

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS

ANDERSON HENRIQUE DA SILVA BARBOSA

**Estágios imaturos de Lepidoptera e seus parasitoides associados
ao gênero *Myrsine* L. (Primulaceae) na Reserva Biológica da
Serra do Japi, Jundiá, São Paulo**

São Carlos - SP

2025

ANDERSON HENRIQUE DA SILVA BARBOSA

Estágios imaturos de Lepidoptera e seus parasitoides associados ao gênero *Myrsine* L. (Primulaceae) na Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Orientador: Manoel Martins Dias Filho

São Carlos - SP

2025

Barbosa, Anderson Henrique da Silva

Estágios imaturos de Lepidoptera e seus parasitoides associados ao gênero *Myrsine* L. (Primulaceae) na Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo / Anderson Henrique da Silva Barbosa -- 2025. 86f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho
Banca Examinadora: Profa. Dra. Odete Rocha (UFSCar), Profa. Dra. Helena Carolina Onody (UESPI)
Bibliografia

1. Ecologia. 2. Entomologia. 3. Interações Tritróficas. I. Barbosa, Anderson Henrique da Silva. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Arildo Martins - CRB/8 7180



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Anderson Henrique da Silva Barbosa, realizada em 27/08/2025.

Comissão Julgadora

Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho (UFSCar)

Profa. Dra. Odete Rocha (UFSCar)

Profa. Dra. Helena Carolina Onody (UESPI)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos iniciantes na ciência e futuros pesquisadores em estudos de Lepidoptera.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo (Processo Nº 131498/2023-1).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

A todos(as) os(as) docentes do PPGERN, pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho, pela orientação, confiança, pelas identificações dos Lepidoptera e por me possibilitar aprender mais sobre este grupo de insetos tão fantástico.

À Profa. Dra. Angélica Maria Penteado-Dias, pelas oportunidades, confiança e ensinamentos, e pelas identificações dos Ichneumonoidea.

À Profa. Dra. Maria de Fátima Freitas, do Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pela identificação das Primulaceae.

Ao Dr. Valmir Antonio Costa, do Instituto Biológico da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, pela identificação dos Chalcidoidea.

Ao técnico Airton Santo Soares, do Departamento de Biologia e Ecologia Evolutiva da UFSCar, pelo auxílio nas coletas, ensinamentos e bons momentos em campo.

À técnica Luciana Bueno dos Reis Fernandes, do Departamento de Biologia e Ecologia Evolutiva da UFSCar, pelas dicas para criação dos imaturos e pelas belas fotografias.

À técnica Suzan Beatriz Zambon da Cunha, pelo apoio e curadoria dos exemplares obtidos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR), por fornecer toda a infraestrutura e auxílio necessários para a realização deste trabalho.

A todos(as) os(as) funcionários(as) do INCT-HYMPAR, pela ajuda e ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, e em especial, à Ynaê, Angela e Bárbara, pelo apoio, pela ótima convivência e bons momentos na UFSCar.

A toda a minha família, e em especial, à minha mãe, Andréa, e meus irmãos, Allana e Arthur, por todo o carinho e apoio.

A todos(as) que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Inchworm, inchworm
Measuring the marigolds
You and your arithmetic
Will probably go far (...)”

(Frank Loesser, 1952)

RESUMO

Mudanças na pluviosidade podem afetar a estrutura das comunidades ecológicas, influenciando as interações entre níveis tróficos. Em sistemas tritróficos terrestres envolvendo herbívoros como imaturos de Lepidoptera, suas plantas hospedeiras e parasitoides, essas mudanças são muito complexas e difíceis de prever, especialmente na Mata Atlântica. Considerando que o conhecimento sobre a distribuição de espécies e padrões sazonais é necessário para estratégias de conservação, o principal objetivo deste trabalho é avaliar a variação temporal na estrutura da comunidade de imaturos de Lepidoptera associados às espécies de *Myrsine* L. e suas interações com parasitoides em uma área de Mata Atlântica. O estudo foi realizado na Reserva Biológica da Serra do Japi, no município de Jundiaí, Estado de São Paulo, Brasil. De março a agosto de 2024, imaturos de Lepidoptera foram coletados com auxílio de guarda-chuva entomológico em 33 plantas hospedeiras, distribuídas em duas espécies da família Primulaceae: *Myrsine umbellata* (N=19) e *Myrsine gardneriana* (N=14). Os imaturos foram levados ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR) na cidade de São Carlos, SP, e mantidos em condições de laboratório até a emergência de adultos ou eventuais parasitoides. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Taxonômica do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Brasil (DCBU). No total, foram registradas 215 larvas de Lepidoptera, distribuídas em 8 famílias (Erebidae, Geometridae, Limacodidae, Noctuidae, Psychidae, Riodinidae, Saturniidae e Tortricidae) e 46 espécies e morfoespécies. *Phrygionis polita* foi a espécie mais abundante (N=46). Os valores de riqueza e diversidade foram maiores na estação seca, e a estação de pré-seca teve a maior cobertura amostral. A abundância de imaturos foi estatisticamente consistente ao longo do tempo ($p = 0,86084$). Houve variação significativa na composição de espécies ($p = 0,0116$), e a variação foi explicada principalmente pelas maiores abundâncias de algumas espécies na estação pré-seca. Foram obtidos 131 parasitoides, pertencentes a duas ordens (Hymenoptera e Diptera), 4 famílias e 19 morfoespécies. Uma nova espécie do gênero *Colpotrochia* Holmgren foi registrada e descrita. A proporção de parasitismo variou entre as estações e foi maior na estação seca; mudanças nas interações tróficas também foram observadas. Assim, este trabalho fornece novos dados ecológicos e reforça a importância de estudos com estágios imaturos de Lepidoptera para a conservação.

Palavras-chave: Interações tritróficas. Larvas. Plantas hospedeiras. Pluviosidade.

ABSTRACT

Changes in rainfall can affect the structure of ecological communities, influencing the interactions amongst trophic levels. In terrestrial tritrophic systems involving herbivores such as immature Lepidoptera, their host plants and parasitoids, these changes are very complex and hard to predict, especially in the tropical Atlantic rainforest. Since the knowledge about species distribution and seasonal patterns are necessary for conservation efforts, the main objective of this work is to evaluate the temporal variation in the community structure of immature Lepidoptera associated with *Myrsine* L. species and their interactions with parasitoids in an atlantic rainforest area. The study was conducted at the Reserva Biologica da Serra do Japi, in the township of Jundiá, São Paulo state, Brazil. From March to August 2024, Immature Lepidoptera were sampled with an entomological umbrella in 33 host plants, distributed in two species of the family Primulaceae: *Myrsine umbellata* (N=19) and *Myrsine gardneriana* (N=14). The immature lepidopterans were taken to the Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR) in the town of São Carlos, SP, and were kept under laboratory conditions until the emergence of Adult Lepidoptera or eventual parasitoids. The specimens were deposited at the Coleção Taxonômica do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Brazil (DCBU). In total, 215 larvae of Lepidoptera were recorded, distributed in 8 families (Erebidae, Geometridae, Limacodidae, Noctuidae, Psychidae, Riodinidae, Saturniidae and Tortricidae) and 46 species and morphospecies. *Phrygonis polita* was the most abundant species (N=46). Richness and Diversity values were higher for the dry season and the early dry season had the higher sample coverage. Immature abundance was statistically consistent over time ($p=0,86084$). There was a significant variation in the species composition ($p=0.0116$) and the variation was mostly explained by the higher abundances of some species in the early dry season. A total of 131 parasitoids were reared, belonging to two orders (Hymenoptera and Diptera), 4 families and 19 morphospecies. A new species of the genus *Colpotrochia* Holmgren was recorded and described. Parasitism proportion differed between seasons and was higher in the dry season; changes in the trophic interactions were also observed. Thus, this work provides new ecological data and reinforces the importance of studies with immature Lepidoptera for conservation.

Keywords: Host plants. Larvae. Rainfall. Tritrophic interactions.

