

PAULA GREGORINI SILVA

BIOLOGIA E MANEJO DA NOVA PRAGA DESFOLHADORA DO EUCALIPTO
***Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)**

Botucatu
2025

PAULA GREGORINI SILVA

BIOLOGIA E MANEJO DA NOVA PRAGA DESFOLHADORA DO EUCALIPTO
***Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Dr. Carlos Frederico Wilcken

Botucatu
2025

S586b Silva, Paula Gregorini
Biologia e manejo da nova praga desfolhadora do eucalipto
Physocleora dukinfeldia (Lepidoptera: Geometridae) / Paula
Gregorini Silva. -- Botucatu, 2025
79 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Carlos Frederico Wilcken

1. Praga Florestal. 2. Lagarta desfolhadora. 3. Controle
biológico. 4. Eucalyptus. 5. Ciclo biológico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos
pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE:

BIOLOGIA E MANEJO DA NOVA PRAGA DESFOLHADORA DO EUCALIPTO, *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)


AUTORA: PAULA GREGORINI SILVA

ORIENTADOR: CARLOS FREDERICO WILCKEN


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas Unesp


Pesquisador Dr. LEONARDO RODRIGUES BARBOSA (Participação Virtual)
Entomologia Florestal / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária


Pesquisador Dr. MURILO FONSECA RIBEIRO (Participação Presencial)
Programa Cooperativo sobre Proteção Florestal / Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais


Prof. Dr. EDUARDO NEVES COSTA (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp Botucatu


Pesquisador Dr. FÁBIO ABAUJO DOS SANTOS (Participação Virtual)
Desenvolvimento de Mercado / Syngenta

Botucatu, 05 de setembro de 2025

*Às meus amados pais,
irmã e avó, por sempre serem meu porto seguro,
dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, sabedoria e forças para superar os desafios ao longo desta jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken, expresse minha sincera gratidão pela orientação dedicada, paciência e confiança. Sua experiência foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Crébio José Ávila, pelo incentivo constante e apoio essencial na realização deste sonho.

Aos meus pais, Paulo e Marlei, minha eterna gratidão. Seu amor, apoio e compreensão foram meu alicerce. Cada conquista é dedicada a vocês.

À minha irmã, Cláudia, e ao meu cunhado, André, pelo carinho, apoio incondicional e por serem fonte constante de inspiração.

À minha avó Ivanilde, por seu amor incondicional e por me motivar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado, Daniel Somma, pelo amor, paciência e parceria diária. Sua presença foi luz e força em cada etapa desta caminhada.

Aos amigos, Ivana Moisinho, Bruna dos Anjos, Bárbara Silveira, Nádia Bueno, Sabrina Ongaratto, Maicon Silva, Fábio Araújo, Jéssica Bonamichi, Marina Cuchi, Jade Franco e Ana Paula Santana, que tornaram essa caminhada mais leve e alegre. Amigos são anjos, e vocês são os meus.

À Aline Marques por ser meu pontinho de luz, por todos os momentos de descontração e por todo suporte durante o processo. Sua amizade é um verdadeiro presente de Deus, obrigada por tudo!

À Thais Braga, por ser meu ponto de equilíbrio diariamente durante todos esses anos, serei eternamente grata por cada momento, para sempre em meu coração. Obrigada por tanto!

Às amigas Marizete Cavalcante e Elizete Cavalcante, pela valiosa e incondicional amizade e apoio desde o início desta jornada.

Às amigas especiais de Três Lagoas, Adriana Mortari, Amanda Neiva, Vivian Perin, Giovanna Perin, Eloá Cabrera e Deisy Polini, minha gratidão por tornarem esse processo mais leve e descontraído.

Aos colegas do LCBPF, pelo companheirismo e convivência. Em especial, à estagiária Laura Gianezi, que esteve presente no dia a dia, tornando tudo mais leve. Levarei seu apoio comigo com muito carinho.

Aos meus supervisores, Everton Soliman e Maurício Domingues, agradeço a oportunidade de atuar como bolsista Inova Talentos na Suzano S.A, durante os

últimos anos de doutorado. As lições aprendidas foram fundamentais para minha formação profissional.

Aos amigos e colegas da Suzano S.A., meu sincero agradecimento pelo incentivo, apoio e amizade durante esse período, em especial Anna Nascimento, Thaysa Queiroz e João Garcia. Vocês foram importantes degraus para essa conquista.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas – Agronomia, pela dedicação e pelos conhecimentos compartilhados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho, meu muito obrigada.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de madeira proveniente de florestas plantadas, com destaque para o cultivo de eucalipto, que desempenha papel estratégico na economia nacional. No entanto, a expansão dessas plantações tem favorecido o surgimento e a adaptação de pragas florestais, entre elas a lagarta *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae), recentemente registrada como desfolhadora em plantios comerciais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo estudar a biologia, os parâmetros populacionais e a suscetibilidade de *P. dukinfeldia* a inseticidas biológicos e reguladores de crescimento, a fim de fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado dessa praga emergente. Os resultados demonstraram que a espécie é capaz de completar seu ciclo em ambos hospedeiros *E. grandis* x *E. urophylla* e *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae), embora com desenvolvimento mais lento e menor viabilidade pupal no eucalipto. Apesar disso, a praga apresenta capacidade de adaptação ao cultivo comercial, com consumo foliar semelhante entre os hospedeiros, indicando potencial para causar danos significativos. Foram observadas taxa reprodutiva líquida (R_0) superior a 1 e alta viabilidade dos ovos, tanto no eucalipto quanto na aroeira pimenteira. Esses resultados indicam que *P. dukinfeldia* possui potencial de crescimento populacional e capacidade de se estabelecer de forma eficiente em plantações de eucalipto, reforçando a necessidade de adoção de medidas de monitoramento e manejo. Os bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) e o regulador de crescimento clorfluazuron e destacaram pela alta eficiência no controle, especialmente sobre as fases larvais iniciais. Isso indica que o controle biológico e o uso de reguladores de crescimento podem ser alternativas promissoras, seletivas e sustentáveis para o manejo da praga.

Palavras-chave: Eucalyptus; controle biológico; praga florestal; tabela de vida; lagarta desfolhadora.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's leading producers of timber from planted forests, with eucalyptus cultivation playing a strategic role in the national economy. However, the expansion of these plantations has favored the emergence and adaptation of forest pests, including the defoliating caterpillar *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae), recently recorded causing defoliating in commercial *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* plantations. In this context, this study aimed to investigate the biology, population parameters, and susceptibility of *P. dukinfeldia* to biological insecticides and insect growth regulators, in order to provide technical support for the development of integrated pest management (IPM) strategies for this emergent pest. The results showed that the species is capable of completing its life cycle on both host plant *E. grandis* x *E. urophylla* e *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae), although with slower development and lower pupal viability on eucalyptus. Nevertheless, the pest demonstrates a strong ability to adapt to commercial plantations, with similar foliar consumption on both hosts, indicating its potential to cause significant damage. The species exhibited a net reproductive rate (R_0) greater than 1 and high egg viability on *E. urograndis* and the native host *Schinus terebinthifolia*. These findings that *P. dukinfeldia* has a high population growth potential and the capacity to successfully establish in eucalyptus plantations, highlighting the need for the implementation of monitoring and management measures. Bioinsecticides based on *Bacillus thuringiensis* (Bt) and the insect growth regulator clorfluazuron stood out for their high efficacy in controlling the pest, particularly during the early larval stages. This indicates that biological control and the use of insect growth regulators are promising, selective, and sustainable alternatives for managing this pest.

Keywords: Eucalyptus; biological control; forest pest; life table; defoliating caterpillar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

INTRODUÇÃO GERAL – A nova espécie desfolhadora do eucalipto: *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae)

Figura 1 – (A) Ovos de *Physocleora dukinfeldia*, (B) Lagarta de sexto instar de *Physocleora dukinfeldia*, (C) Pupa de *Physocleora dukinfeldia* e (D) Adultos de *Physocleora dukinfeldia*..... 25

Capítulo 1 – A NEW DEFOLIATING THREAT TO EUCALYPTUS PLANTATIONS: BIOLOGY AND FOLIAR CONSUMPTION OF *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)

Figure 1 - Mean (\pm SE) of larval and pupal viability of *Physocleora dukinfeldia* in forest species. Means followed by the same lowercase letter do not differ from each other by the LS-Means adjusted by Tukey's test ($P \leq 0.05$). 35

Figure 2 - Total leaf consumption (\pm SE) of *Physocleora dukinfeldia* larvae fed with leaves of forest species. Total leaf consumption considers the total consumed by the individual until its death or passage to the prepupal phase. 40

Capítulo 2 – TABELA DE VIDA DE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE): BASE PARA COMPREENSÃO DE SEU POTENCIAL DE ESTABELECIMENTO EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Figura 1 - Médias (\pm EP) da longevidade de machos e fêmeas de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies florestais.47

Figura 2 - Fertilidade específica (mx) e sobrevivência (lx) de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies florestais.49

Capítulo 3 – AÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E UM REGULADOR DE CRESCIMENTO DE INSETOS SOBRE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE), UMA PRAGA EMERGENTE EM SISTEMAS DE EUCALIPTO

Figura 1 - Eficiência média (\pm EP) acumulada (%) dos tratamentos sobre lagartas de *Physocleora dukinfeldia* ao longo de sete dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).....63

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – A NEW DEFOLIATING THREAT TO EUCALYPTUS PLANTATIONS: BIOLOGY AND FOLIAR CONSUMPTION OF *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)

Table 1 - Mean duration of 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, and 6th instar and total phases duration, larval phase, prepupal phase, pupal phase and larva-adult cycle of *Physocleora dukinfeldia* in 2 tree species.....33

Table 2 - Mean (\pm SE) head capsule width (mm) of *Physocleora dukinfeldia* larvae fed on two forest tree species.....34

Table 3 - Mean (\pm SE) weight, length and width of male and female pupae of *Physocleora dukinfeldia* from larvae fed with 2 tree species.35

Capítulo 2 – TABELA DE VIDA DE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE): BASE PARA COMPREENSÃO DE SEU POTENCIAL DE ESTABELECIMENTO EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Tabela 1 - Médias (\pm EP) dos parâmetros reprodutivos e razão sexual de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com folhas de duas espécies florestais.52

Tabela 2 - Taxa reprodutiva líquida (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm), razão finita de aumento (λ), tempo médio de geração (T), e tempo para duplicação (TD) de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies florestais.....50

Capítulo 3 – AÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS, BOTÂNICOS (NATURAIS) E REGULADOR DE CRESCIMENTO DE INSETOS SOBRE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE), UMA PRAGA EMERGENTE EM PLANTIOS DE EUCALIPTO

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos com seus respectivos produtos comerciais, princípios ativos, concentrações e dosagens em ensaio de *Physocleora dukinfeldia*.59

Tabela 2 - Médias (\pm EP) de eficiência (%) dos tratamentos sobre *Physocleora dukinfeldia* do primeiro ao sétimo dia após a aplicação (DAA).....62

Tabela 3 - Médias (dias \pm EP) mortalidade de lagartas de segundo instar da espécie *Physocleora dukinfeldia* submetidas a diferentes produtos, em condições controladas (T: 25°C \pm 2°C; UR: 70 \pm 10% e fotófase: 12h).....62

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO 1 – A NEW DEFOLIATING THREAT TO EUCALYPTUS PLANTATIONS: BIOLOGY AND FOLIAR CONSUMPTION OF <i>Physocleora dukinfeldia</i> (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE).....	26
1.1 INTRODUCTION.....	28
1.2 MATERIALS AND METHODS.....	29
1.2.1 <i>Physocleora dukinfeldia</i> rearing.....	29
1.2.2 Life cycle assessment.....	30
1.2.3 Leaf consumption.....	30
1.2.4 Statistical analysis.....	31
1.3 RESULTS.....	31
1.3.1 Life cycle determination.....	31
1.3.2 Cephalic capsule measurements.....	34
1.3.3 Larval and pupal viability.....	34
1.3.4 Foliar consumption.....	36
1.4 DISCUSSION.....	36
1.5 CONCLUSION.....	38
REFERENCES.....	39
CAPÍTULO 2 - TABELA DE VIDA DE <i>Physocleora dukinfeldia</i> (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE): BASE PARA COMPREENSÃO DE SEU POTENCIAL DE ESTABELECIMENTO EM PLANTAGENS DE EUCALIPTO.....	42
2.1 INTRODUÇÃO.....	43
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.2.1 Criação de <i>Physocleora dukinfeldia</i>	44
2.2.2 Desenvolvimento e reprodução.....	44
2.2.3 Parâmetros de tabela de vida.....	45
2.2.4 Análises estatísticas.....	46
2.3 RESULTADOS.....	46
2.3.1 Longevidade.....	46
2.3.2 Parâmetros reprodutivos e razão sexual.....	47
2.3.3 Parâmetros demográficos.....	48
2.4 DISCUSSÃO.....	50
2.5 CONCLUSÕES.....	52

REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO 3 – AÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E UM REGULADOR DE CRESCIMENTO DE INSETOS SOBRE <i>Physocleora dukinfeldia</i> (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE), EM EUCALIPTO.....	56
3.1 INTRODUÇÃO.....	57
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3.2.1 Criação de <i>Physocleora dukinfeldia</i>	58
3.2.2 Bioensaio de eficácia.....	58
3.2.3 Análises estatísticas.....	59
3.3 RESULTADOS.....	61
3.4 DISCUSSÃO.....	63
3.5 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS.....	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS.....	71

INTRODUÇÃO GERAL

Importância econômica do eucalipto

O Brasil é referência internacional no segmento de florestas cultivadas, as quais se caracterizam como indicadores fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico (Valverde *et al.*, 2022). O eucalipto apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, apresentando bom desenvolvimento em diferentes condições edafoclimáticas, extrapolando regiões de características semelhantes àquelas de origem (Vitti *et al.*, 2002). Em vista de sua ampla diversidade, é bem produtivo em condições diversas, além de produzir madeira de qualidade superior, que pode servir para as mais variadas finalidades (Hasse, 2006; Lima, 1996).

Historicamente, o eucalipto passou a ocupar espaço na silvicultura brasileira devido à sua utilidade como fonte energética, especialmente para alimentar locomotivas e atender às demandas de indústrias, com destaque para o setor siderúrgico. Com o avanço tecnológico e a expansão das cadeias produtivas, o gênero ganhou novas funções e, atualmente, desempenha papel fundamental na indústria de papel e celulose, além de abastecer segmentos dedicados ao processamento de madeira, como a produção de compensados, lâminas e chapas (Rodrigues *et al.*, 2021).

O eucalipto é pertencente à família Myrtaceae, que compreende em média 140 gêneros e cerca de 6000 espécies (Mitra *et al.*, 2012). É nativo da Austrália, mas cultivado em todo o mundo, com maior sucesso em países tropicais e subtropicais (Sunder, 1993). No Brasil, o gênero *Eucalyptus* é o mais plantado para fins industriais, porém poucas espécies são utilizadas para produção em grande escala, por apresentarem características comerciais desejáveis (Grattapaglia *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2019). Em decorrência de suas características, as espécies podem ser destinadas à produção de papel, celulose, madeira para construção, carvão vegetal e energia (Rodrigues *et al.*, 2024). Além disso, as folhas de eucalipto são utilizadas para fins comerciais, a exemplo da extração de óleo essencial, em que são utilizadas em média mais de 200 espécies (Penfold; Willis, 1954; Pinto Junior; Silveira, 2021).

No passado, as plantações de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, foram utilizadas para produção de carvão vegetal e para uso na siderúrgica. Com isso, as espécies ganharam notoriedade e passaram a ser as

principais fornecedoras de fibra para a indústria de papel e celulose (Hansenclever; Rivelli, 1984; Barrichelo, 1975, Moreira *et al.*, 2021).

Com o passar dos anos e avanços do melhoramento genético, *E. urophylla* passou a ter destaque, sendo utilizado na produção de clones. Assim, o cruzamento entre *E. urophylla* x *E. grandis* passou a ser utilizado pelas grandes empresas do setor florestal devido as suas propriedades ideais para a produção de celulose (Muniz *et al.*, 2023; Vieira *et al.*, 2021).

Com o cenário florestal promissor, em 2023 a área de cultivo alcançou 10,2 milhões de hectares, dos quais a maior parte foi composta por espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, correspondendo, respectivamente, a 7,8 milhões e 1,9 milhões de hectares. Outras espécies também contribuem para o setor florestal, tais como seringueira, acácia e teca, com um incremento de 3% em relação ao anterior (Ibá, 2024).

Lagartas desfolhadoras do eucalipto: importância do conhecimento da biologia e tabela de vida

Dentre os insetos associados ao eucalipto, as lagartas da ordem Lepidoptera destacam-se como uma das principais pragas, com picos populacionais observados entre o terceiro e o sexto ano após o plantio (Ribeiro *et al.*, 2016). No Brasil, há grande diversidade de lagartas desfolhadoras, predominando espécies das famílias Geometridae, Saturniidae, Arctiidae e Notodontidae (Zanuncio *et al.*, 1994).

