVASP. Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio Doce. Plantio de oliveira no semi-árido. Brasília, 24 ago. 2006. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/vales_em_foco/acontece1027>. Acesso em 03 jan. 2019.

CONSELHO OLEÍCO INTERNACIONAL (COI), Madrid, 2020. Disponível em:<http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-orld-olive-oil-figures?lang=es>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

EPAMIG. Pesquisa da EPAMIG garante produção de azeitonas. **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**. 2007. Documento em PDF disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=63&Itemid=64>. Acesso em 02 de fevereiro de 2019.

FAOSTAT. **Food and agriculture organization of the united nations statistics division**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/q/qc/e>> Acesso 02 de fev. de 2020.

GARCIA, F.R.M. Fruit fly: biological and ecological aspects. In: BANDEIRA, R.R. (Ed.). **Current trends in fruit flies control on perennial crops and research prospects**. Kerala: Transworld Research Network, 2009. p.1-35.

GOMES, P. A olivicultura no Brasil. **Edições melhoramentos**, 1979, 208p.

IBRAOLIVA. 2022. **Instituto Brasileiro de Olivicultura**. (<https://www.ibraoliva.com.br/>) (Acesso 10 Abr 2022).

MESQUITA, D. L.; OLIVEIRA, A. F.; MESQUITA, H. A. Aspectos econômicos da produção e comercialização do azeite de oliva e azeitona. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 231, p. 7-12, mar./abr. 2006.

NAVA, D. E; SCHEUNEMANN, T. Informações técnicas sobre a lagarta-da-oliveira. **Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação/ Grupo Técnico da Olivicultura no Rio Grande do Sul**. 2018.

PAULLIER, J. 2013. Plagas del olivo, pp. 169-181. In M.A. Grompone and J. Villamil (eds.), Aceites de olive: de la planta al consumidor. **INIA: Hemisferio Sur**, Montevideo.

PORTER, J.H.; PARRY, M.L.; CARTER, T.R. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.57, p.221-240, 1991.

RICALDE, M. P., D. E. NAVA, A. E. LOECK, E. F. COUTINHO, A. BISOGNIN, AND F. R. M. GARCIA. 2015. Insects related to olive culture in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, 45: 2125-2130.

RICALDE, M. P.; GARCIA, F. R. M. Insetos e ácaros associados à cultura da oliveira na América do Sul. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 7, p. 1-12, 2013.

RIZZO, C.; ARGUMEDO, F. D. **Competitividad en la indústria olivícola**. Apuntes de Industrias e Servicios II, 30p. 2011.

SCHEUNEMANN, T.; GRÜTZMACHER, A. D.; NÖRNBERG, S. D.; GONÇALVES, R.S.; NAVA, D. E. Deu traça. **Cultivar HF** v. 105 p. 14-16. 2017.

WREGÉ, M.S.; BARBOSA, L.R.; AUER, C.G.; SANTOS, A.F. Influência das mudanças climáticas nas zonas de ocorrência do percevejo-bronzeado do eucalipto. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A.M.; GHINI, R. (Eds.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília-DF: Embrapa, p.440-452, 488p., 2017.