SUMÁRIO

1. Introdução Geral.....	13
1.1 Mata Atlântica: biodiversidade ameaçada	13
1.2 Ordem Lepidoptera	15
1.3 Família Geometridae.....	16
1.4 Família Primulaceae e o gênero <i>Myrsine</i>	17
1.5 Interações Tritróficas: planta, hospedeiro e parasitoide	19
1.6 Parasitoides de Lepidoptera: principais grupos	21
1.6.1 Hymenoptera parasitoides	21
1.6.2 Diptera parasitoides.....	22
1.7 Variação temporal em sistemas tritróficos.....	23
2. Objetivos.....	24
2.1 Objetivo Geral.....	24
2.2 Objetivos Específicos	24
3. Hipótese.....	25
4. Estrutura da dissertação	25
5. Referências bibliográficas	25
6. Capítulo 1. Variação temporal e aspectos ecológicos de imaturos de Lepidoptera associados a <i>Myrsine</i> L. (Primulaceae) em área de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil	32
Abstract.....	32
Introduction.....	33
Material and methods.....	34
Study area.....	34
Field sampling and laboratory procedures	34
Environmental variables.....	35
Statistical analyses.....	35
Results	36
Immature Lepidoptera	36
Parasitoids	47
Discussion.....	55
Conclusions.....	58
Acknowledgements.....	58
References.....	58

7. Capítulo 2. Nova espécie de <i>Colpotrochia</i> Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) do Brasil, com notas biológicas	63
Introduction.....	64
Material and methods.....	65
Results.....	66
Discussion.....	69
Acknowledgements.....	71
References.....	71
8. Considerações finais	79
9. Anexos.....	80

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1. “Variação temporal e aspectos ecológicos de imaturos de Lepidoptera associados a *Myrsine* L. (Primulaceae) em área de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil”.....32

Table 1. Monthly records of Lepidoptera species associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana* at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....37

Table 2. SIMPER analysis showing species that most contributed to compositional differences of immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. Only species with at least 1% of contribution were listed.....45

Table 3. Monthly records of parasitoid species associated with immature Lepidoptera feeding on *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana* at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....47

Supplementary Table 1. List of immature Lepidoptera and their respective host plants collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....80

Supplementary Table 2. List of reared parasitoids, their respective hosts and associated plants collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....81

Supplementary Table 3. Number of parasitized immatures collected on their respective host plants and seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....82

Supplementary Table 4. Full names of the taxa represented in codes in the bipartite tri-trophic webs.....83

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral	13
Figura 1. Reserva Biológica da Serra do Japi, no município de Jundiaí, Estado de São Paulo, Brasil.....	14
Figura 2. Larva de Geometridae, <i>Phrygionis privignaria</i> (Guenée, [1858]), e seu característico tipo de locomoção (mede-palmos).....	16
Figura 3. Espécies de Primulaceae que ocorrem no Brasil: <i>Myrsine umbellata</i> Mart. (A) e <i>Myrsine gardneriana</i> A. DC. (B).....	18
Capítulo 1. “Variação temporal e aspectos ecológicos de imaturos de Lepidoptera associados a <i>Myrsine</i> L. (Primulaceae) em área de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil”	32
Figure 1. Map of the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil.....	34
Figure 2. Sample coverage of the immature Lepidoptera associated with <i>Myrsine umbellata</i> and <i>Myrsine gardneriana</i> , collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....	39
Figure 3. Hill Numbers showing the diversity of the immature Lepidoptera associated with <i>Myrsine umbellata</i> and <i>Myrsine gardneriana</i> , collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. “q=0” equals to richness; “q=1” corresponds to Shannon’s Diversity and “q=2” corresponds to Simpson’s Diversity.....	39
Figure 4. Immature Lepidoptera feeding on <i>Myrsine</i> spp.: A. <i>Phyle arcuosaria</i> ; B. <i>Oxydia trychiata</i> ; C. <i>Phrygionis polita</i> ; D. <i>Phrygionis privignaria</i> ; E. <i>Opisthoxia claudiaria</i> ; F. <i>Opisthoxia farantes</i> ; G. <i>Herbita capnodiata</i> ; H. <i>Melinodes subapicata</i> ...	40
Figure 5. Immature Lepidoptera feeding on <i>Myrsine</i> spp.: I. <i>Phlebosphales</i> sp.; J. <i>Dysschema</i> sp.; K. <i>Thyrinteina arnobia</i> ; L. <i>Physocleora</i> sp.; M. <i>Iridopsis</i> sp.; N. <i>Herbita capnodiata</i> ; O. <i>Prochoerodes</i> sp.; P. <i>Acharia</i> sp.....	41

Figure 6. Immature Lepidoptera feeding on <i>Myrsine</i> spp.: Q. <i>Pherotesia condensaria</i> ; R. <i>Pero refellaria</i> ; S. <i>Eusarca arnetaria</i> ; T. <i>Ischnopteris inornata</i>	42
Figure 7. Adult Lepidoptera reared on <i>Myrsine</i> spp.: A. <i>Oxydia trychiata</i> ; B. <i>Phyle arcuosaria</i> ; C. <i>Ischnopteris inornata</i> ; D. <i>Thyrinteina arnobia</i>	42
Figure 8. Adult Lepidoptera reared on <i>Myrsine</i> spp.: E. <i>Phrygionis polita</i> ; F. <i>Opisthoxia claudiaria</i> ; G. <i>Opisthoxia farantes</i> ; H. <i>Phrygionis privignaria</i> ; I. <i>Argyrotome paraguayaria</i> ; J. <i>Melinodes subapicata</i> ; K. <i>Melanolophia eucheria</i> ; L. <i>Isochromodes</i> sp.....	43
Figure 9. Adult Lepidoptera reared on <i>Myrsine</i> spp.: M. <i>Herbita capnodia</i> ; N. <i>Physocleora grosica</i> ; O. <i>Melanolophia nebularia</i> ; P. <i>Pherotesia condensaria</i> ; Q. <i>Eusarca arnetaria</i> ; R. <i>Melese</i> sp.; S. <i>Pero refellaria</i> ; T. <i>Phlebosphales</i> sp.....	44
Figure 10. nMDS ordination showing the differences in species composition of the immature Lepidoptera collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....	45
Figure 11. IndVal analysis showing indicator species of immature Lepidoptera associated with <i>Myrsine umbellata</i> and <i>Myrsine gardneriana</i> , collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. Gray boxes represent species that had at least 50% of indicator value.....	46
Figure 12. Monthly variation of the immature Lepidoptera associated with <i>Myrsine umbellata</i> and <i>Myrsine gardneriana</i> , parasitoid abundances and abiotic variables in the study conducted at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from march to august 2024.....	48
Figure 13. Monthly variation in parasitism proportion of the immature Lepidoptera associated with <i>Myrsine gardneriana</i> and <i>Myrsine umbellata</i> in the study conducted at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.....	49
Figure 14. Tritrophic interactions involving host plants and parasitoids of the immature Lepidoptera collected between the early dry (A) and dry (B) seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.	

Trophic levels are organized as follows: I = Host plants; II = Hosts; III = Parasitoids. Full names for species are available in the Supplementary Table 4.....50

Figure 15. Reared parasitoids and their cocoons. 1-2: *Casinaria* sp.; 3-4: *Dolichogenidea* sp.; 5-6: *Glyptapanteles* sp.; 7-8: *Distatrix* sp.....51

Figure 16. Reared parasitoids and their cocoons. 9-10: *Exasticolus* sp.; 11-12: *Apanteles* sp.; 13-14: *Apanteles* sp. 1; 15-16: *Exix* sp.....52

Figure 17. Reared parasitoids and their cocoons. 17-18: *Casinaria* sp. 1; 19: Larva of *Acharia* mummified by *Hyposoter* sp.; 20: *Hyposoter* sp.; 21: *Euplectrus* sp. 1; 22: *Euplectrus* sp. 2.....53

Figure 18. Reared parasitoids and their pupae. 23: *Euplectrus carlosarmientoi*; 24: Larva of *Phrygionis polita* parasitized by *Euplectrus carlosarmientoi*; 25-26: Tachinidae sp.; 27: Exoristiinae sp.; 28: Coccon of *Acharia* sp., parasitized by Exoristiinae sp., and the parasitoid pupa within; 29-30: Leskiini sp.....54

Capítulo 2. “Nova espécie de *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) do Brasil, com notas biológicas”.....63

Figures 1–6. *Colpotrochia* sp. nov. Barbosa, Dias & Pentead-Dias. Holotype female: 1, habitus lateral; 2, habitus dorsal; 3, head, frontal view showing a median carina; 4, head and mesoscutum, dorsal view; 5, mesoscutum and anterior part of mesopleuron, lateral view showing a raised subalar prominence ; 6, fore wing.....76

Figures 7-12. *Colpotrochia* sp. nov. Barbosa, Dias & Pentead-Dias. Holotype female: 7, propodeum, dorsal view; 8, tergite I, lateral view; 9, sternite I, ventral view; 10, metasoma, ventral view; 11, tergite III+ lateral view; 12, tergite III+ ventral view.....77

Figures 13-16. *Opisthoxia farantes*: 13, dorsal view of *O. farantes* last instar; 14, head of *O. farantes* last instar; 15, anterior part of the host’s pupal exuvia detached by the parasitoid; 16, ventral view of the host’s pupal exuvia,.....78

1. Introdução Geral

1.1 Mata Atlântica: biodiversidade ameaçada

A Mata Atlântica brasileira é um bioma altamente biodiverso e com alto grau de endemismo. São cerca de 20.000 espécies de plantas e 2.450 espécies de animais vertebrados (Mittermeier *et al.*, 2011), além de outras milhares de espécies de invertebrados e microrganismos. O bioma cobria em torno de 150.000.000 de hectares no território brasileiro, sendo, originalmente, uma das maiores florestas das Américas (Ribeiro *et al.*, 2009).