As principais espécies de importância econômica são *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), *Thyriniteina leucocerae* (Rindgie, 1961) (Lepidoptera: Geometridae), *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia apisaon* (Dalan, 1823) (Lepidoptera: Riodinae), *Sarsina violascens* (Herrich-schaeffer, 1856) (Lepidoptera: Lymantriidae), e *Glena bipennaria* (Guenee, 1857) (Lepidoptera: Geometridae) (Santarosa; Júnior; Goulart, 2014).

Os Geometrídeos destacam-se por ser a família que mais temos registros de ocorrência de surtos em plantações de eucalipto, onde recentemente tivemos a ocorrência de *I. panopla* em 2020 (Santos, 2023) e *P. dukinfeldia* em 2021 (Silva *et al.*, 2023). Com toda relevância de surgimento de novas pragas, dentro das premissas do Manejo integrado de pragas florestais é necessário que haja o conhecimento da ecologia e biologia do inseto, para que as tomadas de decisão de monitoramento e controle sejam assertivas (Silva *et al.*, 2020).

Para o ciclo biológico dos insetos existem uma infinidade de fatores que podem interferir durante todos os estágios de vida, demonstrando que ainda é mais estudos neste campo, para que se possa minimizar esta lacuna de informações (Rodrigues, 2004). Os insetos quando passam a se alimentar de uma espécie de planta para outra, podem sofrer algumas mudanças ao longo do seu ciclo de vida, pois a qualidade do alimento influencia, devido a variações existentes na composição em carboidratos, proteínas e vitaminas, o que pode influenciar na longevidade, velocidade de desenvolvimento e fecundidade dos insetos (Silveira Neto, *et al.*, 1976).

A determinação dos parâmetros da tabela de vida é conduzida a partir do acompanhamento de uma coorte formada por ovos depositados simultaneamente, ou em um intervalo temporal reduzido, mantidos em câmaras climáticas sob condições térmicas controladas. Essas câmaras podem operar com uma temperatura constante única ou com um conjunto de temperaturas fixas consideradas biologicamente relevantes. Cada indivíduo da coorte é observado em intervalos regulares geralmente diários registrando-se o estágio de desenvolvimento em que se encontra (Caswell, 2010).

Do ponto de vista biológico e prático, reconhece-se que o padrão de distribuição dos dados obtidos carrega informações essenciais para a compreensão do ciclo de vida e da variabilidade das espécies. A forma dessa distribuição, como a presença de múltiplos picos, pode indicar diferenças genéticas entre indivíduos e refletir o grau de variabilidade intraespecífica, além de fornecer subsídios para estudos que exploram o potencial adaptativo das populações (Hoffmann; Chown; Clusella-Trullas, 2013).

Aroeira pimenteira: um possível hospedeiro nativo de lepidópteros

Schinus terebinthifolius Raddi, conhecida popularmente conhecida como aroeira-pimenteira, é uma espécie nativa da América do Sul pertencente à família Anacardiaceae, sendo classificada como pioneira em diversos ecossistemas brasileiros. Essa planta possui grande importância econômica, principalmente pelo uso de seus frutos como condimento na culinária nacional e internacional, além de propriedades medicinais reconhecidas (Costa *et al.*, 2015). Do ponto de vista ecológico, destaca-se pela relevância na recuperação de áreas degradadas e em projetos de reflorestamento, especialmente em solos arenosos, onde apresenta boa adaptação (Lorenzi, 2002).

No entanto, embora amplamente utilizada, pouco se conhece sobre sua interação com insetos herbívoros, especialmente lepidópteros desfolhadores. Historicamente, esses insetos estavam associados principalmente a espécies da família Myrtaceae, como hospedeiros nativos, e vêm sendo observados em processo de adaptação a espécies exóticas, como o eucalipto (Holtz *et al.*, 2003). Diversas espécies nativas foram identificadas como hospedeiros de *Thyrinteina arnobia*, incluindo Pau-terra (*Qualea* sp.: Vochysiaceae), tingui (*Magonia pubescens*: Sapindaceae), goiabeira (*Psidium guayava*: Myrtaceae), murici (*Brysonima* sp.: Malpighiaceae); assa-peixe (*Vernonia* sp.: Compositae) e angico cangalha (*Peltophorum* sp.: Leguminosae-Caesalpinoideae) (Anjos *et al.*, 1986). Entretanto, até este momento, não haviam sido relatadas ocorrências de lepidópteros desfolhadores associados à família Anacardiaceae, o que não exclui a possibilidade de *S. terebinthifolius* atuar como hospedeiro alternativo, considerando seu status de espécie nativa.

Manejo integrado de lepidópteros em plantios de *Eucalyptus* spp.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma estratégia de controle que visa a redução populacional de organismos nocivos a níveis economicamente aceitáveis, por meio da combinação racional de técnicas de controle químico, biológico, comportamental, físico e cultural (Metcalf; Luckmann, 1994; Ferreira; Da Silva, 2025). Essa abordagem, proposta inicialmente na agricultura convencional, tem se mostrado altamente eficaz também em sistemas florestais, onde o uso indiscriminado de inseticidas pode, desequilibrar ecossistemas e causar contaminação ambiental (Iede *et al.*, 2014; Almeida *et al.*, 2023).

O MIP pode incluir o uso de plantas resistentes, a seleção de clones que apresentam resistência genética a certas pragas e a implementação de técnicas de controle mecânico, como a remoção manual de infestação (Gallo *et al.*, 2002). Na silvicultura, o MIP é importante para reduzir surtos de pragas florestais, considerando que para algumas espécies, dependendo do nível populacional, os problemas acometidos podem ser de difícil resolução (Wylie; Speight, 2012).

A eucaliptocultura permite diversidade de lepidópteros desfolhadores que atacam os plantios, causando impactos significativos. Entre as principais espécies destacam-se *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), considerada a principal desfolhadora do eucalipto, *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer, 1856)

(Lepidoptera: Lymantriidae), espécies do gênero *Glena* (Lepidoptera: Geometridae) (Santos; Zanuncio; Zanuncio, 1996), além de geometrídeos com ocorrência mais recente, como *Iridopsis panopla* (Prout, 1932) (Lepidoptera: Geometridae) e *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae). As lagartas desfolhadoras são responsáveis por severos danos aos cultivos, podendo provocar desfolha total. Em povoamentos de *E. saligna* com idade entre 2,5 e 3,5 anos, a desfolha completa pode acarretar redução de até 40,4% no volume médio de madeira no ciclo seguinte, equivalente a 25,6 m³/ha (Oda; Berti Filho, 1978).

O manejo dessas pragas, especialmente dos lepidópteros, baseia-se predominantemente no controle químico e biológico, sendo os inseticidas biológicos, o método mais utilizado no setor florestal brasileiro (Santarosa; Júnior; Goulart, 2014). Dentre as estratégias biológicas, destaca-se o controle microbiano, que emprega entomopatógenos, como bactérias, fungos, vírus e protozoários, capazes de causar doenças específicas em insetos, contribuindo para a redução populacional das pragas-alvo de forma seletiva e sustentável (Costa *et al.*, 2008).

Entre os agentes microbianos mais utilizados, *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) destaca-se pela eficácia e sustentabilidade no controle de lepidópteros desfolhadores. Produtos formulados à base de *B. thuringiensis* têm demonstrado elevada eficiência no campo, além de apresentar baixo impacto sobre organismos não-alvo, o que favorece sua adoção nos programas de MIP em áreas florestais (Zanuncio *et al.*, 2014).

No controle específico de *T. arnobia*, atualmente estão registrados no Brasil três ingredientes ativos com eficácia comprovada: deltametrina, pertencente ao grupo dos piretroides; Lufenuron, classificado como uma benzoiluréia que atua como inibidor da síntese de quitina; e tebufenozida, uma diacilhidrazina que age como mimético do hormônio da ecdisona, afetando o desenvolvimento larval (Agrofit, 2023). Complementarmente, o uso de bioinseticidas à base de *B. thuringiensis* (Berliner) (Eubacteriales: Bacillaceae) tem se consolidado como uma alternativa eficiente, seletiva e amplamente adotada em programas de manejo florestal sustentável (Horta, 2017).

Para complementar o manejo com bioprodutos, os compostos de origem vegetal surgem como opções promissoras em substituição aos inseticidas sintéticos, devido às suas características vantajosas, como baixo impacto ambiental, ampla disponibilidade, segurança no uso, boa aceitação e menor toxicidade para organismos

não-alvo. Assim, as plantas representam uma alternativa viável e sustentável aos pesticidas químicos convencionais (Chen; Oi, 2020).

Entre essas, *Sophora flavescens* (Leguminosae), nativa da China e amplamente utilizada na indústria farmacêutica, destaca-se pelo seu potencial inseticida (Tang *et al.*, 1992; Xin *et al.*, 2016). Seus principais compostos bioativos (matrina, soforidina, sofocarpina e citisina) estão concentrados nas raízes e caules, sendo utilizados principalmente no manejo de pragas agrícolas, como pulgões, lagartas e outros insetos fitófagos (Zhang *et al.*, 2015). O uso de extratos vegetais tem se consolidado como uma estratégia complementar no controle de pragas, integrando programas de manejo sustentável (Divekar, 2023).

Entretanto, diante da crescente identificação de novas espécies desfolhadoras nos ecossistemas, especialmente entre os lepidópteros, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estudos direcionados à sua biologia, ecologia e susceptibilidade a diferentes estratégias de controle. A ampliação do conhecimento científico sobre essas espécies é fundamental para subsidiar avanços no manejo integrado, promover respostas mais eficazes e garantir a sustentabilidade dos sistemas florestais de produção.

A nova espécie desfolhadora do eucalipto: *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae)

Nas últimas décadas, a expansão dos plantios de eucalipto no Brasil tem sido acompanhada pelo aumento da ocorrência de insetos fitófagos, muitos considerados pragas florestais (Pereira, 2001). Os danos causados por esses insetos podem comprometer significativamente a produtividade, sendo as lagartas desfolhadoras responsáveis por prejuízos expressivos, com desfolhas que variam de parcial a total, dependendo da intensidade do ataque (Kogan, 1998; Oda; Berti Filho, 1978; Zanuncio *et al.*, 2021).

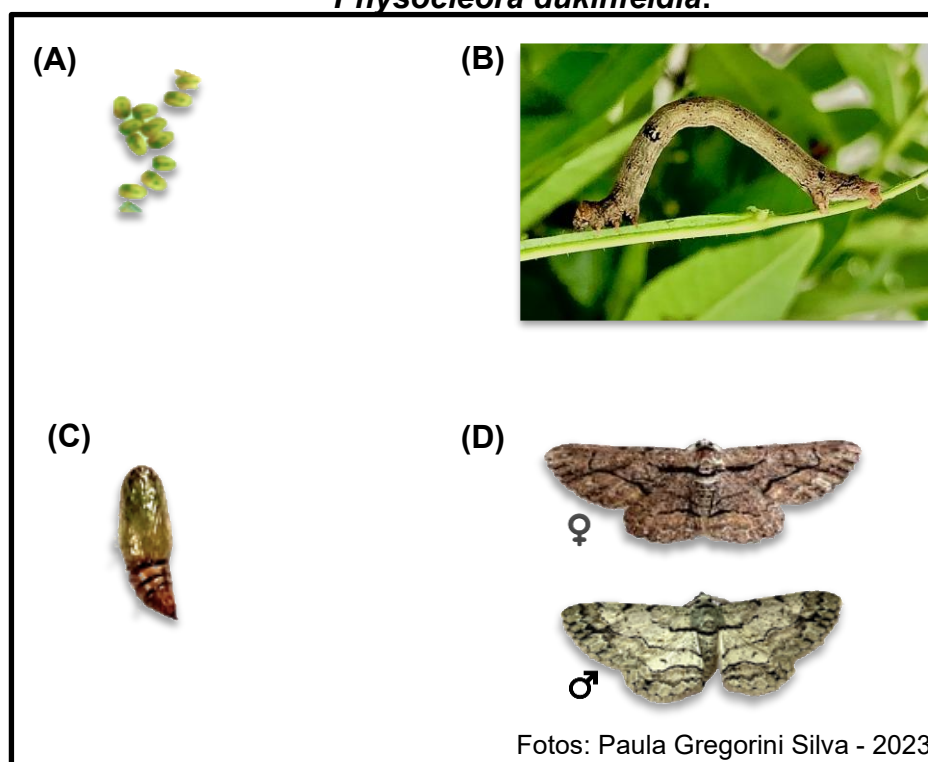
Dentre essas pragas, destaca-se *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) (Figura 1), cuja ocorrência em plantios de eucalipto foi registrada pela primeira vez em 2021, no município de Guatapar, estado de São Paulo (Silva *et al.*, 2023). O gnero *Physocleora* possui ampla distribuio nas Americas, sendo relatado em países como Belize, Costa Rica, Panama, Trinite, Colmbia, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Equador, Peru, Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina (Pitkin, 2002). No Brasil, o primeiro registro da espécie foi

realizado em 1897, no município de Castro, estado do Paraná, sob a denominação *Boarmia dukinfeldia* (Schaus, 1897). Além disso, na safra de 2003/2004, ocorreu um surto de *Physocleora dimidiaria* (Guenée) em pomares de macieira no município de Vacaria, Rio Grande do Sul, causando danos a folhas e frutos (Fonseca, Cavichioli, Kovaleski, 2009).

Do ponto de vista taxonômico, a espécie passou por diversas reclassificações. Inicialmente descrita como *Tephrosia quisquiliaria* (Guenée, 1858), foi posteriormente transferida para *Stenalcidia* (Warren, 1897) e, em seguida, para *Boarmia dukinfeldia* (Schaus, 1897). Com o avanço dos estudos morfológicos, a espécie foi definitivamente reclassificada no gênero *Physocleora*, passando a ser denominada *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) (Schaus, 1897).

A definição taxonômica considerou principalmente as características da genitália dos machos, embora, devido à complexidade do grupo, também tenham sido analisadas as estruturas da genitália das fêmeas para maior precisão na comparação entre gêneros (Schaus, 1897).

Figura 1 – (A) Ovos de *Physocleora dukinfeldia*, (B) Lagarta de sexto instar de *Physocleora dukinfeldia*, (C) Pupa de *Physocleora dukinfeldia* e (D) Adultos de *Physocleora dukinfeldia*.



CAPÍTULO 1

A NEW DEFOLIATING THREAT TO EUCALYPTUS PLANTATIONS: BIOLOGY AND FOLIAR CONSUMPTION OF *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE)

Paula Gregorini Silva^a; Aline Marques Pinheiro^a; Thais Lohaine Braga dos Santos^a; Laura Vilasbôas Gianezzi^a; Daniel Somma de Araújo^b; Bruna Ferreira dos Anjos^a; Carlos Gilberto Raetano^a; Carlos Frederico Wilcken^a

^aDepartment of Plant Protection, School of Agricultural Sciences, São Paulo State University, 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brazil

^bDepartment of Sustainability, Research and Innovation, Suzano S.A, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brazil

Abstract: The defoliator *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) was recently reported attacking *E. grandis* x *E. urophylla* plantations in Brazil, raising concerns about its potential impact on commercial plantations. In this context, early characterization of pest biology plays a critical role in understanding host-use patterns and forecasting potential impacts on forestry systems. This study aimed to characterize the biology and foliar consumption of *P. dukinfeldia* on *E. grandis* x *E. urophylla* and its native host, *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae). Larval development, head capsule width, viability, pupal morphology, and leaf area consumed were assessed under controlled conditions. The insect completed its life cycle on both host plants, with significantly longer development time and reduced pupal viability observed on *E. grandis* x *E. urophylla*. Although larval survival was low on both species, nearly one-third of the individual successfully reached adulthood. No significant differences in leaf consumption were detected between the two eucalyptus species, *E. grandis* x *E. urophylla* and *E. urophylla* evaluated in this study. These findings indicate that *P. dukinfeldia* has the biological capacity to adapt to eucalyptus and should be closely monitored in forest production areas. This is the first report to detail the life cycle and feeding behavior of this species on eucalyptus, providing critical baseline information for future pest management strategies.

Keywords: eucalyptus, forest pest, insect biology, host adaptation.

1.1 INTRODUCTION

Eucalyptus plantations stands out in the Brazilian forestry sector due to its high economic viability and versatile applications (Nóia Júnior *et al.*, 2018). Although the genus *Eucalyptus* comprises around 730 species, only about 20 are commercially exploited, mainly to produce paper, pulp, timber, charcoal, essential oils, and biomass (Magaton *et al.*, 2009). Currently, eucalyptus plantations cover approximately 7.8 million hectares, accounting for 76% of all planted forests in the country (Ibá, 2024).