Com uma vasta distribuição latitudinal ao longo da América do Sul, a Mata Atlântica apresenta um mosaico de formações de vegetação, com florestas perenes, semidecíduais ou decíduais, áreas de restinga, manguezais e florestas mistas (Grelle *et al.*, 2021). Apesar de sua maior representatividade no Brasil, a Mata Atlântica também ocorre, em menor proporção, no Paraguai e na Argentina (Marques *et al.*, 2021).

Devido ao histórico de pressões ambientais e ameaças à biodiversidade, a Mata Atlântica foi incluída na lista de *hotspots*¹ mundiais. Com mais de 1.500 espécies de plantas ameaçadas de extinção (Martinelli; Moraes, 2013) e possuindo entre 11% a 16% de sua cobertura original, o bioma se tornou um dos mais ameaçados devido a fragmentação de habitat e mudanças climáticas (Rezende *et al.*, 2018).

As mudanças no uso e ocupação do solo, aliadas ao desmatamento e a expansão das cidades, são algumas das principais causas de fragmentação de habitat que, ao longo dos anos, reduziram a Mata Atlântica a pequenas áreas remanescentes. Muitos destes fragmentos estão inseridos em matrizes de áreas agrícolas (Mangueira *et al.*, 2021) ou de áreas urbanas (Ribeiro *et al.*, 2022).

No Brasil, um dos últimos grandes fragmentos de Mata Atlântica é a Reserva Biológica da Serra do Japi (Fig. 1). Inserida em uma matriz de urbanização, o local é considerado um dos maiores remanescentes de floresta atlântica do Estado de São Paulo

¹ “Hotspots” são áreas prioritárias para conservação da biodiversidade. Para ser considerado um hotspot, uma determinada área deve possuir, pelo menos, 1.500 espécies de plantas endêmicas e ter perdido cerca de 70% ou mais de sua cobertura vegetal original (Myers *et al.*, 2000).

e uma das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no domínio da Mata Atlântica brasileira (Guidetti *et al.*, 2021; Galhardi; Ballerini, 2025). Devido a sua topografia, a Serra do Japi possui áreas de vegetação primária com alto grau de preservação (Morellato, 1992).

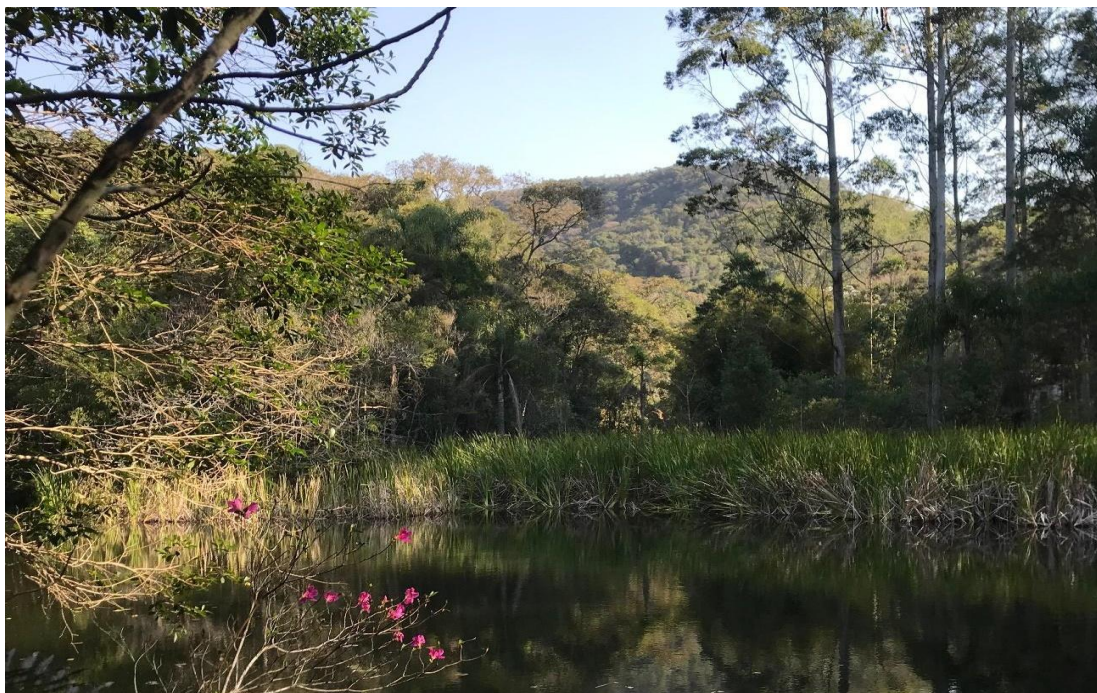


Figura 1. Reserva Biológica da Serra do Japi, no município de Jundiaí, Estado de São Paulo, Brasil.

Mesmo estando em uma região altamente urbanizada e com um longo histórico de pressões antrópicas, a Serra do Japi possui um alto nível de riqueza de espécies, com cerca de 976 espécies de plantas (Lombardi *et al.*, 2012) e diversos outros estudos de fauna e flora são realizados no local, reforçando a importância para a conservação das espécies que ocorrem na área.

Apesar da notável importância para a conservação da Mata Atlântica, a Serra do Japi está exposta a intervenções antrópicas e impactos diretos à biodiversidade, assim como outros remanescentes de mata inseridos em centros urbanos (Pansarin; Pansarin, 2008). Como consequência da destruição de habitats e das mudanças climáticas, a perda de espécies em todo o Brasil e no mundo é uma realidade cada vez mais preocupante. No entanto, é válido salientar que a diminuição da biodiversidade é, também, uma crescente ameaça às redes de interações ecológicas e aos serviços ecossistêmicos (Valiente-Banuet *et al.*, 2015).

Para entender estes impactos, o estudo da entomofauna é imprescindível, visto que os insetos são bem distribuídos nos ambientes e ocupam diferentes nichos ecológicos, sendo um grupo de grande importância como indicadores de mudanças nas condições ambientais (Kremen *et al.*, 1993; Lattin, 1996). Dentre os insetos, a ordem Lepidoptera se destaca como um grupo-bandeira para a conservação da biodiversidade (New, 1997).

1.2 Ordem Lepidoptera

Lepidoptera é uma Ordem de insetos bastante conhecida, representada pelas borboletas, as mariposas e suas formas imaturas: as lagartas (larvas). Os membros desta Ordem são facilmente identificados e são fortemente associados à presença da vegetação, pois suas larvas são majoritariamente herbívoras e determinadas espécies são pragas significativas de plantas (Chapman; Simpson; Douglas, 2013). Representam um dos mais importantes grupos de insetos, com larvas altamente desfolhadoras (New, 2014).

É uma ordem monofilética (Kristensen; Scoble; Karsholt, 2007; Mitter; Davis; Cummings, 2017) e inclui 160.000 espécies descritas, sendo uma das maiores entre os insetos (Kawahara *et al.*, 2019); a diversidade da ordem pode ser atribuída à diversificação evolutiva de espécies de Angiospermas (Powell; Opler, 2009). Por este motivo, os Lepidoptera apresentam forte dependência das Angiospermas (Powell; Opler, 2009), visto que muitos adultos utilizam o néctar produzido por flores para alimentação e realizam polinização. Os estágios imaturos são predominantemente herbívoros e podem explorar qualquer parte de uma planta (New, 2014).

A ordem possui cerca de 124 famílias, dentre as quais se pode destacar a família Geometridae, a segunda família mais rica em espécies (Carneiro *et al.*, 2024). Os Geometridae são mariposas de distribuição cosmopolita, que variam de tamanho pequeno a grande, geralmente apresentando tamanho moderado (envergadura de aproximadamente 15 a 40 mm) e coloração críptica; na fase imatura, muitas espécies são polífagas e desfolhadoras de várias espécies de plantas, sendo este um dos aspectos de maior importância ecológica do grupo, além da polinização durante a fase adulta (Ramos-González; Zamora-Manzur; Parra, 2024).

1.3 Família Geometridae

Os Geometridae são uma das famílias mais especiosas da ordem Lepidoptera, com aproximadamente 23.000 espécies descritas (Sihvonen *et al.*, 2011). A região Neotropical apresenta o maior número de espécies descritas de Geometridae, com cerca de 6.400 (Scoble; Gaston; Crook, 1995). O catálogo de Scoble (1999), que avalia a fauna de Geometridae em todas as regiões zoogeográficas, é uma publicação de suma importância para estudos envolvendo a família.

O caráter básico dos Geometridae, em estágios adultos, se trata de um par de órgãos timpânicos que difere das demais famílias de Lepidoptera. Devido à presença dessas estruturas, a família Geometridae é considerada monofilética (Carneiro *et al.*, 2024). Diferente da maioria dos imaturos em outras famílias de Lepidoptera, as larvas de Geometridae possuem pernas abdominais apenas nos segmentos 6 e 10 (Carneiro *et al.*, 2024), o que caracteriza o tipo de locomoção denominada de “mede-palmos” (Fig. 2), devido à ausência de patas abdominais nos segmentos anteriores.