The expansion of eucalyptus plantations areas in Brazil has been accompanied by an increase in the occurrence of diseases and phytophagous insects, many of which are recognized as potential pests capable of causing serious damage to the crop (Pereira, 2001). The harm caused by these insect pests can compromise forest productivity directly in the field (Kogan, 1998; Guo *et al.*, 2023). Among the main groups responsible for such losses are native defoliating caterpillars, which directly impact plant development by causing partial or even complete defoliation of the canopy, an effect that can severely hinder the growth and yield of eucalyptus plantations (Poderoso *et al.* 2013; Zanuncio *et al.*, 2018).

Among the eucalyptus caterpillars, a species that has recently got importance is *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae). Originally recorded in Brazil in the municipality of Castro, Paraná, Brazil as *Boarmia dukinfeldia* (Schaus, 1897), this species was only recognized as a pest in 2021, following an outbreak in eucalyptus plantations that resulted in severe defoliation and economic losses (Silva *et al.* 2023). Similar to other geometrid caterpillars known to affect forest crops, *P. dukinfeldia* has demonstrated the potential to become a significant threat to commercial eucalyptus production (Pereira, 2012).

The emergence of *P. dukinfeldia* as a eucalyptus pest highlights a broader ecological process: the colonization of new host plants by phytophagous insects frequently precedes the emergence of pest outbreaks in managed ecosystems (Masselière *et al.* 2017). When a native herbivore shifts to a commercially important plant species, it may find favorable conditions for development due to reduced interspecific competition, lack of natural enemies, or continuous food availability, factors often present in large-scale monocultures. However, successful establishment in a novel host requires physiological and behavioral plasticity, which must be

assessed through detailed biological studies (Agrawal, 2000; Schoonhoven *et al.*, 2005).

Understanding the life cycle parameters of herbivorous insects on new hosts, including development time, survival rates, reproductive capacity, and feeding behavior, is essential to assess their establishment potential and predict future population dynamics (Gripenberg *et al.*, 2010). Such data are crucial in forest production systems, where outbreaks of defoliators can lead to significant reductions in growth and wood yield. Moreover, early-stage studies on biology can reveal signs of host-use constraints or adaptive potential, guiding monitoring efforts and informing integrated pest management programs (Heidel-Fischer *et al.* 2019; Janz *et al.* 2006). In this context, the present study aimed to evaluate the biological performance of *P. dukinfeldia* on *E. grandis* x *E. urophylla* compared to its native hosts, *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae), in order to assess its potential for adaptation and establishment in commercial eucalyptus plantations.

1.2 MATERIALS AND METHODS

1.2.1 *Physocleora dukinfeldia* rearing

Larvae of *Physocleora dukinfeldia* individuals were initially collected in a commercial eucalyptus area (21.4982°S; 48.0366°W), in Guatapar, SP, Brazil, in 2021. Eggs and larvae were maintained in plastic containers (500 mL) covered with organza mesh, under controlled conditions (25 ± 2°C T, 70±10% RH, and a 12-hour photoperiod). Larvae were fed with eucalyptus leaves (*Eucalyptus urophylla*), obtained from healthy plants. The pupae were kept in 11 x 11 x 3.5 cm containers with soil substrate (Carolina soil). The container was filled with soil substrate to a depth of 3 cm and inserted into the cage from the fifth larval instar onwards and maintained until the pupae were fully sclerotized. They were then transferred to containers lined with moistened filter paper until the adults emerged. Adults were kept in PVC pipes, lined with brown paper at the bottom and fitted with three accordion-folded paper towels, which were secured with clips, and a 20% honey solution were available for female oviposition and adult feeding, respectively. Papers containing eggs were used to start new rearing cycles.

1.2.2 Life cycle assessment

The biology of *P. dukinfeldia* was assessed on two host plants, *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clone and *Schinus terebinthifolia* (Brazilian peppertree), to better understand the developmental cycle of this defoliator species. The tree species used in the experiment were planted from the Department of Plant Protection, São Paulo State University, Botucatu, SP, Brazil.

Neonate larvae were individually placed in plastic containers (1,5 L) containing leaves from each host plant. The leaves were inserted into Eppendorf tubes filled with water to maintain leaf turgor. Each container was considered an experimental unit, with 100 replicates per tree species, in a completely randomized design. The experiment was carried out in a climate-controlled room ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ relative humidity, and a 12-hour photoperiod).

The insects were evaluated daily for the following parameters: duration of each larval instar, head capsule width, total larval period, larval viability (%), duration of prepupal and pupal stages, pupal weight (24 hours post-pupation), morphological characteristics of the pupae, pupal viability (%), and total development time (larva-adult). Head capsules were measured using an ocular micrometer attached to a stereomicroscope (Leica®), with 20 replicates. Pupal weights were obtained with an analytical balance (Shimadzu®, model ATY224), and pupal length and width were measured with a caliper. During evaluations, excrement was removed and consumed leaves were replaced.

1.2.3 Leaf consumption

During the biological performance assay, consumed *E. grandis* x *E. urophylla* leaves were photographed for subsequent assessment of leaf area consumption. In parallel, an independent assay was conducted using *E. urophylla* leaves to compare leaf consumption between this species and the eucalyptus hybrid.

The experiment was conducted using two treatments: an *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* hybrid clone and *E. urophylla* species, with 20 replicates per treatment. *P. dukinfeldia* caterpillars were individually placed in 500 mL plastic containers with perforated lids covered with voile fabric. Each container was supplied with leaves from the respective eucalyptus treatment as a food source. The leaves were placed on moistened filter paper, and their petioles were wrapped in moistened cotton to maintain

turgor. From the second larval instar onward, leaf consumption was monitored daily, and leaves were replaced each day.

To measure leaf area, a styrofoam box was adapted, its lid was perforated to fit a mobile phone camera, and graph paper was placed at the bottom to serve as a background. Leaves from each treatment and replicate were arranged on this surface for imaging and measurement. The remaining leaf area after feeding was measured using ImageJ software (Ferreira *et al.*, 2022). Leaves of *S. terebinthifolia* were not included in this analysis due to their morphology, as it has compound leaves, which prevented accurate measurement of leaf area.

1.2.4 Statistical analysis

The data were subjected to analysis of variance, and the F-test was used to detect significant effects. The assumption of residual normality was assessed by the Shapiro-Wilk test, and the homogeneity of variances was verified using Levene's test (PROC UNIVARIATE, SAS). When significant differences among treatments were detected, the means were compared by the Tukey's test at a 5% significance level, using the PROC MIXED procedure (SAS, 2011).

1.3 RESULTS

1.3.1 Life cycle determination

The mean duration of the first instar was 4.90 ± 0.17 days on *E. grandis* x *E. urophylla* and 5.58 ± 0.21 days on *S. terebinthifolia*, with no significant difference between host plants ($F = 2.68$; $df = 1$; $P = 0.1054$; Table 1). Similarly, development periods for the second and third instars showed no significant variation between host species (2nd instar: $F = 1.31$; $df = 1$; $P = 0.2559$; 3rd instar: $F = 2.18$; $df = 1$; $P = 0.1441$). Larvae fed with the eucalyptus hybrid completed the second and third instars in 4.38 ± 0.16 and 4.97 ± 0.26 days, respectively, while those reared on *S. terebinthifolia* completed the same stages in 4.00 ± 0.14 and 4.20 ± 0.19 days.

The development time for the fourth instar differed significantly between host plants ($F = 15.56$; $df = 1$; $P = 0.0002$), being longer on *E. grandis* x *E. urophylla* (5.86 ± 0.23 days) compared to *S. terebinthifolia* (4.21 ± 0.11 days). In contrast, no significant differences were observed for the fifth and sixth instars (5th instar: $F = 0.70$; $df = 1$; $P = 0.4054$; 6th instar: $F = 3.92$; $df = 1$; $P = 0.0524$). In the fifth instar, larvae fed with the hybrid eucalyptus and *S. terebinthifolia* exhibited mean durations of 4.97 ± 0.17 and

5.35 ± 0.21 days, respectively. In the sixth instar, the mean duration were 11.43 ± 0.39 days for *E. grandis* x *E. urophylla* and 9.22 ± 0.45 days for *S. terebinthifolia*.

Considering the total larval period, larvae fed with the hybrid eucalyptus exhibited a significantly longer duration (35.07 ± 0.54 days) compared to those fed with *S. terebinthifolia* (31.56 ± 0.56 days) ($F = 5.93$; $df = 1$; $P = 0.0180$). The durations of the prepupal and pupal stages did not differ significantly between hosts (prepupa: $F = 3.28$; $df = 1$; $P = 0.0755$; pupa: $F = 0.96$; $df = 1$; $P = 0.3313$). The longest larva-adult development cycle was recorded on *E. grandis* x *E. urophylla* (52.00 ± 0.53 days), which differed significantly from that observed on *S. terebinthifolia* (48.13 ± 0.60 days) ($F = 6.18$; $df = 1$; $P = 0.0160$).

Table 1 - Mean duration of 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, and 6th instar and total phases duration, larval phase, prepupal phase, pupal phase and larva-adult cycle of *Physocleora dukinfeldia* in 2 tree species.

Species	1 st instar	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar	5 th instar	6 th instar	Larval period
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	4.90 ± 0.17	4.38 ± 0.16	4.97 ± 0.26	5.86 ± 0.23 a	4.97 ± 0.17	11.43 ± 0.39	35.07 ± 0.54 a
<i>Schinus terebinthifolia</i>	5.58 ± 0.21	4.00 ± 0.14	4.20 ± 0.19	4.21 ± 0.11 b	5.35 ± 0.21	9.22 ± 0.45	31.56 ± 0.56 b
<i>P</i>	0.1054	0.2559	0.1441	0.0002	0.4054	0.0524	0.0180
	Prepupal period		Pupal period		Larva-adult period		
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	2.33 ± 0.12 b		15.04 ± 0.20 b		52.00 ± 0.53 a		
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1.88 ± 0.06 b		14.38 ± 0.28 b		48.13 ± 0.60 b		
<i>P</i>	0.0755		0.3313		0.0160		

¹Means followed by the same lowercase letter per column do not differ from each other by the LS-Means adjusted by Tukey's test ($P \leq 0.05$).

1.3.2 Cephalic capsule measurements

The mean head capsule width of *P. dukinfeldia* larvae differed significantly between host plants during the second instar ($F = 5.73$; $df = 1$; $P = 0.0217$; Table 2), with values of 0.28 ± 0.01 mm on *E. grandis* x *E. urophylla* and 0.26 ± 0.00 mm on *S. terebinthifolia*. However, no significant differences were observed for the third ($F = 3.81$; $df = 1$; $P = 0.0583$), fourth ($F = 1.42$; $df = 1$; $P = 0.2408$), fifth ($F = 3.66$; $df = 1$; $P = 0.0633$), and sixth instars ($F = 3.84$; $df = 1$; $P = 0.0574$) (Table 2).

Table 2 - Mean (\pm SE) head capsule width (mm) of *Physocleora dukinfeldia* larvae fed on two forest tree species.

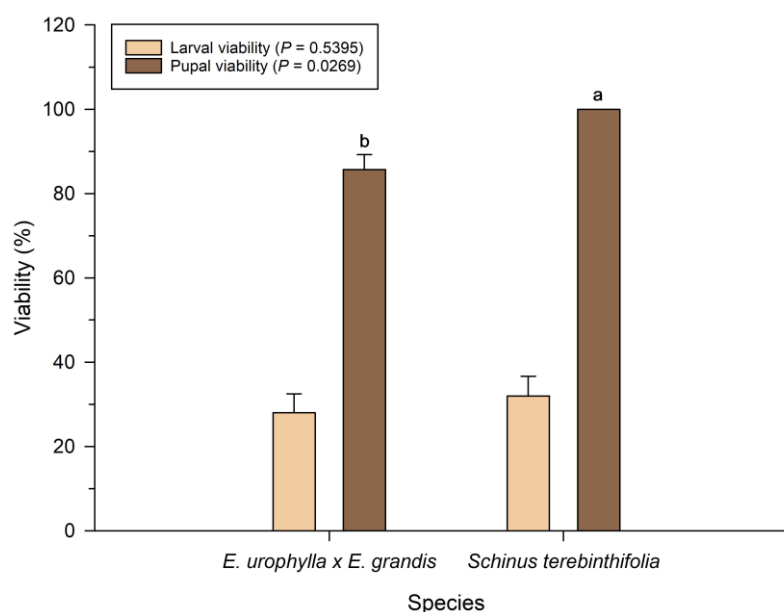
Species	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar	5 th instar	6 th instar
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0.28 ± 0.01 a	0.46 ± 0.01	0.74 ± 0.02	1.15 ± 0.03	1.65 ± 0.05
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0.26 ± 0.00 b	0.43 ± 0.00	0.71 ± 0.01	1.07 ± 0.02	1.53 ± 0.03
<i>P</i>	0.0217	0.0583	0.2408	0.0633	0.0574

¹Means followed by the different lowercase letter per column differ from each other by the LS-Means adjusted by Tukey's test ($P \leq 0.05$).

1.3.3 Larval and pupal viability

Larval viability of *P. dukinfeldia* was low on both host plants, with 28.00% on *E. grandis* x *E. urophylla* and 32.00% on *S. terebinthifolia*, with no statistical difference between treatments ($F = 0.38$; $df = 1$; $P = 0.5395$; Figure 1). However, pupal viability was significantly lower in larvae fed on *E. grandis* x *E. urophylla* (85.71%) compared to those reared on *S. terebinthifolia* (100.00%) ($F = 5.16$; $df = 1$; $P = 0.0269$) (Figure 1).

Figure 1 - Mean (\pm SE) of larval and pupal viability of *Physocleora dukinfeldia* in forest species. Means followed by the same lowercase letter do not differ from each other by the LS-Means adjusted by Tukey's test ($P \leq 0.05$).



The morphological characteristics of *P. dukinfeldia* pupae, including weight, length, and width, showed no significant differences between host plants for either sex. Among males, mean values were similar between treatments with *E. grandis x E. urophylla* (0.0713 ± 0.00 mg; 10.90 ± 0.25 mm in length; 3.32 ± 0.06 mm in width) and *S. terebinthifolia* (0.0722 ± 0.00 mg; 11.09 ± 0.13 mm in length; 3.37 ± 0.06 mm in width) (weight: $F = 0.04$; $df = 1$; $P = 0.8527$; length: $F = 0.40$; $df = 1$; $P = 0.5301$; width: $F = 0.18$; $df = 1$; $P = 0.6724$; Table 2). Similarly, female pupae exhibited comparable measurements across host plants (weight: 0.0747 ± 0.00 mg in *E. grandis x E. urophylla* and 0.0863 ± 0.00 mg in *S. terebinthifolia*; length: 11.57 ± 0.12 mm and 11.77 ± 0.15 mm; width: 3.44 ± 0.04 mm and 3.56 ± 0.05 mm, respectively) (weight: $F = 3.40$; $df = 1$; $P = 0.0755$; length: $F = 0.84$; $df = 1$; $P = 0.3668$; width: $F = 1.91$; $df = 1$; $P = 0.1772$) (Table 3).

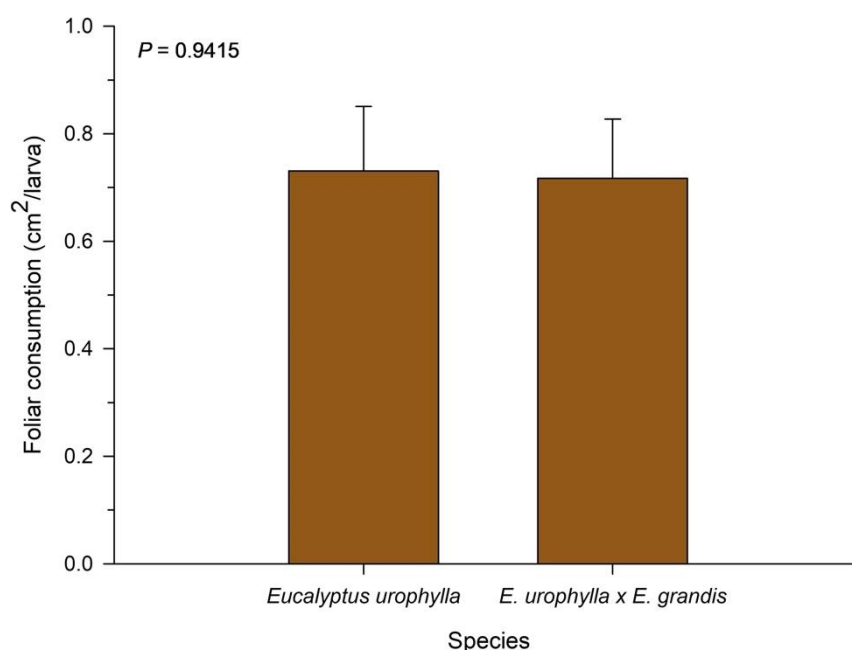
Table 3 - Mean (\pm SE) weight, length and width of male and female pupae of *Physocleora dukinfeldia* from larvae fed with 2 tree species.

Species	Males		
	Weight (mg)	Length (mm)	Width (mm)
<i>E. grandis x E. urophylla</i>	0.0713 ± 0.00 b	10.90 ± 0.25 b	3.32 ± 0.06 b
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0.0722 ± 0.00 b	11.09 ± 0.13 b	3.37 ± 0.06 b
<i>P</i>	0.08527	0.5301	0.6724
Species	Females		
	Weight (mg)	Length (mm)	Width (mm)
<i>E. grandis x E. urophylla</i>	0.0747 ± 0.00 b	11.57 ± 0.12 b	3.44 ± 0.04 b
<i>Schinus terebinthifolia</i>	0.0863 ± 0.00 b	11.77 ± 0.15 b	3.56 ± 0.05 b
<i>P</i>	0.0755	0.3668	0.1772

1.3.2 Foliar consumption

No significant differences were observed for total leaf consumption among the eucalyptus species evaluated in this study ($F = 0.01$; $df = 1$; $P = 0.9514$; Figure 2). The consumption of *P. dukinfeldia* was $0.7309 \text{ cm}^2/\text{larva}$ and $0.7173 \text{ cm}^2/\text{larva}$ in *E. urophylla* and *E. urograndis*, respectively.

Figure 2 - Total leaf consumption (\pm SE) of *Physocleora dukinfeldia* larvae fed with leaves of forest species. Total leaf consumption considers the total consumed by the individual until its death or transformation to the prepupal phase.



4. DISCUSSION

The results demonstrated that *P. dukinfeldia* is capable of completing its life cycle on *E. grandis* x *E. urophylla*, although with a significantly prolonged larval development time and life cycle (larva-adult) compared to its native host, *S. terebinthifolia*, however, studies on the life table are necessary to also understand fertility and fecundity. The observed extended time, particularly during the fourth instar and the total larval period, suggests that eucalyptus may impose or nutritional challenges to the development of this species, which is consistent with patterns reported for other insect herbivores in Eucalyptus (Campos *et al.*, 2022).

The increase in developmental time from the fourth instar onward may indicate a delayed adaptive response to secondary compounds present in *E. grandis* x *E.*

urophylla, such as monoterpenes and sesquiterpenes, which are commonly associated with the chemical defense of *Eucalyptus* species (Araújo *et al.*, 2010; Cheng *et al.*, 2009; Elangovan and Poonam, 2023). However, the ability to complete development on *E. grandis* x *E. urophylla* demonstrates that *P. dukinfeldia* has the potential to establish and adapt to this plantation, which justifies special attention in monitoring its occurrence in commercial eucalyptus plantations. Furthermore, the longer life cycle observed on the eucalyptus hybrid (52 days) is consistent with that of other defoliator species, such as *Thyrntaina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) and *Iridopsis panopla* (Prout, 1932) (Lepidoptera: Geometridae), whose developmental duration may also range from 40 to 60 days depending on environmental conditions and host plant (Jesus *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2005).

The mean head capsule width of *P. dukinfeldia* increased progressively across the six instars on both host plant species, reflecting the typical larval growth pattern observed in Lepidoptera. The consistent increment in head capsule width throughout the instars indicates a stable growth rate, possibly associated with the larva's physiological adaptation to the host plant (Calvo and Molina, 2008; Castañeda-Vildózola *et al.*, 2016; Panzavolta, 2007).

The low survival rate during the larval stage may reflect the species' intrinsic sensitivity to host plant defenses (Araújo *et al.*, 2010). However, nearly one-third of the larvae successfully completed development, demonstrating the pest's potential to establish in commercial eucalyptus plantations. Pupal viability was significantly lower in larvae fed on *E. grandis* x *E. urophylla*, suggesting that sublethal effects of feeding on the alternative host may accumulate and impact the final transition to adulthood. This reduction in performance is characteristic of early stages of host range expansion, during which the pest is still undergoing adaptation to the novel host (Agrawal, 2003). Over time, *P. dukinfeldia* populations may experience selection and adapt to eucalyptus, potentially increasing host-use efficiency and reducing observed mortality rates.

Despite the variations in development time and viability rates observed between host plants, *P. dukinfeldia* maintained a stable phenotypic pattern during the pupal stage. The absence of morphometric differences also suggests that although *E. urograndis* may pose challenges during larval development, the surviving individuals do not exhibit visible impairments in final growth. This pattern is common in cases of compensatory ontogenetic selection, in which individuals with greater ability to utilize

the host offset early developmental deficits with more efficient growth rates during the later stages (Maino and Kearney, 2015). Furthermore, pupal size is directly related to the reproductive potential of adults, especially females, with direct implications for fecundity and population viability (Lee *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023).

From a nutritional standpoint, both eucalyptus species tested in this study provide similar conditions for leaf consumption by the pest. *P. dukinfeldia* appears to feed with comparable efficiency across different eucalyptus species, reinforcing its potential generalist behavior regarding host plant use. Although individual foliar consumption was relatively low in this study (less than 1 cm² throughout development), this may be offset by population outbreaks if environmental conditions favor pest density increases. Therefore, even species with low individual consumption can cause significant damage at the population level, particularly during the early stages of infestation and in the absence of effective management strategies (Speight *et al.*, 2008).

1.5 CONCLUSIONS

The emergence of *P. dukinfeldia* as a defoliator of *E. grandis* x *E. urophylla* highlights the need for proactive biological studies on newly observed pest species in forest plantations. Although this insect exhibited extended development times and reduced viability on eucalyptus compared to its native host, *S. terebinthifolia*, it was capable of completing its life cycle, indicating its potential to establish and adapt to commercial eucalyptus systems. This pioneering study provides essential baseline data on the biology, development, and feeding behavior of *P. dukinfeldia* under controlled conditions. The results underscore the pest's capacity to exploit eucalyptus as a viable host, even in the early stages of host adaptation. Given that individual foliar consumption was relatively low, but survival to adulthood was achievable, future outbreaks cannot be ruled out. The data generated here serve as a valuable reference for integrated pest management strategies and reinforce the importance of continuous monitoring and research in the face of emerging defoliators in commercial plantations.

REFERENCES

- Agrawal AA, 2000. Host-range evolution: adaptation and trade-offs in fitness of mites on alternative hosts. *Ecology* 81(2), 500-508. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0500:HREAAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0500:HREAAT]2.0.CO;2).
- Agrawal AA, 2003. Specificity of induced resistance in wild radish: Causes and consequences for two specialist and two generalist caterpillars. *Oikos* 89(3), 493-500. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.890308.x>.
- Araújo FOLD, Rietzler AC, Duarte LP, Silva GDDF, Carazza F., Vieira Filho SA, 2010. Constituintes químicos e efeito ecotoxicológico do óleo volátil de folhas *Eucalyptus urograndis* (Mirtaceae). *Quím Nova* 33(7), 1510-1513. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000700016>.
- Calvo D., Molina JM, 2008. Head capsule width and instar determination for larvae of *Streblote panda* (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Ann Entomol Soc Am.* 101(5), 881-886. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[881:HCWAID\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[881:HCWAID]2.0.CO;2).
- Campos JV, Riquelme S., Pecio L., Guedes L., Mardones C., Alzamora R., Arteaga-Pérez LE, Rubilar E., Fiehn O., Pérez AJ, 2022. Constitutive and inducible defense in *Eucalyptus* determines the feeding host of *Gonipterus platensis*, denoting specific plant-insect coevolution and a strategy for resistance improvement. *Ind Crops Prod.* 189(1), e115811. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115811>.
- Castañeda-Vildózola A., González-Hernández H., Equihua-Martínez A., Valdez-Carrasco J., Cazado LE, Franco-mora O. Head capsule width is useful for determining larval instar in *Heilipus lauri* (Coleoptera: Curculionidae). *Fla Entomol.* 99(4), 822-825. <https://doi.org/10.1653/024.099.0448>.
- Cheng SS, Huang CG, Chen YJ, Yu JJ, Chen WJ, Chan ST, 2009. Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresour Technol* 100(1), 452-456. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.038>.
- Elangovan S., Mudgil P., 2023. Antibacterial properties of *Eucalyptus globulus* essential oil Against MRSA: A systematic review. *Antibiotics* 12(3), 474. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030474>.
- Ferrera EA, Faca EC, Souza AS, Fioratti CAG, Mauad JRC, Cardoso CAL, Mauad M, Mussury RM, 2022. Antifeeding and oviposition deterrent effect of *Ludwigia* spp. (Onagraceae) against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Plants (Basel)* 11(19), 2656. <https://doi.org/10.3390/plants11192656>.
- Gripenberg S., Mayhew PJ, Parnell M., Roslin T., 2010. A meta-analysis of preference-performance relationships in phytophagous insects. *Ecol Lett.* 13, 383-393. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01433.x>.

- Guo Q., Potter KM, Ren H., Zhang P., 2023. Impacts of exotic pests on forest ecosystems: An update. *Forests* 14(3), 605. <https://doi.org/10.3390/f14030605>.
- Heidel-Fischer HM, Kirsch R., Reichelt M., Ahn S-J., Wielsch N., Baxter SW, Heckel DG, Vogel H., Kroymann J., 2019. An insect counteradaptation against host plant defenses evolved through concerted neofunctionalization. *Mol Biol Evol.* 36(5), 930-941. <https://doi.org/10.1093/molbev/msz019>.
- Ibá, Indústria Brasileira de Árvores, 2024. Relatório anual 2024. [accessed 2025 Jun 10]. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>.
- Janz N., Nylin S., Wahlberg N., 2006. Diversity begets diversity: host expansions and the diversification of plant-feeding insects. *BMC Evol Biol.* 6(4), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-6-4>.
- Jesus FG, Nogueira L, Junior ALB, Ribeiro ZA, Araújo MS, Zanuncio JC, 2015. Resistance of *Eucalyptus* spp. genotypes to eucalyptus brown looper *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). *Aust J Crop Sci.* 9(11), 1016-1021.
- Kogan M., 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu Rev Entomol.* 43, 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>.
- Lee YS, Lee H., Kim G., Baek S., 2023. Effects of host plant on the development and reproduction of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on horticultural crops. *Heliyon* 9, e17836.
- Maino, JL.; Kearney, MR. Ontogenetic and interspecific scaling of consumption in insects. *Oikos*, v. 124, n. 12, p. 1564-1570, 2015. <https://doi.org/10.1111/oik.02341>
- Magaton AS, Colodette JL, Gouvêa AFG, Gomide JL, Muguet MCS, Pedrazzi C., 2009. Eucalyptus wood quality and its impacts on kraft pulp production and use. *Tappi Journal* 8(8), 32-39. <https://doi.org/10.32964/TJ8.8.32>.
- Masselière MC, Ravigné V., Facon B., Lefeuvre P., Massol F., Quilici S., Duyck P-F. 2017. Changes in phytophagous insect host ranges following the invasion of their community: Long-term data for fruit flies. *Ecol and Evol.* 7(14), 5181-5190. <https://doi.org/10.1002/ece3.2968>.
- Nóia Júnior RS., Safanelli JL., Rodrigues JC., Sentelhas PC., Schwerz F. Eucalyptus rust climatic risk as affected by topography and ENSO phenomenon. *Aust. Plan. Pathol.*, p. 1-11, 2018.
- Oliveira HN, Zanuncio JC, Pedruzzi EP, Espindula MC, 2005. Rearing of *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) on guava and *Eucalyptus* in laboratory. *Braz Arch Biol Technol.* 48(5), 801-806.
- Panzavolta T., 2007. Instar determination for *Pissodes castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) using head capsule widths and lengths. *Environ Entomol.* 36(5), 1054-1058. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[1054:IDFPCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1054:IDFPCC]2.0.CO;2).

Pereira JMM, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratisoli D., 2001. Lepidoptera pests collected in *Eucalyptus urophylla* plantations during five years in Três Marias, State of Minas Gerais, Brazil. *Rev Bio Trop.* 49(3), 1073-1082.

Pereira LGB, 2012. A lagarta-parda, *Thyrintina arnobia*, principal lepidóptero desfolhador da cultura do eucalipto. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Minas Gerais. [accessed 2025 May 18].
<https://sbdt.ibict.br/dossietecnico/downloadsDT/MjE5>.

Poderoso J., Ribeiro G., Serrão JE, Zanuncio TV, Zanuncio JC, 2013. Impact of eucalyptus plantations in different regions of Brazil on the distribution and abundance of defoliating caterpillars. *Int J Environ Res.* 7(4), 937-944.

Santos ACC, Araújo APA, Dantas JO, Silva JE, Pinheiro AM, Andrade VS, Santos NC, Tavares SRSA, Blank AF, Bacci L., 2023. Alternative hosts can affect the development, reproduction, and demographic parameters of *Chrysodeixis includens*. *Arthropod-Plant Interact.* 17, 351-361.

Santos GP, Zanuncio TV, Dias OS, Zanuncio JC, 1996. Aspectos biológicos e descritivos de *Glena unipennaria* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae) em *Eucalyptus urophylla*. *An Soc Entomol Brasil* 25(2), 245-249.

SAS, I., 2011. SAS® software version 0.3, user's manual. 2436p.

Schaus W., 1897. New species of Geometridae from tropical America. *J N Y Entomol Soc.* 5(4), 161-166.

Schoonhoven LM, Van Loon JJA, Dicke M, 2005. *Insect-plant biology*, second edition. Oxford University Press, New York.

Silva PG, Santos FA, Silva MS, Anjos BF, Bezerra JCF, Wilcken CF. 2023. Occurrence of *Physocleora dukinfeldia*, a new lepidopterous pest in Eucalyptus plantations in São Paulo State, Brazil. In: Second Iufro WP Meeting: Novel and Classical Strategies to Forest Health in Plantations. [accessed 2025 Mar 03].
<https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/trabalhos/occurrence-of-physocleora-dukinfeldia-a-new-lepidopterous-pest-in-eucalyptus-pla?lang=en>.
Speight MR, Hunter MD, Watt AD, 2008. *Ecology of insects: Concepts and applications*, second edition. Wiley-Blackwell, New Jersey.

Zanuncio JC, Cruz AP, Ramalho FS, Serrão JE, Wilcken CF, Silva W., Júnior Santos VC, Ferreira-Filho PJ, 2018. Environmental determinants affecting the occurrence of defoliator caterpillars on Eucalyptus (Mirtaceae) plantations in the Brazilian Amazonian region. *Fla Entomol* 101(3), 480-485.
<https://doi.org/ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1653/024.101.0306>

CAPÍTULO 2

TABELA DE VIDA DE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE): BASE PARA COMPREENSÃO DE SEU POTENCIAL DE ESTABELECIMENTO EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO

Resumo: *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) foi registrada recentemente como praga em plantios de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* no Brasil, indicando um possível processo de ampliação de nicho. Este estudo teve como objetivo descrever os parâmetros biológicos e demográficos dessa espécie em *E. grandis* x *E. urophylla* e no hospedeiro nativo *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae). Características de biologia, sobrevivência, reprodução e tabelas de vida de fertilidade foram avaliadas sob condições controladas. Não houve diferenças significativas entre *E. grandis* x *E. urophylla* e *S. terebinthifolia* para tempo de desenvolvimento, longevidade, fecundidade ou parâmetros de crescimento populacional. A espécie completou seu ciclo em ambos os hospedeiros, com alta viabilidade de ovos (> 90%) e taxa reprodutiva líquida (R_0) superior a 1, indicando potencial de crescimento populacional. Esses dados evidenciam a capacidade de *P. dukinfeldia* se estabelecer em plantios comerciais de eucalipto, reforçando a necessidade de monitoramento e desenvolvimento de estratégias de manejo emergente na silvicultura.

Palavras-chave: biologia dos insetos; taxa intrínseca de crescimento; lagarta desfolhadora; eucalyptus.

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de madeira proveniente de florestas plantadas e, portanto, a silvicultura desempenha um papel estratégico na economia nacional (Ibá, 2024). Dentre as espécies cultivadas, o eucalipto se destaca pela alta produtividade, adaptabilidade e ampla aplicação industrial, especialmente nos setores de celulose, papel, energia e produtos sólidos de madeira (Hua *et al.*, 2022; Penin *et al.*, 2020). No entanto, a expansão dos plantios homogêneos, associados à simplificação dos agroecossistemas, tem contribuído para o surgimento e a intensificação de pragas florestais, muitas delas anteriormente restritas a hospedeiros nativos (Hurley *et al.*, 2016).