Figura 2. Larva de Geometridae, *Phrygionis privignaria* (Guenée, [1858]), e seu característico tipo de locomoção (mede-palmos).

Uma parte significativa das espécies de Geometridae faz parte da subfamília Ennominae, possuindo cerca de 3.400 espécies e 267 gêneros, com alta representatividade para a região neotropical (Pitkin, 2002). A tribo Palyadini está entre os grupos componentes de Ennominae e é exclusiva da região Neotropical, tendo como principal característica, nos adultos, a ausência de frênuo e retináculo, estruturas que permitem o acoplamento das asas (Scoble, 1994). São conhecidos seis gêneros que fazem parte desta tribo: *Palyas* Guenée, 1857, *Phrygionis* Hübner, [1825], *Pityjeja* Walker, 1861, *Argyrotome* Warren, 1894 e *Opisthoxia* Hübner, [1825] (Scoble, 1999; Pitkin, 2002) e *Ophthalmoblysis* Scoble, 1995 (Scoble, 1995).

Os estágios imaturos de Palyadini são pouco estudados e caracterizam uma lacuna no conhecimento dos Geometridae, especialmente no que tange aos seus aspectos ecológicos (Rodrigues, 2023). No entanto, registros indicam que imaturos desta tribo são fortemente associados a uma família de plantas: as Primulaceae (anteriormente Myrsinaceae) (Brehm, 2002).

1.4 Família Primulaceae e o gênero *Myrsine*

Primulaceae inclui atualmente a subfamília Myrsinoideae, antes considerada como família Myrsinaceae (Freitas; Carrijo; Tuna, 2017), sendo esta última denominação encontrada em referências anteriores sobre plantas hospedeiras de alguns Lepidoptera. No Brasil, Primulaceae é representada por 12 gêneros, destacando-se o gênero *Myrsine*, que possui 23 espécies, sendo um táxon com grande potencial para planos de restauração de áreas degradadas (Freitas; Kinoshita, 2015; Zimmerman, 2022).

Dentre as espécies do gênero, *Myrsine umbellata* Mart. é a espécie com distribuição mais ampla no Brasil, ocorrendo em diversos tipos de habitats, desde ambientes em regeneração até áreas de clímax, e é reconhecida por sua elevada capacidade de produção de frutos atrativos para aves (Spadeto *et al.*, 2021; Zimmerman, 2022). Devido a estas características, *M. umbellata* vem sendo utilizada em programas de reflorestamento no país (Spadeto *et al.*, 2021). Uma outra espécie do gênero, bastante similar a *M. umbellata*, é *Myrsine gardneriana* A. DC., que possui distribuição restrita a formações florestais, com ocorrência em ambientes de altitude ou próximos a áreas úmidas; a principal diferença entre as duas espécies está no tamanho das folhas e pedicelos das flores (que são menores em *M. gardneriana*), e na cor dos pecíolos (que em *M. umbellata* são alvo-esverdeados) (Fig. 3) (Freitas; Kinoshita, 2015).

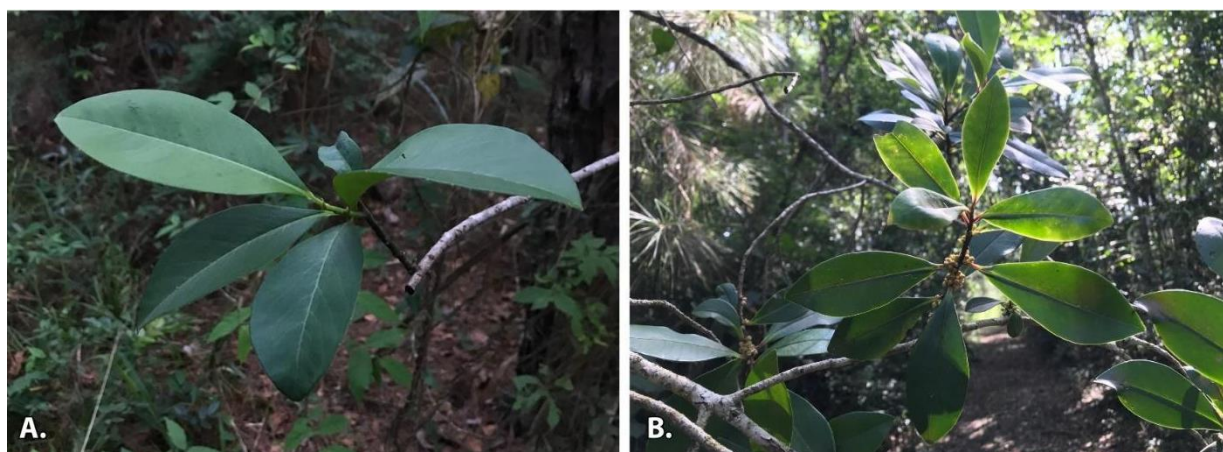


Figura 3. Espécies de Primulaceae que ocorrem no Brasil: *Myrsine umbellata* Mart. (A) e *Myrsine gardneriana* A. DC. (B).

Espécies de Primulaceae foram registradas como hospedeiras de alguns Lepidoptera na Costa Rica, com maior ênfase para as larvas da tribo Palyadini (Janzen; Hallwachs, 2021). Com base em registros, os Palyadini representam uma possível exceção ao hábito alimentar polífago presente em outras tribos de Ennominae, visto que registros de plantas hospedeiras de espécies de Palyadini estão principalmente restritos a espécies de Primulaceae (Brehm, 2002). Em contrapartida, uma espécie não identificada do gênero *Ophthalmoblysis* foi registrada pela primeira vez utilizando *Connarus* sp. (Connaraceae) como planta hospedeira, indicando que espécies deste gênero podem se desviar do padrão alimentar observado nos demais gêneros de Palyadini (Scoble, 1995; Brehm, 2002).

No Brasil, os dados também reforçam a oligofagia² de alguns Palyadini. O estudo de Barros (2007) avaliou a fauna de Geometridae associados a *Myrsine umbellata* (anteriormente denominada de “*Rapanea umbellata*”) em áreas de cerrado, encontrando alguns Palyadini associados a esta espécie, resultados consistentes com os achados de Rodrigues (2023). Diniz, Morais e Camargo (2001) também registraram espécies de Palyadini associados a Primulaceae. O estudo de Abreu (2014), com várias plantas

² Oligofagia, assim como monofagia e polifagia, é um termo referente ao nível de especificidade do hábito alimentar de um táxon. Se tratando de insetos herbívoros, os insetos oligófagos são aqueles que se alimentam de espécies de plantas pertencentes a dois ou mais gêneros dentro de uma família. Monófagos são restritos a se alimentarem de 1 ou mais espécies dentro de um gênero e polípagos se alimentam de inúmeras espécies indiscriminadamente (Cates, 1980).

hospedeiras de Geometridae amostradas em área de mata atlântica, registrou 3 espécies de Palyadini associadas à *Myrsine umbellata*. Estes registros sugerem a estreita relação dos Palyadini com plantas da família Primulaceae, caracterizando um hábito alimentar oligófago para a maioria das espécies desta tribo. Assim, considerando a ampla distribuição do gênero *Myrsine*, e a frequência de larvas especialistas associadas, é válido dizer que as plantas deste gênero podem ser utilizadas como modelos ecológicos para estudos com interações envolvendo níveis tróficos superiores, incluindo interações com inimigos naturais, como os parasitoides.

1.5 Interações Tritróficas: planta, hospedeiro e parasitoide

Interações tritróficas são relações ecológicas que envolvem três níveis tróficos: autótrofos, herbívoros e seus inimigos naturais, que podem ser predadores ou parasitoides³. Estas interações são partes essenciais dos ecossistemas e fornecem informações importantes sobre o funcionamento das relações em comunidades (Turlings; Erb, 2018; Abdala-Roberts *et al.*, 2019). Em ecossistemas terrestres, as interações planta-hospedeiro-parasitoide são um exemplo de interação tritrófica, e envolvem uma complexa rede de variáveis químicas (*e.g.* qualidade da planta, voláteis produzidos, etc.) e físicas (variações na morfologia dos indivíduos, mudanças no espaço físico, entre outros aspectos), de modo que os níveis tróficos envolvidos são altamente especializados e interdependentes (De Moraes; Lewis; Tumlinson, 2000).