O surgimento de pragas em novos ambientes está frequentemente associado à transição de insetos herbívoros de plantas nativas para espécies cultivadas (Baisden *et al.*, 2018). Esse fenômeno é favorecido pela disponibilidade contínua de recursos, ausência de inimigos naturais especialistas e pela plasticidade genética de algumas espécies (Simon *et al.*, 2015). Na silvicultura, o aumento da frequência e da severidade dos surtos de pragas representa um desafio crescente para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nos últimos anos, a lagarta *Physocleora dukinfieldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) tem sido registrada causando danos por desfolha em plantios de *E. grandis* x *E. urophylla*, um híbrido amplamente utilizado na silvicultura brasileira (Silva *et al.*, 2023). A ocorrência recente em eucalipto sugere um processo de ampliação de nicho, que pode ter implicações econômicas significativas para o setor florestal, especialmente se a espécie for capaz de completar seu ciclo biológico e manter populações viáveis nesse novo hospedeiro (Ribeiro *et al.*, 2016).

Nesse contexto, estudos de biologia e tabelas de vida são fundamentais para entender a dinâmica populacional de insetos-praga. Por meio desses estudos, é possível estimar parâmetros-chave, como taxas de desenvolvimento, sobrevivência, longevidade, fecundidade e crescimento populacional, com objetivo de avaliar o potencial estabelecimento da espécie e subsidiar estratégias de monitoramento e manejo (Rossini *et al.*, 2024). Além disso, compreender o desempenho biológico em diferentes hospedeiros permite prever riscos associados à adaptação da praga a novos ambientes.

Apesar da crescente importância de *P. dukinfeldia* como desfolhadora em eucalipto, não há registros na literatura sobre seus parâmetros biológicos e demográficos, o que representa uma lacuna crítica para o manejo dessa espécie. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo descrever os parâmetros biológicos e populacionais de *P. dukinfeldia* alimentada com folhas de *E. grandis* x *E. urophylla* e *Schinus terebinthifolia* (hospedeiro nativo), visando avaliar seu potencial de desenvolvimento e estabelecimento em plantios comerciais de eucalipto.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Criação de *Physocleora dukinfeldia*

A criação de *P. dukinfeldia* foi iniciada a partir de indivíduos coletados em uma plantação comercial de eucalipto (21.4982°S; 48.0366°W), no município de Guatapar, São Paulo, Brasil. Ovos e larvas foram mantidos em recipientes plásticos de 500 mL e 1,5L, respectivamente e vedados com tecido *voil*, sob condies controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase de 12 horas, em laboratório, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal, da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP. As larvas foram alimentadas exclusivamente com folhas saudáveis de *Eucalyptus urophylla*. As pupas permaneceram em recipientes de 11 x 11 x 3.5 cm, contendo solo como substrato (Carolina soil) até a completa esclerotização, sendo então transferidas para potes de 500 mL forrados com papel filtro umedecido. Os adultos foram acondicionados em gaiolas de PVC teladas, envoltas em seu interior com papel pardo e fixado na parte superior com o auxílio de um clipe o papel toalha “sanfonado” utilizado como substrato de oviposição e providas com solução de mel a 20%, fornecida por meio de um frasco de penicilina (8,5 mL) e colocado algodão na parte superior para facilitar a alimentação. Os papéis contendo os ovos foram utilizados para dar continuidade às gerações subseqüentes. A criação foi adaptada pela metodologia de Wilcken, 1996.

2.2.2 Desenvolvimento e reprodução

O desenvolvimento, sobrevivência e os parâmetros reprodutivos foram avaliados em coortes de *P. dukinfeldia* alimentadas com *E. grandis* x *E. urophylla* e *Schinus terebinthifolia* (hospedeiro nativo).

Os dados biológicos utilizados foram obtidos em estudo anterior. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 2

tratamentos e contendo 100 repetições por hospedeiro. Lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em recipientes plásticos (1,5 L), contendo folhas frescas do respectivo hospedeiro, fornecidas *ad libitum* e mantidas em eppendorf com água para preservação da turgescência. As unidades experimentais foram acondicionadas em sala climatizada ($T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 70 \pm 10\%$ e fotoperíodo = 12h). As lagartas foram avaliadas diariamente para acompanhamento do desenvolvimento, desde o ovo até a fase adulta. Para estimar o tempo de desenvolvimento (em dias), foram somados os períodos de ovo, fase larval, pré-pupa e pré-oviposição, acrescidos de um dia, considerando o intervalo entre as avaliações.

A diferenciação sexual foi realizada na fase de pupa (Mcguffin, 1972). Após 24 horas da emergência dos adultos, 10 casais por hospedeiro foram formados, mantidos em potes de plástico (700 mL), revestido com tecido organza no fundo, e alimentados com solução de mel a 20%. O acompanhamento dos adultos foi realizado diariamente até a morte de todos os indivíduos. Durante esse período, foram registrados: i) o tempo de pré-oviposição; ii) a longevidade de machos e fêmeas; iii) a quantidade de ovos e larvas por fêmea; iv) o tempo de incubação dos ovos; e v) a viabilidade dos ovos.

2.2.3 Parâmetros de tabela de vida

Com base nos dados de sobrevivência e reprodução de *P. dukinfeldia* foram estimados os parâmetros da tabela de vida de fertilidade. Os seguintes descritores foram considerados: x = faixa etária, representada pelo ponto médio de cada intervalo para as fêmeas; lx = taxa de sobrevivência (probabilidade de sobrevivência acumulada desde o nascimento até a idade x); mx = fertilidade específica (número de fêmeas geradas por fêmea sobrevivente no intervalo da idade x); $lx.mx$ = número total de fêmeas nascidas na idade x (Rossini *et al.*, 2024).

Para a elaboração das tabelas de vida de fertilidade, foram determinados os seguintes parâmetros demográficos: taxa reprodutiva líquida (R_0) (número de fêmeas produzidas por fêmea ao longo de sua vida), tempo médio de geração (T) (intervalo entre o nascimento dos progenitores e de sua prole), taxa intrínseca de crescimento (rm) (capacidade de crescimento da população por unidade de tempo), razão finita de crescimento (λ) (taxa de multiplicação da população em sucessivas gerações) e tempo necessário para a população duplicar em número (TD) (Krebs; Price, 1974). O cálculo desses parâmetros foi realizado utilizando as seguintes equações:

$$R_0 = \sum(lx.mx)$$

$$T = (\sum x.lx.mx) / (\sum lx.mx)$$

$$rm = \ln(R_0) / T$$

$$\lambda = e^m$$

$$TD = \ln(2) / rm$$

2.2.4 Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homogeneidade das variâncias foi avaliada por meio do teste de Levene. Quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para os parâmetros biológicos e reprodutivos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o procedimento PROC MIXED no *software* SAS 9.2 (SAS, 2011).

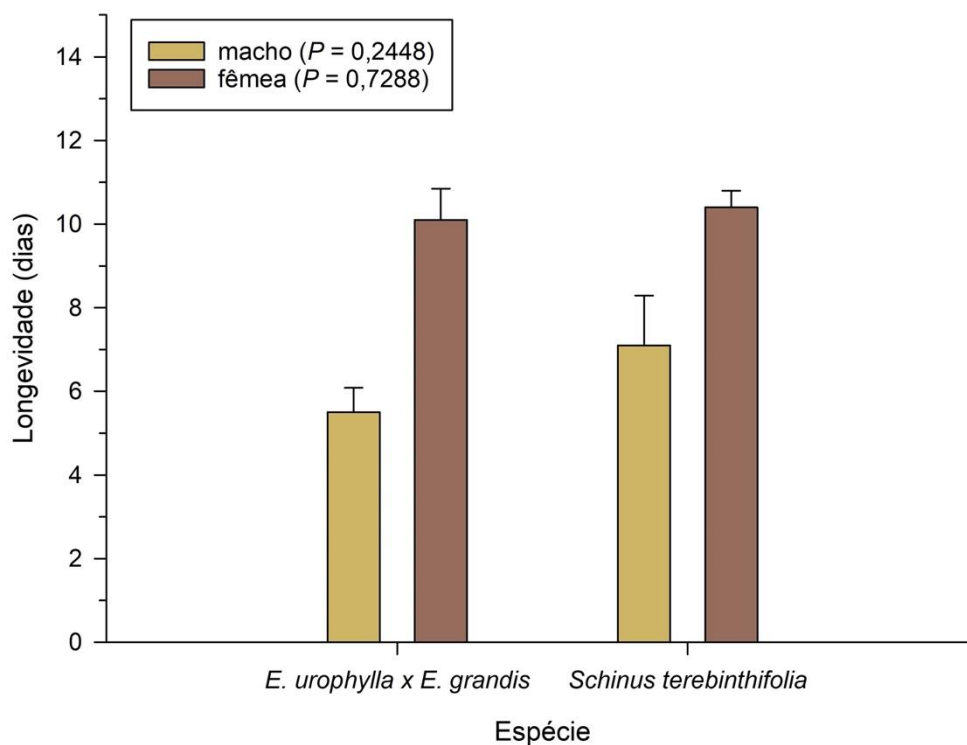
Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram estimados aplicando-se a técnica Jackknife no programa estatístico SAS (Maia; Luiz, 2006). Posteriormente, esses dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação das médias, também por meio do PROC MIXED (SAS, 2011).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Longevidade

A longevidade dos adultos de *P. dukinfeldia* não foi influenciada pela espécie hospedeira (machos: $F = 1,45$; $gl = 1$; $P = 0,2448$; fêmeas: $F = 0,12$; $gl = 1$; $P = 0,7288$; Figura 1). Os machos viveram, em média, 5,5 dias *E. grandis* x *E. urophylla* e 7,10 dias em *S. terebinthifolia*. De forma semelhante, a longevidade das fêmeas foi de 10,10 dias e 10,40 dias, respectivamente, nos mesmos hospedeiros (Figura 1).

Figura 1 - Média (\pm EP) da longevidade de machos e fêmeas de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies de árvores.



2.3.2 Parâmetros reprodutivos e razão sexual

A razão sexual (proporção de fêmeas em relação aos machos de uma população) foi de 55% em *E. grandis* x *E. urophylla* e 45% em *S. terebinthifolia*, não houve diferença significativa (Tabela 1).

Os parâmetros reprodutivos de *P. dukinfeldia* não foram influenciados pela espécie hospedeira (Tabela 1). O período de pré-oviposição foi de 3,00 dias em ambos os hospedeiros ($F = 0,00$; $gl = 1$; $P = 1,0000$). De forma semelhante, o período de oviposição não diferiu significativamente entre os hospedeiros, com médias de $2,33 \pm 0,65$ e $2,85 \pm 1,04$ dias, respectivamente ($F = 0,15$; $gl = 1$; $P = 0,7016$). O período de pós-oviposição também não diferiu, sendo de $3,22 \pm 0,68$ dias em *E. grandis* x *E. urophylla* e $4,28 \pm 0,92$ dias em *S. terebinthifolia* ($F = 0,14$; $gl = 1$; $P = 0,4166$) (Tabela 1).

O número médio de ovos por fêmea foi $45,6 \pm 4,70$ em *E. grandis* x *E. urophylla* e $51,6 \pm 4,70$ em *S. terebinthifolia*, sem diferença estatística entre os tratamentos ($F = 0,05$; $gl = 1$; $P = 0,8322$; Tabela 1). O número médio de larvas por fêmea acompanhou esse padrão, com $42,3 \pm 3,64$ larvas em *E. grandis* x *E. urophylla* e $49,6 \pm 3,64$ larvas

em *S. terebinthifolia* ($F = 0,07$; $gl = 1$; $P = 0,7927$). A viabilidade dos ovos permaneceu elevada em ambas as espécies florestais, com 91,17% em *E. grandis* x *E. urophylla* e 94,63% em *S. terebinthifolia* ($F = 0,45$; $gl = 1$; $P = 0,5128$) (Tabela 1).

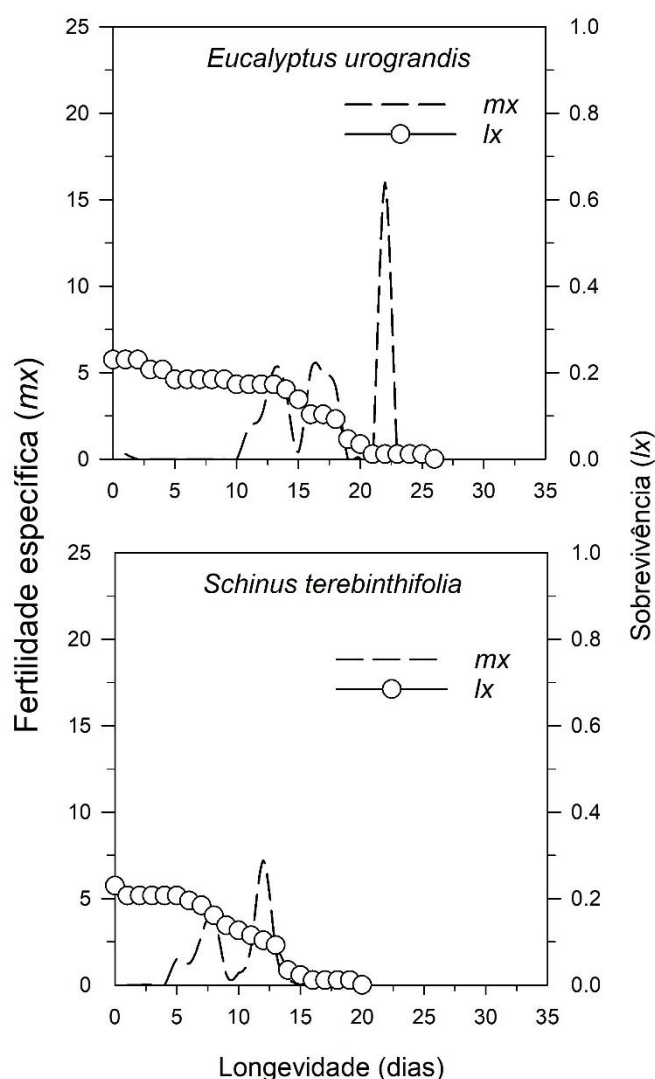
Tabela 1 - Média (\pm EP) dos parâmetros reprodutivos e razão sexual de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com folhas de duas espécies florestais.

Espécie	Parâmetros reprodutivos			
	Razão sexual (%)	Período de pré-oviposição (d)	Período de oviposição (d)	de Período de oviposição (d)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> (n = 10)	0,55	3,00 \pm 0,72	2,33 \pm 0,65	3,22 \pm 0,68
<i>Schinus terebinthifolia</i> (n = 10)	0,45	3,00 \pm 0,73	2,85 \pm 1,04	4,28 \pm 0,92
P	-	1,0000	0,7016	0,4166
	Número de ovos/fêmea	Número de larvas/fêmea	Viabilidade de ovos (%)	
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> (n = 10)	45,55 \pm 4,70	42,33 \pm 3,64	91,17 \pm 4,07	
<i>Schinus terebinthifolia</i> (n = 10)	51,57 \pm 4,70	49,57 \pm 3,64	94,63 \pm 1,45	
P	0,8322	0,7927	0,5128	

2.3.3 Parâmetros demográficos

Os padrões de sobrevivência (lx) e fecundidade específica (mx) de *P. dukinfeldia* apresentaram comportamento semelhante nos dois hospedeiros (Figura 2). A curva de sobrevivência decresceu gradualmente ao longo dos dias de vida, indicando uma mortalidade constante. A fertilidade específica foi iniciada poucos dias após o início da fase adulta, com picos moderados entre os 10 e 20 dias da longevidade em *E. grandis* x *E. urophylla* e 5 a 10 dias em *S. terebinthifolia*, o pico máximo foi observado próximo dos dias 23 e 13, para as espécies, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Fertilidade específica (m_x) e sobrevivência (l_x) de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies florestais.



Os parâmetros de tabela de vida de *P. dukinfeldia* não apresentaram diferenças significativas entre os hospedeiros (Tabela 2). A taxa reprodutiva líquida (R_0) foi de $5,80 \pm 1,61$ descendentes por indivíduo em *E. grandis* x *E. urophylla* e $5,50 \pm 3,07$ descendentes por indivíduo em *S. terebinthifolia* ($F = 0,01$; $gl = 1$; $P = 0,9309$). A taxa intrínseca de crescimento (rm) e a taxa finita de aumento (λ) foi de $0,01 \text{ dia}^{-1}$ e $1,01 \text{ dia}^{-1}$, respectivamente, para ambos os hospedeiros (rm : $F = 0,02$; $gl = 1$; $P = 0,8762$; λ : $F = 0,03$; $gl = 1$; $P = 0,8711$) (Tabela 2). O tempo médio de geração (T) foi de $57,5 \pm 9,72$ dias em *E. grandis* x *E. urophylla* e $44,7 \pm 9,75$ dias em *S. terebinthifolia*, sem diferença significativa ($F = 0,87$; $gl = 1$; $P = 0,3633$). De forma semelhante, o tempo necessário para duplicação da população (TD) foi de $28,3 \pm 7,33$ dias *E. grandis* x *E.*

urophylla e $30,6 \pm 9,96$ dias em *S. terebinthifolia* ($F = 0,03$; $gl = 1$; $P = 0,8570$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa reprodutiva líquida (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm), razão finita de aumento (λ), tempo médio de geração (T), e tempo para duplicação (TD) de *Physocleora dukinfeldia* alimentada com duas espécies florestais.

Espécies	Parâmetros de tabela de vida		
	R_0 (descendentes/indivíduo)	rm (dia ⁻¹)	λ (dia ⁻¹)
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ($n = 10$)	$5,80 \pm 1,61$	$0,01 \pm 0,00$	$1,01 \pm 0,00$
<i>Schinus terebinthifolia</i> ($n = 10$)	$5,50 \pm 3,07$	$0,01 \pm 0,00$	$1,01 \pm 0,00$
<i>P</i>	0,9309	0,8762	0,8711
	T (dia)	TD (dia)	
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ($n = 10$)	$57,51 \pm 9,72$	$28,29 \pm 7,33$	
<i>Schinus terebinthifolia</i> ($n = 10$)	$44,66 \pm 9,75$	$30,64 \pm 9,96$	
<i>P</i>	0,3633	0,8570	

2.4 DISCUSSÃO

A ausência de diferenças significativas na longevidade dos adultos de *P. dukinfeldia* entre *S. terebinthifolia* e *E. urograndis* sugere que a espécie possui alta plasticidade fisiológica para manutenção dos adultos em diferentes hospedeiros (Savkovic *et al.*, 2022; Terblanche; Chown, 2006). Esse padrão pode indicar que o inseto apresenta bom desempenho não apenas em seu hospedeiro nativo, mas também no híbrido de eucalipto, o que pode favorecer sua adaptação e expansão populacional em ambientes de cultivo florestal.

Em insetos herbívoros, a longevidade dos adultos está diretamente relacionada à qualidade nutricional do hospedeiro, especialmente pela influência na manutenção dos processos metabólicos e na capacidade de reprodução (Awmack; Leather, 2002). Padrões semelhantes foram observados em outros estudos com lepidópteros desfolhadores que ampliaram seu nicho para culturas comerciais, a exemplo de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) (Holtz *et al.*, 2003a; Santos; Zanuncio; Zanuncio, 2000). Embora a longevidade não determine, de forma isolada, o risco de estabelecimento, deve ser considerada um parâmetro importante para entender o potencial reprodutivo e a capacidade de dispersão da espécie (Carey, 2001; Promislow; Flatt; Bonduriansky, 2021).

Alterações na razão sexual podem ser influenciadas por fatores nutricionais, qualidade do hospedeiro, estresse fisiológico e até mecanismos adaptativos a novos ambientes (Compton; Tu, 2022). A proporção de fêmeas conforme a adaptação da praga em *E. grandis* x *E. urophylla* sugere que esse hospedeiro oferece condições favoráveis não apenas para o desenvolvimento, mas também para garantir o equilíbrio de sexos mais vantajoso do ponto de vista populacional (Teder; Kaasik, 2023).

A similaridade observada nos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, bem como no número de ovos, número de larvas e viabilidade dos ovos, sugere que *P. dukinfeldia* apresenta elevada plasticidade genética frente ao hospedeiro alternativo (eucalipto) (Li *et al.*, 2020; Hilker; Salem; Fatouros, 2023). A alta viabilidade dos ovos, superior a 90% em ambos os hospedeiros, reforça o elevado potencial de estabelecimento populacional da espécie em ambientes de cultivo florestal. Uma vez que o ciclo de vida da espécie pode ser completado nesse hospedeiro, há um risco real de que populações se estabeleçam e se multipliquem rapidamente, potencializando a ocorrência de surtos (Briquetot, 1969; Wilcken *et al.*, 2022).

Os padrões de sobrevivência (lx) observados em *P. dukinfeldia* refletem um comportamento típico de mortalidade senescente, característico de muitas espécies da ordem Lepidoptera, nos quais os indivíduos mantêm taxas relativamente altas de sobrevivência até o final da fase reprodutiva (Boggs, 2009; Chen *et al.*, 2018). A extensão da fecundidade ao longo da longevidade observada em *E. urograndis* pode indicar que esse hospedeiro oferece suporte fisiológico suficiente para prolongar o esforço reprodutivo das fêmeas (Schäpers *et al.*, 2017). Comportamento semelhante foi descrito anteriormente em *T. arnobia*, onde a transição para hospedeiros exóticos não resultou em penalidades significativas nos parâmetros demográficos (Holtz *et al.*, 2003b).

Os parâmetros demográficos de *P. dukinfeldia* reforçam que ambos os hospedeiros avaliados neste estudo são adequados para a manutenção de suas populações. A taxa reprodutiva líquida (R_0) superior a 1 e taxa intrínseca de crescimento (r_m) superior a 0 indicam que a população possui potencial de crescimento positivo (Southwood; Henderson, 2000; Carey, 2001;). Esses dois parâmetros não são os únicos essenciais para descrever o potencial de aumento populacional. Ambos sofrem influência de fatores como a quantidade de ovos produzidos, a taxa de eclosão, o desenvolvimento dos imaturos e a emergência dos adultos

(Sayyed; Ahmad; Crickmore, 2008; Pinheiro *et al.*, 2024;). Assim, qualquer alteração em um desses componentes pode impactar o ritmo de crescimento da população.

Considerando-se que a razão finita de aumento foi igual em ambas as espécies florestais, podemos inferir que a população se multiplicará aproximadamente uma vez a cada dia (Dent; Walton, 2002). Essa taxa é suficiente para garantir a manutenção e a expansão populacional, especialmente em ambientes homogêneos e com alta disponibilidade de recursos, como os plantios de eucalipto. Além disso, o tempo médio de geração (T) e o tempo para duplicação populacional observados demonstram que a transição para o novo hospedeiro (eucalipto) não compromete significativamente a velocidade de renovação das gerações.

2.5 CONCLUSÕES

A lagarta desfolhadora do eucalipto, *P. dukinfeldia*, apresenta capacidade de completar seu ciclo biológico e manter populações viáveis tanto no hospedeiro nativo quanto em *E. grandis* x *E. urophylla*, evidenciando alto potencial de estabelecimento em plantios comerciais. A similaridade dos parâmetros biológicos e demográficos entre os hospedeiros reforça o risco de adaptação da espécie ao eucalipto. Os resultados fornecem subsídios fundamentais para ações de monitoramento e manejo, além de servirem como base para estudos futuros sobre a dinâmica populacional e estratégias de controle dessa praga emergente na silvicultura.

REFERÊNCIAS

- AWMACK, C.S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 817-844, 2002. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145300>.
- BAISDEN, E. C. et al. Do cultivars of native plants support insect herbivores? **HortTechnology Hortte**, v. 28, n. 5, p. 596-606, 2018. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03957-18>.
- BOGGS, C. L. Understanding insect life histories and senescence through a resource allocation lens. **Functional Ecology**, v. 23, n. 1, p. 27-37, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01527.x>.
- BRIQUELOT, A. Ataque de *Euselasia eucerus* em eucaliptais da Cia. Siderúrgica Belgo-mineira. **Floresta**, v. 1, n. 1, p. 23-35, 1969.
- CAREY, J. R. Insect biodemography. **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 79-110, 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.79>.
- CHEN, G-M. et al. Demography and uncertainty of population growth of *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae) reared on five host plants with discussion on some life history statistics. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 5, p. 2143-2152, 2018. <https://doi.org/10.1093/jee/toy202>.
- COMPTON, A; TU, Z. Natural and engineered sex ratio distortion in insects. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 1-9, 2022. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.884159>.
- DENT, D. R.; WALTON, M.P. Methods in ecological and agricultural entomology. Second edition. ed: Dent, D. R.; Walton, M. P. CAB International.
- HILKER, M.; SALEM, H.; FATOUROS, N. E. Adaptive plasticity of insect eggs in response to environmental challenges. **Annual Review of Entomology**, v. 68, p. 451-469, 2023. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120120-100746>.
- HURLEY, B. P. et al. Increasing numbers and intercontinental spread of invasive insects on eucalyptus. **Biological Invasions**, v. 18, p. 921-933, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1081-x>.
- HOLTZ, A.M. et al. Desempenho de *Thyrinteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) em eucalipto e goiaba: o hospedeiro nativo não é um bom hospedeiro?. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 427-431, 2003a. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000300007>.
- HOLTZ, A. M. et al. Biological aspects of *Thyrinteina arnobia* (Lep.: Geometridae) adults originated from caterpillars reared on leaves of *Eucalyptus cloeziana* or *Psidium guajava* under field conditions. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 897-901, 2003b.

HUA, L. S. et al. Engineering wood products from *Eucalyptus* spp. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2022, n. 1, e800780, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8000780>.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2025.

KREBS, C. J., PRICE, P. W. **Ecology ecology: the experimental analysis of distribution and abundance**, n. 6, 1974.

LI, H-L. et al. Research progress on oviposition-related genes in insects. **Journal of Insect Science**, v. 20, n. 6, p. 36, 2020. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa137>.

MAIA, A. D. H. N., LUIZ, A. J. B. Programa SAS para análise de tabelas de vida e fertilidade de artrópodes: o método Jackknife. *Embrapa Meio Ambiente* 33:11, 2006. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=248585>

MCGUFFIN, William Clayton. Guide to the Geometridae of Canada (Lepidoptera): II. Subfamily Ennominae. **The Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 104, n. S86, p. 1-159, 1972. <https://doi.org/10.4039/entm10486fv>

PENÍN, L. et al. Technologies for *Eucalyptus* wood processing in the scope of biorefineries: A comprehensive review. **Bioresource Technology**, v. 311, e123528. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123528>.

PINHEIRO, A. M. et al. Transgenerational effect of different collard green genotypes on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Crop Health**, v. 76, p. 1463-1471, 2024.

PROMISLOW, D. E. L.; FLATT T.; BONDURIANSKY, R. The biology of aging in insects: From *Drosophila* to other insects and back. **Annual Review of Entomology**, v. 67, p. 83-103, 2021. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-061621-064341>.

RIBEIRO, G. T. et al. Constancy, distribution, and frequency of Lepidoptera defoliators of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) in four Brazilian regions. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 6, p. 629-636, 2016.

ROSSINI, L. et al. Life tables in entomology: A discussion on tables' parameters and the importance of raw data. **PLoS One**, v. 19, n. 3, p. 1-23, 2024.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C. Desenvolvimento de *Thyriniteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) em folhas de *Eucalyptus urophylla* e *Psidium guajava*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 13-22, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000100002>.

SAVKOVIC, U. et al. Evolution of developmental plasticity and the potential of host shift in the seed beetle: Insights from laboratory evolution experiments. **Ecological Entomology**, v. 48, n. 3, p. 307-316, 2022. <https://doi.org/10.1111/een.13222>.

SAYYED, A. H.; AHMAD, M. CRICKMORE, N. Fitness costs limit the development of resistance to indoxacarb and deltamethrin in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 6, p. 1927-1933. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-101.6.1927>.

Sas, I., 2011. SAS® software version 0.3, user's manual. p.2436.

SCHÄPERS, A. et al. Female fecundity variation affects reproducibility of experiments on host plant preference and acceptance in a phytophagous insect. **Proceedings of the Biological Sciences**, v. 284, n. 1849, p.20162643, 2017.

SILVA, P. G. et al. **Occurrence of *Physocleora dukinfeldia*, a new lepidopterous pest in Eucalyptus plantations in São Paulo State, Brazil**. Second IUFRO WP Meeting: Novel and Classical Strategies to Forest Health in Plantations, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/trabalhos/occurrence-of-physocleora-dukinfeldia-a-new-lepidopterous-pest-in-eucalyptus-pla?lang=en>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SIMON, J-C. et al. Genomics of adaptation to host-plants in herbivorous insects. **Briefings in Functional Genomics**, v. 14, n. 6, p. 413-423, 2015. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elv015>.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. Ecological methods. Third edition. Oxford Press. 2000.

TEDER, T.; KAASIK, A. Early-life food stress hits females harder than males in insects: A meta-analysis of sex differences in environmental sensitivity. **Ecology Letters**, v. 26, n. 8, p. 1419-1431, 2023. <https://doi.org/10.1111/ele.14241>.

TERBLANCHE, J. S.; CHOWN, S. L. The relative contributions of developmental plasticity and adult acclimation to physiological variation in the tsetse fly, *Glossina pallidipes* (Diptera, Glossinidae). **Journal of Experimental Biology**, v. 209, p. 1064-1073, 2006. <https://doi.org/10.1242/jeb.02129>.

WILCKEN, C. F. BIOLOGIA DE *Thyrntaina arnobia* (Stoll, 1782) (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM ESPÉCIES DE *Eucalyptus* E EM DIETA ARTIFICIAL. 1996. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Área de Concentração: Entomologia, Esalq, Piracicaba, 1996.

WILCKEN, C. F. et al. **Desafios Do Manejo De Lagartas Desfolhadoras De Eucalipto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 28., 2022, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SEB, p. 1172, 2022.

CAPÍTULO 3

AÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS, BOTÂNICOS (NATURAIS) E REGULADOR DE CRESCIMENTO DE INSETOS SOBRE *Physocleora dukinfeldia* (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE), UMA PRAGA EMERGENTE EM PLANTIOS DE EUCALIPTO

Resumo: *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) tem emergido como praga desfolhadora em plantios de eucalipto, favorecida pelo sistema de monocultivo, e atualmente não possui inseticidas registrados para seu controle. Este estudo objetivou avaliar a eficiência de bioinseticidas e de um regulador de crescimento no manejo dessa espécie. Foram testados três produtos à base de *Bacillus thuringiensis*, um extrato vegetal e o regulador de crescimento clorfluazuron, em condições laboratoriais. Os tratamentos foram aplicados nas doses comerciais recomendadas sobre folhas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e a mortalidade de lagartas de segundo instar foi avaliada por sete dias. O clorfluazuron apresentou a maior eficiência, com 100% de controle até o quarto dia e permanência de 90% até o final do ensaio. O bioinseticida DIPEL® também se destacou, com eficiência média superior a 80%, embora com ação mais lenta. Os produtos MATRINE® e CRYSTAL® apresentaram controle intermediário, enquanto o extrato vegetal ACERA® foi o menos eficiente. Os resultados evidenciam que o uso de bioinseticidas, associado a reguladores de crescimento, representa uma estratégia viável para o manejo de *P. dukinfeldia*, especialmente no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em florestas de eucalipto.

Palavras-chave: Benzoilureias; *Eucalyptus*; *Bacillus thuringiensis*; bioinseticidas.

3.1 INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma das principais culturas florestais cultivadas no Brasil, sendo a base para o fornecimento de matérias-primas essenciais a diversos segmentos industriais, como os de celulose, papel, carvão vegetal e painéis de madeira (Guerino, 2022). Em 2023, a área destinada às florestas plantadas no Brasil atingiu 10,2 milhões de hectares. Os cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus* lideram esse setor, com 7,8 milhões e 1,9 milhão de hectares, respectivamente (Ibá, 2024).

A expansão das plantações florestais tem favorecido o aumento dos problemas fitossanitários, especialmente das infestações por lepidópteros desfolhadores, que se encontram em constante adaptação aos diferentes clones de eucalipto. Em 2021, foi registrada a ocorrência de *Physocleora dukinfeldia* (Schaus, 1897) (Lepidoptera: Geometridae) causando desfolha em plantios de eucalipto no Estado de São Paulo, com posterior dispersão para os estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (Silva *et al.*, 2023). Os danos causados por lagartas podem provocar modificações significativas nas propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas da madeira (Alves; Zanuncio, 2021).

As estratégias adotadas para o manejo dessas pragas são classificadas em diferentes categorias, abrangendo o controle biológico, químico, físico, comportamental, mecânico e o controle baseado na resistência genética das plantas hospedeiras (Zanuncio, 1993). A utilização de inseticidas seletivos, que preservem os insetos benéficos e, ao mesmo tempo, apresentem eficácia no controle das pragas, é essencial para a implementação de um manejo integrado e sustentável (Topping *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os reguladores de crescimento de insetos (RCIs) destacam-se como ferramentas eficientes no manejo de lepidópteros, uma vez que atuam na inibição da síntese de quitina durante a fase larval, comprometendo o desenvolvimento dos insetos (Meng *et al.*, 2019). Paralelamente, os inseticidas biológicos têm ganhado destaque por sua seletividade e menor impacto ambiental. Dentre os agentes mais empregados estão fungos, bactérias e vírus, com ênfase para *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), cuja ação ocorre por ingestão, promovendo a morte das lagartas (Luz *et al.*, 2024). Além desses, compostos naturais derivados de extratos vegetais também são utilizados no controle de pragas atuando sobre o metabolismo e comportamento alimentar dos insetos (Divekar, 2023).