Em teias tróficas terrestres, os insetos herbívoros desempenham um papel fundamental ao transformarem a biomassa de plantas em detritos, facilitando a ciclo de nutrientes no solo, além de atuarem, em alguns casos, na regulação populacional de suas plantas hospedeiras (Yang; Graton, 2014; Myers; Sarfraz, 2017). Por meio da ciclagem de detritos deixados pelos herbívoros, a liberação de nutrientes no solo pode, inclusive, aumentar a disponibilidade de compostos utilizados durante o desenvolvimento das

³ Parasitoides são insetos holometábolos, cujos estágios imaturos se alimentam dos tecidos internos de outros artrópodes (hospedeiros) e, conseqüentemente, causam a morte do organismo hospedeiro ao final do ciclo. Os parasitoides são, predominantemente, insetos da ordem Hymenoptera (pertencentes às superfamílias Ichneumonoidea, Chalcidoidea Cynipoidea, entre outras); mas, alguns podem ser da ordem Diptera (mais especificamente, da família Tachinidae) (Hare; Weseloh, 2009).

plantas e influenciar positivamente as taxas de *fitness*⁴ de diversas espécies (Belovsky; Slade, 2000).

As plantas respondem a pressão da herbivoria por meio da liberação de compostos secundários que atuam na atração de inimigos naturais para regulação populacional dos herbívoros (Turlings; Erb, 2018). De Moraes e colaboradores (1998) observaram que plantas podem liberar diferentes compostos voláteis em resposta ao dano de diferentes espécies de herbívoros, e que os seus inimigos naturais são capazes de identificar estes compostos e localizar seus eventuais hospedeiros. Os voláteis produzidos, especialmente os terpenoides⁵ (Turlings; Erb, 2018), podem indicar a ocorrência de herbivoria e representam sinais químicos essenciais para que os inimigos naturais possam gerar uma resposta aos herbívoros (Paré; Tumlinson, 1997; Holtz *et al.*, 2004).

A resposta gerada pelos inimigos naturais é a regulação populacional de seus hospedeiros, ou seja, o controle biológico. Devido a estas características, os inimigos naturais são organismos de grande importância para a manutenção da estabilidade dos ecossistemas (Shameer, Hardy, 2024), e também são amplamente utilizados em programas de controle biológico de pragas (Parra, 2014). Atualmente, o Brasil se destaca como um dos países que mais utilizam controle biológico para regulação das populações de insetos-praga em culturas de interesse econômico (Parra, 2023).

Uma abordagem atual do Controle Biológico, pautada principalmente na sustentabilidade, engloba conceitos da Ecologia da Conservação e do Manejo Integrado de Pragas, chamada de “Controle Biológico Conservativo” (Begg *et al.*, 2017). Em ecossistemas terrestres, a manutenção das interações inseto-planta necessita que as comunidades de plantas forneçam diversos recursos alimentares para os organismos, além de proporcionar microhabitats apropriados para a artropodofauna associada (Gardarin *et al.*, 2018). Para que isso seja possível, é primordial mitigar impactos causados por ações antrópicas (*e.g.* agricultura extensiva), contribuindo para a redução de perturbações

⁴ “*Fitness*” pode ser definido como a relação entre o sucesso reprodutivo e a taxa de sobrevivência de uma espécie no ambiente, ou seja, a habilidade dos indivíduos de uma espécie em passar seus genes para as próximas gerações e perdurarem no espaço e no tempo (Wadgymar *et al.*, 2024).

⁵ Terpenoides são uma classe de compostos orgânicos encontrados em plantas, podendo ser monoterpênicos, diterpenoides, sesquiterpenoides, entre outros. Estes compostos possuem diversas funções fisiológicas e permitem que a planta possa responder a fatores bióticos e abióticos do ambiente (Gutensohn; Dudareva, 2016).

ambientais, conseqüentemente, conservando os inimigos naturais que irão agir sobre as populações de insetos-praga naturalmente (Begg *et al.*, 2017; Vargas *et al.*, 2022).

Uma única espécie de planta pode sustentar uma complexa comunidade de polinizadores, herbívoros e predadores (ou parasitoides), e sua perda pode afetar a rede de interações entre os organismos associados. Em um estudo com pulgões e seus parasitoides, Petermann e colaboradores (2010) verificaram que as mudanças na riqueza do nível trófico inferior impactaram diretamente a estrutura dos níveis tróficos superiores. Estudar estas interações promove a compreensão sobre processos evolutivos e possibilita estabelecer relações entre os níveis de organização trófica, permitindo inúmeras aplicações ecológicas (Abdala-Roberts *et al.*, 2019). Ademais, é importante ressaltar que o estudo de interações tritróficas, em alguns casos, possibilita a descoberta de novas espécies e associações precisas entre os níveis tróficos.

Em um estudo sobre parasitoides de larvas de Geometridae (Lepidoptera) associados a plantas de Mata Atlântica, Abreu e colaboradores (2014) descreveram uma nova espécie do gênero *Aleiodes* (Hymenoptera, Braconidae). Rodrigues, Penteado-Dias e Dias (2023), avaliando a fauna de Geometridae e seus parasitoides associados a Primulaceae, em áreas de cerrado, descreveram uma nova espécie do gênero *Distatrix* (Hymenoptera, Braconidae). Assim, pode-se dizer que estudos sobre redes de interações se configuram como importantes instrumentos para o conhecimento e a conservação da biodiversidade (Valiente-Banuet *et al.*, 2015; Theodorou, 2022).

1.6 Parasitoides de Lepidoptera: principais grupos

1.6.1 Hymenoptera parasitoides

A ordem Hymenoptera é um grupo de insetos holometábolos terrestres, que inclui animais popularmente conhecidos como vespas, abelhas e formigas, possuindo cerca de 150 mil espécies descritas mundialmente (Aguiar *et al.*, 2013; Melo; Molin, 2024). É uma ordem muito rica em espécies, e sua riqueza é atribuída, principalmente, à especialização das vespas parasitoides, com estimativas que podem chegar a superar Coleoptera em riqueza de espécies (Forbes *et al.*, 2018). Dentre as principais superfamílias de vespas parasitoides na ordem, Ichneumonoidea se destaca como um dos grupos mais especiosos, com cerca de 48 mil espécies descritas (Polaszek; Vilhemsén, 2023).

Fazem parte da superfamília Ichneumonoidea as famílias Braconidae e Ichneumonidae, cuja distinção é, na maioria das vezes, baseada na veia transversal 2m-cu da asa anterior, geralmente ausente em Braconidae e presente em Ichneumonidae; e na veia Rs+M, ausente em Ichneumonidae e presente em muitas espécies de Braconidae (Melo; Molin, 2024). Ichneumonidae é a família mais especiosa na ordem Hymenoptera (Polaszek; Vilhemsen, 2023), e juntamente com Braconidae, são excelentes agentes de controle biológico de espécies de Lepidoptera. Em Braconidae, além do hábito parasitoide presente na maioria das espécies, há também espécies fitófagas, como as espécies pertencentes ao gênero *Allorhogas* (Doryctinae) (Joele; Zaldívar-Riverón; Penteado-Dias, 2021). Além de Doryctinae, há registros de fitofagia em espécies de Mesostoinae (Melo; Molin, 2024).

Além de Ichneumonoidea, a superfamília Chalcidoidea também apresenta uma alta riqueza de espécies dentro de Hymenoptera, com cerca de 27 mil espécies descritas e distribuídas em 27 famílias (Cruaud *et al.*, 2024). São vespas de tamanho diminuto, com venação reduzida e de hábito majoritariamente parasitoide, apresentando a maior diversidade morfológica dentre as demais superfamílias (Melo; Molin, 2024). Devido a tamanha diversidade, são considerados como um dos mais notáveis grupos de importância para o controle biológico (Sureshan; Kumar, 2023).

1.6.2 Diptera parasitoides

Os Diptera são um grupo de insetos holometábolos, terrestres, aquáticos ou semiaquáticos, que inclui insetos popularmente conhecidos como moscas ou mosquitos (Carvalho *et al.*, 2024), e apresentam quase 160 mil espécies descritas globalmente (Rafael *et al.*, 2024). Além dos Hymenoptera, cerca de 24 famílias de Diptera possuem espécies com hábito parasitoide (Skevington; Dang, 2002). Destes, um dos grupos de destaque é a família Tachinidae.

A família Tachinidae é uma das maiores famílias de Diptera em termos de espécies, com mais de 8.500 espécies descritas (O'hara; Henderson; Wood, 2020), possuindo como principal característica a presença de um subescutelo muito desenvolvido (Carvalho *et al.*, 2024). Os principais hospedeiros dos Tachinidae são Lepidoptera e Coleoptera (Skevington; Dang, 2002).

1.7 Variação temporal em sistemas tritróficos

A sazonalidade é um fator muito importante para a formação da estrutura da comunidade de insetos fitófagos, uma vez que fatores temporais podem induzir mudanças na qualidade e quantidade de alimento que espécies vegetais podem proporcionar aos herbívoros (Araujo; Santos, 2009; Whitfield *et al.*, 2012). Diversos estudos verificam a flutuação sazonal das assembleias de estágios adultos de Lepidoptera, embora os padrões de distribuição temporal das espécies (e, especialmente, de estágios imaturos) não sejam bem conhecidos para algumas regiões, especialmente para as florestas tropicais brasileiras, como a floresta atlântica (Cosmo *et al.*, 2019).

O estudo de Brehm e Fiedler (2003) avaliou a influência da altitude nas assembleias de Lepidoptera (com ênfase em Geometridae) nos Andes, demonstrando que táxons especialistas, como os Palyadini, são altamente sensíveis às variações no ambiente em decorrência da presença ou ausência (ou mesmo qualidade) de suas plantas hospedeiras nas diferentes escalas espaciais. No entanto, dados sobre a influência da variação temporal nos imaturos de Lepidoptera são escassos e se configuram como uma lacuna de conhecimento, especialmente em florestas tropicais como a Mata Atlântica (Cosmo *et al.*, 2019), considerando, também, que organismos especialistas tendem a ser mais afetados por mudanças nas condições ambientais em comparação aos generalistas (Gough *et al.*, 2015; Thomsen *et al.*, 2016).

A pressão dos inimigos naturais também pode ser um fator determinante na sazonalidade de algumas espécies de insetos, limitando os picos de abundância de estágios imaturos aos períodos com baixa atividade de predadores e/ou parasitoides (Hopkins; Memmott, 2003). No Brasil, os únicos estudos publicados com imaturos de Lepidoptera em áreas de Mata Atlântica envolvem as plantas da família Piperaceae, e sugerem que os parasitoides desempenham um papel fundamental na regulação e flutuação populacional das larvas de Lepidoptera ao longo do tempo através do efeito *top-down*, com maior pressão na época seca, acompanhando os picos de abundância dos imaturos (Cosmo *et al.*, 2019; Machado *et al.*, 2022). Todavia, estudos realizados em Cerrado, com diversas plantas hospedeiras, demonstram um padrão oposto, com maior presença de parasitoides em época chuvosa e picos de imaturos em épocas de seca (Morais; Diniz; Silva, 1999; Marquis; Moraes; Diniz, 2003), demonstrando um padrão

enigmático entre as florestas tropicais brasileiras. Assim, mais estudos são necessários para compreender estes padrões, particularmente para a Mata Atlântica.

A variação na qualidade e produção de recursos pelas plantas-hospedeiras influencia o ciclo biológico de larvas fitófagas e pode regular a exposição de herbívoros aos parasitoides (Benrey; Denno, 1997), sendo mediada por fatores abióticos como a precipitação, especialmente em áreas úmidas (Connahs *et al.*, 2011). Deste modo, é possível que a dinâmica tritrófica envolvendo as Primulaceae, os Lepidoptera associados e seus parasitoides também seja afetada por mudanças na precipitação ao longo do tempo, influenciando os efeitos *bottom-up* e *top-down* neste sistema.

Os estudos sobre a distribuição temporal de espécies oferecem informações essenciais para subsidiar planos de manejo e conservação (Araújo, 2013), além de ampliar o conhecimento acerca da distribuição temporal dos Lepidoptera em florestas tropicais. Assim, o presente trabalho busca responder a seguinte pergunta: como as variações no regime de chuvas modificam a estrutura da comunidade de imaturos de Lepidoptera associados a espécies de *Myrsine* (Primulaceae) e suas interações com parasitoides em uma área de floresta atlântica no Brasil?

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a estrutura de comunidade dos imaturos de Lepidoptera associadas ao gênero *Myrsine* L. (Primulaceae) e suas interações com parasitoides em diferentes períodos temporais, na Reserva Biológica da Serra do Japi.

2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar a fauna de parasitoides (Diptera e Hymenoptera) associados aos imaturos;
2. Descrever aspectos ecológicos dos Lepidoptera e parasitoides associados.

3. Hipótese

É sabido que as variações na precipitação afetam principalmente a disponibilidade de recurso para os insetos, provocando flutuações temporais que diferem entre grupos taxonômicos. Para os Lepidoptera e seus parasitoides, são esperadas interações mais expressivas durante os períodos mais secos. Assim, propomos a hipótese de que as mudanças no regime de chuvas afetam a estrutura de comunidades dos imaturos de Lepidoptera associados a plantas do gênero *Myrsine*, incluindo interações com parasitoides, na área de estudo. Especificamente, são esperadas:

1. Mudanças na riqueza, diversidade e composição dos Lepidoptera entre as estações de pré-seca e seca;
2. Variação da proporção de parasitismo entre as estações de pré-seca e seca, com maior pressão na época seca.

4. Estrutura da dissertação

Para uma melhor apresentação dos resultados obtidos, a presente dissertação foi dividida em dois capítulos interligados, mas com propósitos distintos. O primeiro capítulo é intitulado “Variação temporal e aspectos ecológicos de imaturos de Lepidoptera associados a *Myrsine* L. (Primulaceae) em área de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil”, cujo tema diz respeito à pergunta e hipótese central deste estudo. Neste capítulo, dados ecológicos são apresentados para o sistema tritrófico estudado.

O segundo capítulo, intitulado “Nova espécie de *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) do Brasil, com notas biológicas”, apresenta a descrição de uma nova espécie do gênero *Colpotrochia* para a fauna brasileira, cujo espécime foi obtido através da coleta e criação de imaturos, abordada no capítulo 1. São apresentados dados biológicos e taxonômicos inéditos para o gênero.

5. Referências bibliográficas

ABDALA-ROBERTS, L. *et al.* Tri-trophic interactions: bridging species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, v. 22, n. 12, p. 2151–2167, dez. 2019.

ABREU, C. I. V. **Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados a plantas de mata atlântica na reserva biológica da Serra do Japi, Jundiá, SP.** 2014.

97 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2014.

ABREU, C. I. V. *et al.* A new species of *Aleiodes* (Hymenoptera, Braconidae, Rogadinae) from Brazil, with biological notes. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 104, n. 1, p. 113–117, mar. 2014.

AGUIAR, A. P. *et al.* Order Hymenoptera. In: Zhang, Z. Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness. **Zootaxa**, v. 3703, n. 1, p. 51, 30 ago. 2013.

ARAÚJO, W. S. De; SANTOS, B. B. Dos. Efeitos da sazonalidade e do tamanho da planta hospedeira na abundância de galhas de Cecidomyiidae (Diptera) em *Piper arboreum* (Piperaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 300–303, jun. 2009.

ARAÚJO, W. A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 1, p. 1–7, jul. 2013.

BARROS, L. T. E. **Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados a *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez, 1902 (Myrsinaceae) na região de São Carlos, SP.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

BEGG, G. S. *et al.* A functional overview of conservation biological control. **Crop Protection**, v. 97, p. 145–158, jul. 2017.

BELOVSKY, G. E.; SLADE, J. B. Insect herbivory accelerates nutrient cycling and increases plant production. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 26, p. 14412–14417, 19 dez. 2000.

BENREY, B.; DENNO, R. F. The Slow-Growth--High-Mortality Hypothesis: A Test Using the Cabbage Butterfly. **Ecology**, v. 78, n. 4, p. 987, jun. 1997.

BREHM, G. **Diversity of geometrid moths in a montane rainforest in Ecuador.** Doctoral thesis, University of Bayreuth, Faculty of Biology, Chemistry and Earth Sciences. 2002.

BREHM, G.; FIEDLER, K. Faunal composition of geometrid moths changes with altitude in an Andean montane rain forest. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 3, p. 431–440, mar. 2003.

CARNEIRO, E. *et al.* Lepidoptera Linnaeus, 1758. In: Rafael *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [S.l.]: Editora INPA, p. 710–766. 2024.

CARVALHO, C. J. B. De *et al.* Diptera Linnaeus, 1758. In: Rafael *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [S.l.]: Editora INPA, p. 783–831. 2024.

CATES, R. G. Feeding patterns of monophagous, oligophagous, and polyphagous insect herbivores: The effect of resource abundance and plant chemistry. **Oecologia**, v. 46, n. 1, p. 22–31, jul. 1980.

CHAPMAN, R. F.; SIMPSON, S. J.; DOUGLAS, A. E. **The insects: structure and function**. Fifth edition ed. New York: Cambridge University Press, 2013.