Dessa forma, considerando a crescente relevância dos danos causados por *P. dukinfeldia* nos plantios de eucalipto e a demanda por práticas de manejo ambientalmente sustentáveis, torna-se urgente o aprofundamento de pesquisas voltadas ao uso de inseticidas no manejo dessa nova praga (Marrone, 2019). Portanto, o presente estudo visa determinar a eficiência de inseticidas sobre *P. dukinfeldia* como uma estratégia de manejo desse lepidóptero-praga em plantações de eucalipto.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Criação de *Physocleora dukinfeldia*

A criação de *P. dukinfeldia* foi estabelecida a partir de coleta massal em uma plantação comercial de eucalipto (21° 49' 82" S; 48° 03' 66" W), localizada no município de Guataporá, São Paulo, Brasil. O desenvolvimento das fases de ovos e larvas ocorreu em recipientes plásticos de 500 mL e 1,5 L, respectivamente, sendo vedados com tecido "voil", mantidos sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase de 12 horas, em laboratório, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP. Durante todo o período larval, os insetos foram alimentados exclusivamente com folhas recém coletados da planta de *Eucalyptus urophylla*. As pupas foram mantidas em recipientes contendo solo como substrato até a esclerotização completa e, posteriormente, transferidas para potes plásticos de 500 mL, revestidos com papel filtro umedecido. Os adultos foram alocados em gaiolas de PVC revestidas com tela, disponibilizando-se papel pardo e na parte superior da gaiola foram dispostos três papéis toalhas "sanfonados" utilizados como substrato de oviposição e solução aquosa de mel a 20% como fonte alimentar. Os papéis contendo os ovos foram utilizados para a manutenção contínua da colônia nas gerações subsequentes.

3.2.2 Bioensaio de eficácia

O ensaio foi conduzido em laboratório, sob condições controladas (temperatura: $25 \pm 2^\circ\text{C}$; umidade relativa: $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, com 10 repetições cada.

Foram testados três bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis*, um extrato vegetal e um regulador de crescimento, aplicados nas doses comerciais recomendadas (Tabela 1), além de uma testemunha sem aplicação.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos com seus respectivos produtos comerciais, princípios ativos, concentrações e dosagens em ensaio de *Physocleora dukinfeldia*.

Tratamentos	Produto comercial	Princípio ativo	Concentração	Doses
1	Testemunha	-	-	-
2	DIPEL® SC	<i>Bacillus thuringiensis</i> (var. <i>kurstaki</i>)	33,6 g/L	1,0 L/ha
3	ACERA® EC	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Isol. 1641 e 1644)	64,0 g/L	1,0 L/ha
4	CRYSTAL® SC	<i>Bacillus thuringiensis</i> (var. <i>tolworthi</i>)	15,0 g/L	1,0 L/ha
5	ATABRON® 50 EC	Clorfluazuron	50g/L	0,6 L/ha
6	MATRINE® SL	<i>Sophora flavescens</i> (Oxamatrine)	190,5 g/L (2,0 g/L)	1,0 L/ha

O bioensaio foi conduzido em placas de Petri (9,0 × 1,5 cm) contendo uma folha de *E. grandis* x *E. urophylla* como alimento. As folhas foram coletadas de plantas adultas, desinfetadas com hipoclorito de sódio a 5% por 10 minutos e secas para remoção do excesso de umidade. A aplicação dos tratamentos foi realizada diretamente sobre as folhas, utilizando um aerógrafo (Modelo BD134K) acoplado a um compressor com pressão de 1,0 bar (14,5 psi). Após a secagem, quatro lagartas de segundo instar foram transferidas para cada placa de Petri, que foi coberta com filme plástico e algodão umedecido no pecíolo para manter a turgidez foliar. Cada unidade experimental consistiu em uma placa de Petri contendo quatro lagartas e uma folha tratada. A mortalidade foi avaliada diariamente por sete dias, com remoção dos indivíduos mortos e manutenção dos sobreviventes na mesma folha até o término do experimento.

3.2.3 Análises estatísticas

Os dados de mortalidade foram corrigidos pela testemunha para obtenção da eficiência dos tratamentos (Abbott, 1925). Posteriormente, a normalidade e a homogeneidade foram verificadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados de eficiência foram submetidos à análise de variância pelo

Teste F. Quando verificada significância nos efeitos dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando o PROC MIXED (SAS, 2011).

3.3 RESULTADOS

Todos os tratamentos diferiram significativamente entre si até o quarto dia após a aplicação (DAA) (1DAA: $F = 4,87$; $gl = 4$; $P = 0,0024$; 2DAA: $F = 4,85$; $gl = 4$; $P = 0,0025$; 3DAA: $F = 4,67$; $gl = 4$; $P = 0,0031$; 4DAA: $F = 3,63$; $gl = 4$; $P = 0,0121$; Tabela 2). O regulador de crescimento clorfluazuron apresentou 100% de eficiência no controle de *P. dukinfeldia* até o quarto dia após a aplicação, mantendo-se elevado até o sétimo dia (90%) (Tabela 2; Tabela 3).

Entre os bioinseticidas, o maior desempenho foi observado para DIPEL®, que atingiu 83,33% de eficiência no terceiro e quarto DAA, mantendo-se em torno de 80% até o final do período (Tabela 2; Tabela 3). CRYSTAL® e MATRINE® apresentaram eficiências intermediárias, variando entre 55% e 76%, sem diferença significativa entre si na maior parte das avaliações (Tabela 2; Tabela 3). Houve uma tendência de redução da eficiência desses tratamentos a partir do quinto dia (Tabela 2; Tabela 3).

O inseticida biológico ACERA® apresentou menor eficiência ao longo de todo o ensaio, variando entre 38,33% e 48,33%, com inferioridade em relação aos demais tratamentos na maioria dos dias avaliados (Tabela 2; Tabela 3).

Tabela 2 - Médias (\pm EP) de eficiência (%) dos tratamentos sobre *Physocleora dukinfeldia* do primeiro ao sétimo dia após a aplicação (DAA).

Tratamento	Eficiência (%)						
	1 DAA	2 DAA	3 DAA	4 DAA	5 DAA	6 DAA	7 DAA
Testemunha	-	-	-	-	-	-	-
ATABRON SC	100,00 \pm 0,00 a	100,00 \pm 0,00 a	100,00 \pm 0,00 a	100,00 \pm 0,00 a	90,00 \pm 10,00	90,00 \pm 10,00	90,00 \pm 10,00
DIPEL® SC	60,00 \pm 11,30 b	66,66 \pm 8,69 ab	83,33 \pm 11,38 a	83,33 \pm 11,38 ab	76,66 \pm 12,22	76,66 \pm 13,19	80,00 \pm 13,33
MATRINE® SL	77,50 \pm 13,15 ab	76,66 \pm 13,19 ab	76,66 \pm 13,19 ab	76,66 \pm 13,19 ab	76,66 \pm 13,19	70,00 \pm 15,27	70,00 \pm 15,27
CRYSTAL® SC	65,00 \pm 11,45 ab	75,00 \pm 11,45 ab	75,00 \pm 11,45 ab	70,00 \pm 13,56 ab	61,66 \pm 14,49	55,00 \pm 15,72	55,00 \pm 15,72
ACERA® EC	42,50 \pm 7,50 b	39,16 \pm 10,68 b	38,33 \pm 10,55 b	41,66 \pm 11,97 b	40,00 \pm 12,71	48,33 \pm 15,00	48,33 \pm 15,00
<i>P</i>	0,0024	0,0025	0,0031	0,0121	0,0750	0,2403	0,2162

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

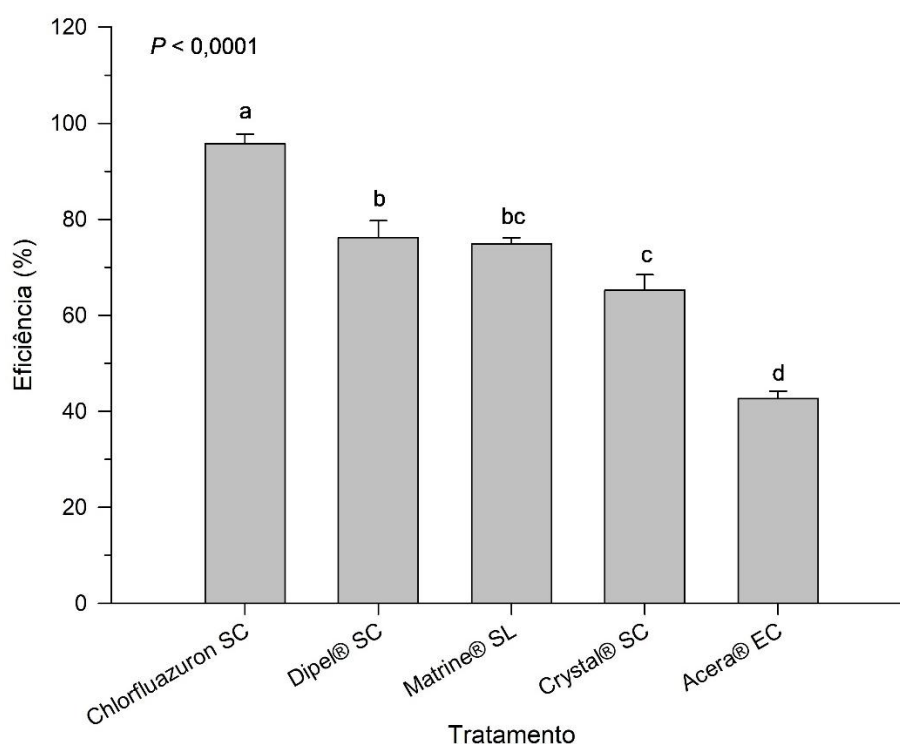
Tabela 3 - Médias (dias \pm EP) mortalidade de lagartas de segundo instar da espécie *Physocleora dukinfeldia* submetidas a diferentes produtos, em condições controladas (T: 25°C \pm 2°C; UR: 70 \pm 10% e fotófase: 12h).

Tratamento	1 DAA	2 DAA	3 DAA	4 DAA	5 DAA	6DAA	7 DAA
Testemunha	0,00 \pm 0,00 d	0,60 \pm 0,16 a	0,30 \pm 0,15 ab	0,30 \pm 0,21 a	0,60 \pm 0,22 ab	0,30 \pm 0,21 a	0,20 \pm 0,13 a
ATABRON SC	4,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 a
DIPEL® SC	2,00 \pm 0,45 bc	0,40 \pm 0,22 a	0,70 \pm 0,26 a	0,00 \pm 0,00 a	0,10 \pm 0,10 ab	0,10 \pm 0,10 a	0,10 \pm 0,10 a
MATRINE® SL	3,50 \pm 0,40 ab	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 b	0,10 \pm 0,10 a	0,10 \pm 0,10 a
CRYSTAL® SC	2,60 \pm 0,43 bc	0,60 \pm 0,27 a	0,10 \pm 0,10 b	0,00 \pm 0,00 a	0,10 \pm 0,10 ab	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 a
ACERA® EC	1,70 \pm 0,30 a	0,30 \pm 0,21 a	0,10 \pm 0,10 b	0,30 \pm 0,15 a	0,40 \pm 0,16 b	0,20 \pm 0,13 a	0,00 \pm 0,00 a
<i>P valor</i>	<0,0001	0,0576	0,0044	0,0807	0,0053	0,4361	0,3934

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Ao considerar a média geral de eficiência dos tratamentos ao longo dos sete dias, o regulador de crescimento clorfluazuron apresentou o melhor desempenho, com eficiência próxima a 100%, sendo estatisticamente superior aos demais ($F = 60,30$; $gl = 4$; $P < 0,0001$; Figura 1). Entre os bioinseticidas, DIPEL® e MATRINE® mostraram eficiências intermediárias, ambos acima de 70%, sem diferença significativa entre eles. CRYSTAL® apresentou desempenho ligeiramente inferior (65,23%). O bioinseticida ACERA® foi o menos eficiente, com média de eficiência igual a 42,61%, destacando-se negativamente em relação aos demais tratamentos (Figura 1).

Figura 1 – Eficiência média (\pm EP) acumulada (%) dos tratamentos sobre lagartas de *Physocleora dukinfeldia* ao longo de sete dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo LS-Means ajustado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).



3.4 DISCUSSÃO

A espécie *P. dukinfeldia* tem se tornado cada vez mais frequente nos plantios de eucalipto, favorecida pela expansão do monocultivo. Nesse contexto, torna-se essencial o desenvolvimento de pesquisas que ofereçam alternativas para o manejo dessa nova desfolhadora. O uso de bioinseticidas e reguladores de crescimento representa uma estratégia valiosa no âmbito do Manejo Integrado de Pragas (MIP), especialmente por atuar de forma eficaz sobre os primeiros estágios larvais. Essa

abordagem contribui para minimizar os danos foliares e permite que as florestas se recuperem, mantendo níveis adequados de produtividade (Piri Aliabadi; Sahragard; Ghadamyarl, 2016).

Os reguladores de crescimento de insetos (RCIs) do grupo das benzoilfenilureias (BPU), como teflubenzuron, diflubenzuron, lufenuron e clorfluazuron, atuam inibindo a síntese de quitina, essencial para o desenvolvimento e formação do exoesqueleto dos insetos (Tunaz; Uygun, 2004). Sua eficácia está associada à capacidade de absorção no intestino e à estabilidade no interior do inseto (Sun *et al.*, 2015). Além de interferirem na síntese de quitina, estudos relatam que compostos como clorfluazuron e lufenuron podem afetar processos fisiológicos, reduzindo a quantidade de pro-hemócitos e comprometendo a atividade de glândulas endócrinas, com impacto direto na regulação hormonal e na produção do hormônio juvenil (Abou-Taleb *et al.*, 2015). Em *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), com o uso da maior dose de lufenuron ocasionou-se semelhante efeito, como alta mortalidade, prolongamento do desenvolvimento larval e comprometimento das ecdises (Haixiang *et al.*, 2023).

De maneira consistente com esses relatos, os resultados deste estudo demonstraram que o clorfluazuron demonstrou ser o tratamento mais eficaz no controle de *P. dukinfeldia*, atingindo 100% de eficiência até quatro dias após a aplicação e mantendo controle superior a 90% até o final do ensaio. Esse experimento reforça o modo de ação dos RCIs, que promovem mortalidade mesmo em estágios iniciais, além de provocar efeitos fisiológicos subletais que comprometem o desenvolvimento dos insetos. Resultados similares foram registrados para *Anticarsia gemmatilis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae), onde diflubenzuron, lufenuron e teflubenzuron proporcionaram controle efetivo a partir de quatro dias após a aplicação (Silva *et al.*, 2003).

O uso de bioinseticidas à base da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) constitui uma das principais estratégias de controle biológico adotadas no manejo de pragas agrícolas ao longo das últimas décadas (Zanuncio *et al.*, 1992). Dentre os compostos produzidos por essa bactéria, as proteínas Cry1 têm se destacado por sua efetividade de controle na fase larval de lepidópteros, especialmente espécies desfolhadoras que afetam monocultivos (Bravo; Gill, Soberón, 2007). Diversos estudos elucidaram os mecanismos de ação dessas proteínas, que envolvem a ligação a receptores específicos no intestino médio das

larvas, resultando na formação de poros na membrana celular, lise das células epiteliais e, conseqüentemente, morte do inseto (Tabashnik *et al.*, 2015).

Os bioinseticidas à base de *Bt* apresentam ação inseticida mais lenta em comparação aos inseticidas químicos de contato, como deltametrina, porém possuem elevado potencial de controle quando utilizados em formulações de alta qualidade e aplicação adequada. Estudos demonstram que *Bt*, isoladamente ou combinado a deltametrina, proporcionou controle efetivo de *Thyrntaina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), com impacto mais gradual na população da praga (Zanuncio *et al.*, 1992). Avaliações anteriores com a mesma dosagem do Dipel® mostraram alta eficácia até o quarto instar de *Helicoverpa* spp., com efeitos persistentes ao longo de nove dias (Silva; Silveira, 2017).

Da mesma forma, *B. thuringiensis* foi mais eficiente do que produtos à base de oximatrine e extratos botânicos no controle de *S. frugiperda*, destacando-se como uma alternativa eficaz no manejo biológico da praga (Santos *et al.*, 2018). Embora bioinseticidas botânicos, como extratos de *S. flavescens*, apresentem atividade larvicida contra algumas espécies.

No presente estudo, o desempenho do *Bt* (DIPEL®) sobre *P. dukinfeldia* confirmou seu potencial no controle de lagartas em estágios iniciais, atingindo eficiência superior a 80% até o quarto dia após a aplicação. Contudo, assim como observado na literatura, sua ação foi mais lenta em comparação ao clorfluazuron, sendo mais eficaz quando aplicado sobre lagartas de segundo instar. Esse comportamento reforça a importância do monitoramento da praga e da aplicação no momento adequado, maximizando a eficácia dos bioinseticidas no contexto do manejo integrado de pragas.