- CONNAHS, H. *et al.* Caterpillar abundance and parasitism in a seasonally dry versus wet tropical forest of Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v. 27, n. 1, p. 51–58, jan. 2011.
- COSMO, L. G. *et al.* Temporal distribution in a tri-trophic system associated with *Piper amalago* L. in a tropical seasonal forest. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 4, p. 647–652, ago. 2019.
- CRUAUD, A. *et al.* The Chalcidoidea bush of life: evolutionary history of a massive radiation of minute wasps. **Cladistics**, v. 40, n. 1, p. 34–63, fev. 2024.
- DE MORAES, C. M. *et al.* Herbivore infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, p. 570-573. 1998.
- DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Examining plant-parasitoid interactions in tritrophic systems. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 2, p. 189–203, jun. 2000.
- DINIZ, I.; MORAIS, H. C.; CAMARGO, A. J. A. Host plants of lepidopteran caterpillars in the cerrado of the Distrito Federal, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 45, n. 2, p. 107-122. 2001.
- FORBES, A. A. *et al.* Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. **BMC Ecology**, v. 18, n. 1, dez. 2018.
- FREITAS, M. De F.; CARRIJO, T. T.; LUNA, B. N. De. Sinopse dos gêneros de Primulaceae no Brasil. **Rodriguésia**, v. 68, n. 1, p. 129–142, mar. 2017.
- FREITAS, M. De F.; KINOSHITA, L. S. Myrsine (Myrsinoideae- Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 167–189, mar. 2015.
- GALHARDI, A. C.; BALLERINI, A. P. Harmonizing Conservation and Tourism: Sustainable Management Approaches for Serra do Japi, São Paulo. **International Journal of Scientific Management and Tourism**, v. 10, n. 6, p. e1245, 6 jan. 2025.
- GARDARIN, A. *et al.* Understanding plant–arthropod interactions in multitrophic communities to improve conservation biological control: useful traits and metrics. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 3, p. 943–955, jun. 2018.
- GRELLE, C. E. V. *et al.* Conservation Initiatives in the Brazilian Atlantic Forest. *In*: MARQUES, M. C. M; GRELLE, C. E. V. **The Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, p. 421–449. 2021.
- GOUGH, L. A. *et al.* Specialists in ancient trees are more affected by climate than generalists. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 23, p. 5632–5641, dez. 2015.
- GUIDETTI, E. B. *et al.* Gastrotrichs and tardigrades in a remnant of Atlantic Forest (Serra do Japi, SP, Brazil). **Biota Neotropica**, v. 21, n. 2, 2021.
- GUTENSOHN, M.; DUDAREVA, N. Tomato Fruits-A Platform for Metabolic Engineering of Terpenes. **Methods Enzymol.** 2016;576:333-59. doi: 10.1016/bs.mie.2016.03.012. Epub, PMID: 27480692. Abr, 2016.
- HARE, J. D.; WESELOH, R. M. Host Seeking, by Parasitoids. *In*: RESH, V. H.; CARDÉ, R. T. (Eds.). **Encyclopedia of Insects**. [S.l.]: Elsevier, p. 463–466. 2009.

- HOLTZ, A. M. *et al.* Ação de plantas por meio de infoquímicos sobre o segundo e terceiro níveis tróficos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 53–60. 2004.
- HOPKINS, G. W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, v. 28, n. 6, p. 687–693, dez. 2003.
- JANZEN, D.H.; HALLWACHS, W. 2021. **Caterpillars, pupae, butterflies and moths of the ACG**. URL: <http://janzen.sas.upenn.edu/>
- JOELE, F. R.; ZALDÍVAR-RIVERÓN, A.; PENTEADO-DIAS, A. M. Six new species of Allorhogas (Hymenoptera, Braconidae, Doryctinae) from south and southeast Brazil with host-plant record. **Journal of Hymenoptera Research**, v. 82, p. 199–220, 29 abr. 2021.
- KAWAHARA, A. Y. *et al.* Phylogenomics reveals the evolutionary timing and pattern of butterflies and moths. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 45, p. 22657–22663, 5 nov. 2019.
- KREMEN, C. *et al.* Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. **Conservation Biology**, v. 7, n. 4, p. 796–808, dez. 1993.
- KRISTENSEN, N. P.; SCOBLE, M. J.; KARSHOLT, O. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. **Zootaxa**, v. 1668, n. 1, 21 dez. 2007.
- LATTIN, J. D. Saving Insects: A Crisis Science Insect Conservation Biology Michael J. Samways. **BioScience**, v. 46, n. 3, p. 212–213, mar. 1996.
- LOESSER, F. 1952. **The Inchworm**. Frank Music Corp. Disponível em: <https://frankloesser.com/library/inch-worm-the/>
- LOMBARDI, J. A. *et al.* Vascular flora of Serra do Japi Biological Reserve, Jundiá, southeastern Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 333–340, jun. 2012.
- MACHADO, P. A. *et al.* Temporal Distribution of Eois Immatures (Lepidoptera, Geometridae) in a Tropical Forest. **The Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 76, n. 4, 22 nov. 2022.
- MANGUEIRA, J. R. S. A. *et al.* Plant diversity conservation in highly deforested landscapes of the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 1, p. 69–80, jan. 2021.
- MARQUES, M. C. M. *et al.* The Atlantic Forest: An Introduction to the Megadiverse Forest of South America. In: MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. **The Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, p. 3–23. 2021.
- MARQUIS, R. J.; MORAIS, H.; DINIZ, I. R. Interactions among Cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In: **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**, p. 306–328, 2003.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.
- MELO, G. A. R.; MOLIN, A. Dal. Hymenoptera Linnaeus, 1758. In: Rafael *et al.* **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [S.l.]: Editora INPA, p. 484–545. 2024.

- MITTER, C.; DAVIS, D. R.; CUMMINGS, M. P. Phylogeny and Evolution of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 62, n. 1, p. 265–283, 31 jan. 2017.
- MITTERMEIER, R. A. *et al.* Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. *In*: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. **Biodiversity Hotspots**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 3–22. 2011.
- MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R.; SILVA, D. M. S. Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. **Revista de Biología Tropical** [online], vol.47, n.4, pp.1025-1033. 1999
- MORELLATO, L. P. C. **História natural da Serra do Japi**: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, 321p. 1992.
- MYERS, J. H.; SARFRAZ, R. M. Impacts of Insect Herbivores on Plant Populations. **Annual Review of Entomology**, v. 62, n. 1, p. 207–230, 31 jan. 2017.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000.
- NEW, T. R. Are Lepidoptera an effective ‘umbrella group’ for biodiversity conservation? **Journal of Insect Conservation**, v. 1, n. 1, p. 5–12, mar. 1997.
- NEW, T. R. **Lepidoptera and conservation**. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc, 2014.
- O’HARA, J. E.; HENDERSON, S. J.; WOOD, D.M. **Preliminary checklist of the Tachinidae (Diptera) of the world**. Version 2.1. PDF document, 1039 pp. 2020.
- PANSARIN, E. R.; PANSARIN, L. M. A família Orchidaceae na Serra do Japi, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 99–111, jan. 2008.
- PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Induced synthesis of plant volatiles. **Nature**, v. 385, p. 30-31. 1997.
- PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420–429, out. 2014.
- PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. **Scientia Agricola**, v. 80, 2023.
- PETERMANN, J. S. *et al.* Effect of plant species loss on aphid–parasitoid communities. **Journal of Animal Ecology**, v. 79, n. 3, p. 709–720, maio 2010.
- 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, jun. 2002.
- POLASZEK, A.; VILHEMSEN, L. Biodiversity of hymenopteran parasitoids. **Current Opinion in Insect Science**, v. 56, p. 101026, abr. 2023.
- POWELL, J. A.; OPLER, P. A. **Moths of Western North America**. Berkeley (Calif.): University of California press, 2009.

- RAFAEL, J. A. *et al.* A diversidade de insetos no Brasil. *In*: RAFAEL, J. A. *et al.* (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [S.l.]: Editora INPA, p. 10–12, 2024.
- RAMOS-GONZÁLEZ, M. I.; ZAMORA-MANZUR, C.; PARRA, L. E. An overview of geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) in the Andean Region s.l.: A systematic review. **Gayana (Concepción)**, v. 88, n. 1, p. 111–133, jun. 2024.
- REZENDE, C. L. *et al.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, out. 2018.
- RIBEIRO, M. P.; DE MELLO, K.; VALENTE, R. A. How can forest fragments support protected areas connectivity in an urban landscape in Brazil? **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 74, p. 127683, ago. 2022.
- RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, jun. 2009.
- RODRIGUES, E. M. **Estágios imaturos de Palyadini (Lepidoptera, Geometridae) e seus parasitoides associados a Myrsine umbellata Mart. (Primulaceae) em áreas de Cerrado em São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.
- RODRIGUES, E. M.; PENTEADO-DIAS, A. M.; DIAS, M. M. New Species of *Distatrix* Mason, 1981 (Hymenoptera: Braconidae) from Brazil, with biological notes. **Zootaxa**, v. 5285, n. 2, p. 389–396, 16 maio 2023.
- SCOBLE, M. J. A review of the moth tribe Palyadini with the description of a new genus (Geometridae: Ennominae). **Systematic Entomology**, v. 20, n. 1, p. 35–58, jan. 1995.
- SCOBLE, M. J. A taxonomic revision of the genera *Phrygionis* Hübner and *Pityeja* Walker (Geometridae: Ennominae, Palyadini). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 111, n. 2, p. 99–160, jun. 1994.
- SCOBLE, M. J. **Geometrid moths of the world**: A Catalogue. 2 vol. 1.016 p. CSIRO Publishing. 1999.
- SCOBLE M. J.; GASTON, K. J.; CROOK, A. Using taxonomic data to estimate species richness in Geometridae. **Journal of the Lepidopterists' Society**, 49: 136-147, 1995.
- SHAMEER, K.; HARDY, I. C. Host–parasitoid trophic webs in complex agricultural systems. **Current Opinion in Insect Science**, v. 65, p. 101253, out. 2024.
- SIHVONEN, P. *et al.* Comprehensive Molecular Sampling Yields a Robust Phylogeny for Geometrid Moths (Lepidoptera: Geometridae). **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, p. e20356, 1 jun. 2011.
- SKEVINGTON, J. H.; DANG, P. T. Exploring the diversity of flies (Diptera). **Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 3–27, nov. 2002.
- SPADETO, M. S. *et al.* Assessing the genetic diversity of *Myrsine umbellata* (Primulaceae) in Brazilian Atlantic Forest remnants - an important step towards reforestation efforts. **Rodriguésia**, v. 72, 2021.