3.5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o inseticida ATABRON 50 EC (clorfluazuron) apresenta alta eficácia no controle de *P. dukinfeldia*, promovendo 100% de mortalidade em condições laboratoriais. Entre os bioinseticidas testados, o DIPEL® SC, à base de *B. thuringiensis*, destacou-se como a opção mais promissora, com ação crescente ao longo do período de avaliação. O MATRINE® SL, embora com eficácia moderada, apresentou potencial para uso em estratégias de controle alternativo. Esses resultados indicam que o regulador de crescimento e os produtos biológicos podem ser incorporados ao manejo integrado de *P. dukinfeldia*, mostrando

ser uma alternativa valiosa para o controle de *P. dukinfeldia* em sistemas florestais. Contudo, são necessários estudos complementares em condições de campo para validar a efetividade desses produtos e garantir sua aplicação segura e sustentável em sistemas florestais.

REFERÊNCIAS

ABOU-TALEB, H. K.; ZAHRAN, H. E. M.; GAD, A. A. Academic Journals Inc., Biochemical and physiological effects of lufenuron and chlorfluazuron on *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomology**, v. 12, n. 2, p. 77-86, 2015. <https://doi.org/10.3923/je.2015.77.86>, 1812-5689 1812-5670

ABBOTT, W. "A method of computing the effectiveness of an insecticide". **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>

ALVES, P. G. L.; ZANUNCIO, J. C. Manejo integrado de pragas florestais. LEMES, Pedro Guilherme; ZANUNCIO, José Cola (Org.). **Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 26-39, 2021

BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, v. 49, n. 4, p. 423-435, 2007.

DIVEKAR, P. Botanical pesticides: An eco-friendly approach for Management of Insect Pests. **Acta Scientific Agriculture**, v. 7, n. 2, 2023. <https://doi.org/10.31080/ASAG.2023.07.1236>

GUERINO, R. M. G. et al. Expansão e impactos socioambientais da cultura de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) no Brasil: um panorama da literatura. *Research, Society and Development*, v.11, n. 3, 2022. <https://orcid.org/0000-0003-0662-6154>

HAIXIANG, L. V. et al. Effects of lufenuron treatments on the growth and development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 263, p. 109499, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109499>.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). *Relatório anual 2024*. Brasília: IBÁ, 2024. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf> Acesso em: 1 dez. 2024.

LUZ, T. S. et al. Potential of microbial control agents in a strategy against *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**, v.176, p. 106493, 2024.

MARRONE, P. G. Pesticidal natural products—status and future potential. **Pest Management Science**, v. 75, n. 9, p. 2325-2340, 2019. <https://doi.org/10.1002/ps.5433>

MENG, X. et al. Sublethal effects of chlorantraniliprole on molting hormone levels and mRNA expressions of three Halloween genes in the rice stem borer, *Chilo*

suppressalis. **Chemosphere**, v. 238, p. 124676, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere>

PIRI ALIABADI, P. F.; SAHRAGARD, A.; GHADAMYARI, M. Lethal and sublethal effects of a chitin synthesis inhibitor, lufenuron, against *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Crop Protection**, v. 5, n. 2, p. 203-214, 2016.
<https://doi.org/10.18869/modares.jcp.5.2.203>

SANTOS, J. R. et al. Eficiência de métodos de controle na supressão da *Spodoptera frugiperda* (SMITH) na cultura do milho. **Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal**, v. 4, n. 1, p. 7–13., 2018.
<https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/360>

SAS Institute (2011) PROC user's manual, version 0.3. SAS Institute. p 2436.

SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C.; BOSS, A. Controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) com reguladores de crescimento de insetos. **Ciência Rural**, v. 33, p. 601-605, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400002>

SILVA, P. G. et al. (2023, November). *Occurrence of Physocleora dukinfeldia, a new lepidopterous pest in Eucalyptus plantations in São Paulo State, Brazil*. Trabalho apresentado em Second IUFRO WP 7.02.13 meeting: Novel and classical strategies to forest health in plantations.
<https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/trabalhos/occurrence-of-physocleora-dukinfeldia-a-new-lepidopterous-pest-in-eucalyptus-pla?lang=pt-br>

SILVA, P. S.; SILVEIRA S., J. EFICIÊNCIA DE *Bacillus thuringiensis* no controle de *Helicoverpa* spp. (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). **Revista científica intelletto**, v. 2, n. 3., 2017. <http://dx.doi.org/10.17648/intelletto-2525-9075-v2-n3-10>

SUN, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 31, p. 6847-6865, 2015.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02460>

TABASHNIK, B. E. et al. Dual mode of action of Bt proteins: protoxin efficacy against resistant insects. **Springer Nature**. v. 5, n. 1, p.1-10, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1038/srep15107>.

TOPPING, C. J., ALDRICH, A., BERNY, P. Overhaul environmental risk assessment for pesticides. **Science**, v. 367, n. 6476, p. 360-363, 2020.
<https://doi.org/10.1126/science.aay1144>

TUNAZ, H.; UYGUN, N. Insect growth regulators for insect pest control. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 28, n. 6, p. 377-387, 2024.
<https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol28/iss6/1>

ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência de *Bacillus thuringiensis* e de deltametrina, em aplicação aérea, para o controle de *Thyrinteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptal no Pará. **Acta Amazonica**, 22(4), 485-492, 1992.

ZANUNCIO, J. C. Manual de Florestas: Lepidoptera Desfolhadores de Eucalipto: Biologia, Ecologia e Controle. In: ZANUNCIO, J. C. **Manual de Florestas**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1993. v. 1, p. 68–85.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos contribuem significativamente para o avanço do conhecimento sobre *Physocleora dukinfeldia*, uma praga emergente na eucaliptocultura brasileira. A espécie demonstrou elevada capacidade de adaptação ao hospedeiro comercial *E. grandis* x *E. urophylla*, sendo capaz de completar seu ciclo biológico, embora com algumas limitações no desenvolvimento quando comparado ao hospedeiro nativo *S. terebinthifolia*.

Os parâmetros biológicos e demográficos indicaram que *P. dukinfeldia* possui alto potencial de crescimento populacional, o que, associados às características dos sistemas de monocultivo, favorece sua rápida multiplicação e, conseqüentemente, o aumento dos danos econômicos aos plantios comerciais.

Além disso, os bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e o regulador de crescimento apresentaram alta eficiência em condições de laboratório. Esses resultados reforçam a importância de estudos adicionais para testar a toxicidade sobre essa praga em condições de campo. A adoção de práticas sustentáveis e integradas no manejo de pragas florestais minimiza os impactos negativos sobre o meio ambiente e sobre os inimigos naturais.

De forma geral, os resultados do presente trabalho fornecem embasamento para estratégias de manejo integrado de *P. dukinfeldia* em plantações de eucalipto, além de abrir novas perspectivas para pesquisas futuras relacionadas ao monitoramento populacional, aos fatores de resistência, à interação com inimigos naturais e à eficácia de novos produtos biológicos e de origem botânica. A partir desses dados, espera-se que o setor florestal possa adotar medidas mais eficientes e sustentáveis, garantindo a produtividade do eucalipto no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons, 2023. Acesso em: 29 set. 2024.
- ANJOS, N. dos; SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, J. C. Pragas do eucalipto e seu controle. **Informe agropecuário**, v. 12, n. 141, p. 50-58, 1986.
- ALMEIDA, C. A. C. Ocorrência espontânea de inimigos naturais de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) em Eucalyptus spp. no estado de Alagoas e Ecologia química do endoparasitoide *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), 2023.
- BARRICHELO, L. E. G. Métodos de determinação da densidade básica da madeira em cavacos. **Boletim Informativo IPEF**. Piracicaba, v.3, n.9, p. 12, 1975.
- CASWELL, H. Life table response experiment analysis of the stochastic growth rate. **Journal of Ecology**. v. 98, n. 2, p. 324–333, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01627.x>
- CHEN, J.; OI, D. H. Naturally occurring compounds/materials as alternatives to synthetic chemical insecticides for use in fire ant management. **Insects**, v. 11, n.11, p. 758, 2020. <https://doi.org/10.3390/insects11110758>
- COSTA, E. C. et al. **Entomologia florestal**, Santa Maria: Ed. da UFSM, 2008. 240 p.
- COSTA, C. O. S. et al. Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial activities of extracts prepared from different tissues of *Schinus terebinthifolius* Raddi that occurs in the coast of Bahia, Brazil. **Pharmacognosy Magazine**, v. 11, n. 43, p. 607-14, 2015.
- DIVEKAR, P. Botanical pesticides: An eco-friendly approach for Management of Insect Pests. **Acta Scientific Agriculture**, v. 7, n. 2, 2023. <https://doi.org/10.31080/ASAG.2023.07.1236>
- FERREIRA, R. A. S.; DA SILVA, N. L. S. Manejo integrado de pragas: sustentabilidade e redução do uso de agrotóxicos em culturas comerciais. **Aracê**, v. 7, n. 7, p. 39363–39367, 2025. DOI: 10.56238/arev7n7-242.
- FONSECA, F. L.; CAVICHIOLI, R. R.; KOVALESKI, A. Incidência de *Physocleora dimidiaria* (Lepidoptera: Geometridae) em pomares de macieira em Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 3, 2009.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ 2002. 920 p.; il.

GRATTAPAGLIA, D. et al. Progress in Myrtaceae genetics and genomics: *Eucalyptus* as the pivotal genus. **Tree Genetics & Genomes**, v. 8, n. 3, p. 463-508, 2012. doi: 10.1007/s11295-012-0491-x

HANSENCLEVER, M. B.; RIVELLI, J. G. Man-made forests for wood and charcoal in Brazil. **Revista Energetica**, v. 8, n. 5, p. 47-66, 1984.

HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: Já Editores, p. 27, 2006.

HOFFMANN, A. A.; CHOWN, S. L.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: how constrained are they?. **Functional Ecology**, v. 27, n. 4, p. 934-949, 2013.

HOLTZ, A. M. et al. Adaptação de *Thyrinteina arnobia* em novo hospedeiro e defesa induzida por herbívoros em eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 453-458, 2003.

HORTA, A. B. *Uso de vírus e Bacillus thuringiensis Berliner no controle de Thyrinteina arnobia (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae)*. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2017.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). *Relatório anual 2024*. Brasília: IBÁ, 2024. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>> Acesso em: 1 dez. 2024.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; REIS FILHO, W. **Manejo integrado de pragas em plantios florestais**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. Anais... Curitiba: Malinovski, 2014. p. 195-212. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1008258>. Acesso em: 17 maio 2025.

KHAN, N. et al. Socio-Economic and Medicinal Review of Eucalyptus Tree in the World. 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3644215>.

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

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2 ed. São Paulo: Ed. USP, p. 301, 1996.

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa -SP: Instituto plantarum; 2002, p. 352.

METCALF, Robert L.; LUCKMANN, William H. (Ed.). **Introduction to insect pest management**. John Wiley & Sons, 1994.

MITRA, S. et al. Taxonomy and importance of Myrtaceae. **Acta Horticulturae**, v. 959, p. 23–34, 2012. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.959.2>

MOREIRA, J. M. M. A. P. et al. A viabilização econômica da cultura do eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B.; JUNIOR, J. E. P. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 907-939, 2021.

MUNIZ, F. R. et al. Qualidade da madeira de clones poliploides de eucalipto. **Revista O Papel**, v. 84, n. 10, p. 58-65, 2023.

ODA, S.; BERTI FILHO, E. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna* Sm. em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae). **IPEF Piracicaba**, v. 17, p. 27-31, 1978.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 420-429, 2014.

PENFOLD, A. R.; WILLIS, J. L. The essential oil industry of Australia. **Economic Botany**, New York, v. 8, p. 316–336, 1954.

PEREIRA, J. M. M. et al. Lepidoptera pests collected in *Eucalyptus urophylla* plantations during five years in Três Marias, State of Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 49, p. 997–10, 2001.

PINTO JUNIOR, J. E.; SILVEIRA, R. A. **A introdução do eucalipto no Brasil pela Embrapa: bases institucionais e sua estruturação para a pesquisa com eucaliptos e corímbias**. p. 33-112, 2021.

PITKIN, L. M. Neotropical ennomine moths: a review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). **Zoological journal of the Linnean Society**, v. 135, n. 2-3, p. 121-401, 2002.

RAMZI, A. et al. Synergistic effect of bioactive monoterpenes against the mosquito, *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). **Molecules**, v. 27, n. 13, p. 4182, 2022.

RIBEIRO, G. T.; ZANUNCIO, J. C.; TAVARES, W. S.; RAMALHO, F. S.; SERRÃO, J.E. Constancy, Distribution, and frequency of lepidoptera defoliators of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae) in Four Brazilian Regions. **Neotropical Entomology**, v.45, n.6, p.629-636, 2016.

RODRIGUES, G. S. D. S. C. et al. **Eucalipto no Brasil**. Uberlândia-MG: Composer, 2021.

RODRIGUES, G. S. S. C. et al. **Eucalipto no Brasil: expansão geográfica e impactos ambientais**. Uberlândia: Compositor, 2024. 178 p.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004.

SANTAROSA, E.; JÚNIOR, J. F. P.; GOULART, I. C. G. R. Transferência de tecnologia Florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção da renda. 1ª edição. Brasília: Embrapa florestas, 2014. 133 p.

SANTOS, A. C. A. et al. Avaliação química mensal de três exemplares de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 1011-1013, 2007.

SANTOS, B. M. et al. Quantification and localization of formylated phloroglucinol compounds (FPCs) in *Eucalyptus* species. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 186, 2019.

SANTOS, F. A. Biologia e manejo integrado da nova praga florestal lagarta-medideira-do-eucalipto *Iridopsis panopla* (Lepidoptera: Geometridae). Tese (Doutorado) - Curso de Ciências florestais, Área de Concentração: Entomologia, Unesp, Botucatu, 2023.

SCHAUS, W. New species of Geometridae from tropical America. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 5, n. 4, p. 161-166, 1897.

SILVA, B. C. et al. Métodos de controle e prevenção de insetos-praga em povoamentos florestais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48477-48496, 2020.

SILVA, M. A. D. et al. Óleo essencial de aroeira-vermelha como aditivo na ração de frangos de corte. **Ciência Rural**. v. 4, n. 4, p. 676-81, 2011.

SILVA, P. G. et al. Occurrence of *Physocleora dukinfeldia*, a new lepidopterous pest in *Eucalyptus* plantations in São Paulo State, Brazil. In: SECOND IUFRO WP 7.02.13 MEETING: NOVEL AND CLASSICAL STRATEGIES TO FOREST HEALTH IN PLANTATIONS, 2023, Campo Grande. Anais eletrônicos..., Galoá, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/secondiufrowpmeeting/trabalhos/occurrence-of-physocleora-dukinfeldia-a-new-lepidopterous-pest-in-eucalyptus-pla?lang=en>>.

SILVEIRA NETO, S; NAKANO, O.; BARBIN, D.; NOVA, N. A. V. Manual de Ecologia de Insetos, São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, p. 419p, 1976.

SUNDER, S. S. **The ecological, economic and social effects of Eucalyptus**. In: **Regional expert consultation on eucalyptus**, 1993, Rome. *Proceedings of the regional expert consultation on eucalyptus*. Rome: FAO, 1993.

TANG, W.; EISENBRAND, G. *Sophora flavescens* Ait. **Chinese Drugs of Plant Origin: Chemistry, Pharmacology, and Use in Traditional and Modern Medicine**, p. 931-943, 1992.

VALVERDE, S. R. et al. **Cultura e aspectos socioeconômicos do eucalipto. Eucalipto do plantio à colheita**, São Paulo, SP: Oficina de Textos, p. 19-36, 2022.

VIEIRA, T. A. S. et al. Determination of the chemical composition of *Eucalyptus* spp. for cellulosic pulp production. **Forests**, v. 12, n.3, p. 1649, 2021.

XIN, X. et al. The botanical pesticide derived from *Sophora flavescens* for controlling insect pests can also improve growth and development of tomato plants. **Industrial**

Crops and Products, v. 92, p. 13-18, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.043>

VITTI, G. C. et al. **Adubação e nutrição do eucalipto**. Piracicaba, SP: ESALq, p. 45, 2002.

WILCKEN, C. F. BIOLOGIA DE *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (LEPIDOPTERA: GEOMETRIDAE) EM ESPÉCIES DE *Eucalyptus* E EM DIETA ARTIFICIAL. 1996. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Área de Concentração: Entomologia, Esalq, Piracicaba, 1996.

WYLIE, F. R.; SPEIGHT, M. Integrated pest management (IPM). In: **Insect pests in tropical forestry**. Wallingford UK: CABI, 2012. p. 275-295, 2012.

ZHANG, X. et al. Review on research and development of botanical pesticides. **Chinese Journal of Biological Control**, v. 31, n. 5, p. 685, 2015.
[10.16409/j.cnki.2095-039x.2015.05.009](https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2015.05.009)

ZANUNCIO, J. C. et al. *Thyrinteina arnobia*. LEMES, Pedro Guilherme; ZANUNCIO, José Cola (Org.). Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 487-499, 2021.

ZANUNCIO, J.C. et al. **Entomologia Florestal Aplicada: Lepidoptera desfolhadores de eucalipto**. UFSM, v. 1, n. 1, p. 101–121, 2014.