SURESHAN, P. M.; KUMAR, P. Chalcidoid Parasitoids. *In*: Omkar. **Parasitoids in Pest Management**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, p. 151–188. 2023.

THEODOROU, P. The effects of urbanisation on ecological interactions. **Current Opinion in Insect Science**, v. 52, p. 100922, ago. 2022.

THOMSEN, P. F. *et al.* Resource specialists lead local insect community turnover associated with temperature – analysis of an 18-year full-seasonal record of moths and beetles. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 1, p. 251–261, jan. 2016.

TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Tritrophic Interactions Mediated by Herbivore-Induced Plant Volatiles: Mechanisms, Ecological Relevance, and Application Potential. **Annual Review of Entomology**, v. 63, n. 1, p. 433–452, 7 jan. 2018.

VALIENTE-BANUET, A. *et al.* Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299–307, mar. 2015.

VARGAS, G. *et al.* Conservation Biological Control as an Important Tool in the Neotropical Region. **Neotropical Entomology**, v. 52, n. 2, p. 134–151, 30 nov. 2022.

WADGYMAR, S. M. *et al.* Defining Fitness in Evolutionary Ecology. **International Journal of Plant Sciences**, v. 185, n. 3, p. 218–227, 1 maio 2024.

WHITFELD, T. J. S. *et al.* Predicting tropical insect herbivore abundance from host plant traits and phylogeny. **Ecology**, v. 93, n. sp8, ago. 2012.

YANG, L. H.; GRATTON, C. Insects as drivers of ecosystem processes. **Current Opinion in Insect Science**, v. 2, p. 26–32, ago. 2014.

ZIMMERMANN, C. E. Frugivoria por aves em *Myrsine coriacea* (SW.) R.BR. EX ROEM. & SCHULT.) (Primulaceae) e seu uso potencial em projetos de restauração. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 10, 29 ago. 2022.

6. Capítulo 1. Variação temporal e aspectos ecológicos de imaturos de Lepidoptera associados a *Myrsine* L. (Primulaceae) em área de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil

Este trabalho será submetido ao *Neotropical Entomology*.

Title: “Temporal variation and ecological aspects of Immature Lepidoptera associated with *Myrsine* L. (Primulaceae) in an Atlantic Rainforest area in Southeast Brazil”

Abstract

Variation in rainfall plays an important role in the temporal distribution of immature Lepidoptera, affecting their interactions with host plants and natural enemies. However, more information is needed to establish ecological patterns since immature stages and their interactions over time remain poorly studied. This study aims to evaluate the temporal variation in community structure of immature Lepidoptera associated with *Myrsine* species (Primulaceae) and their ecological interactions with parasitoids in an Atlantic rainforest area in Southeast Brazil. From March to August 2024, larvae of Lepidoptera feeding on *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana* were collected using the active method of entomological umbrella, at Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil. The larvae were kept under laboratory conditions and daily observations were taken on the emergence of adult Lepidoptera or parasitoids. The analyses indicated higher richness and diversity for the dry months, but uniform abundance throughout the study period. Species composition differed between the seasons and parasitism proportion increased gradually from the early dry season to the dry season. It is suggested that sensitive species tend to decrease in abundance while resilient species colonize the host plants during drought. Also, high parasitism proportion might reflect an intense host-seeking during extreme conditions in order to maintain populations throughout the year, while immature lepidopteran peaks in the dry season might be an adaptation to resist parasitoid pressure. The results highlight the seasonal variability of this tri-trophic system and reinforce the importance of studies with immature stages of Lepidoptera for conservation efforts.

Keywords: Caterpillar. Parasitoids. Seasonality. Tritrophic interactions.

Introduction

Rainfall is one of the main drivers of insect seasonality, especially in tropical forests, affecting the structure of biological communities. Aspects such as abundance peaks, richness and species distribution over time are mostly related to rainfall and have been aim of ecological studies for years (Cosmo et al. 2019). Understanding these patterns is critical for conservation efforts (Satterfield et al. 2020), as climate change is a considerable threat for biodiversity (Omann et al. 2009), particularly for a highly threatened biome such as the Brazilian Atlantic Rainforest (Redenze et al. 2018).

In the atlantic rainforest, some of the studies regarding insect seasonality investigate the patterns of distribution of dung beetle fauna (Hernández and Vaz-de-Mello 2009; Cassenote et al. 2019), aquatic insects (Baptista et al. 2001; Alencar et al. 2016) and other insects such as butterflies (Lepidoptera) (Brown and Freitas 2000; Ribeiro et al. 2010). Although the Lepidoptera is considered as a very well-studied group in terms of spatial and temporal variation, most of the studies are concentrated in the adult stages, especially for butterflies (Ashe-Jepson et al. 2023), while the ecological aspects and seasonality of immature stages are still poorly understood (Moreira et al. 2019).

Studies of temporal variation of immature Lepidoptera in tropical forests are scarce and mostly done in Cerrado areas, which present a high seasonal variation (Cosmo et al. 2019). In the Atlantic rainforest, studies done with plant-host-parasitoid systems show a consistent pattern of caterpillar and parasitoid peaks in the dry season (Cosmo et al. 2019; Machado et al. 2022), but more information is needed to establish ecological patterns.

In this study, the tritrophic system associated with *Myrsine* L. (Primulaceae) was investigated, in order to evaluate the community structure of caterpillars and their ecological interactions with parasitoids associated with this genus of plants. Many Primulaceae are known to be hosts of specialist and sensitive caterpillars (Palyadini) (Brehm and Fiedler 2003), so these plants can be an interesting model to verify changes in the immature lepidopteran fauna over time. Thus, we propose the hypothesis that the changes in rainfall regimes affect the community structure and parasitism interactions of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine* species. Specifically, we expect: 1. Changes in richness, diversity and composition of the caterpillars between the early dry and dry seasons; 2. Variation in the parasitism proportion in the early dry and dry seasons, with higher pressure for the dry season.

Material and methods

Study area

This study was conducted at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, State of São Paulo, Brazil (Fig. 1). The Serra do Japi is a fragment of seasonal semideciduous Atlantic Forest located between 23°13'52,24''S and 46°56'09,00''W, covering 354km² of land and surrounded by four municipalities: Bom Jesus de Pirapora, Cabreúva, Cajamar and Jundiaí. The area is mostly composed of secondary forest and its altitude varies from 700m to 1,300m, with average temperature of 15.7°C and 19.2°C in the highest and lowest sites, respectively (Pansarin and Pansarin 2010; Lombardi et al. 2012). In the area, the rainfall regime consists of a wet season from October to March and a dry season from April to September (Morellato et al. 1990).



Figure 1. Map of the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil.

Field sampling and laboratory procedures

From March to August 2024, 33 plants belonging to Primulaceae species identified as *Myrsine umbellata* (N=19) and *Myrsine gardneriana* (N=14) were and sampled one time at every two weeks, with the aim of finding immature stages of

Lepidoptera, which were collected using the active method of Entomological Umbrella. All the sampled plants presented similar sizes and were at least 5-10 m apart from each other. Samplings endured 5 minutes for each plant in order to accomplish a uniform sampling effort.

The larvae were collected and separately put into pots of 200ml-500ml, depending on the size of each larva, with labels informing locality, code (date and number of specimens collected), host-plant and collector. The material was taken to the Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides – INCT HYMPAR, in the town of São Carlos, State of São Paulo, Brazil.

The immatures were kept under laboratory conditions and fed with fresh leaves of their host plant, following standard procedures (see Fernandes et al. 2010). Daily observations were taken on the emergence of adult Lepidoptera or parasitoids. Emerged parasitoids were collected and preserved in 92% alcohol and adult Lepidoptera were kept in entomological envelopes for posterior pinning and identification. Digital photographs were obtained with a Leica MC 170 HD video camera attached to a Leica M205C stereomicroscope and edited with Adobe Photoshop. The specimens were deposited at the Coleção Taxonômica do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Brazil (DCBU).

Environmental variables

Environmental variables such as temperature and rainfall were obtained from the Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO (<http://agroclimasp.ciiagro.org.br/>) for the municipality of Jundiaí, SP, from March to August 2024, and were associated with immature and parasitoid abundance. Since the driest months in the area are June, July and August (Morellato et al. 1990; Caselli and Setz 2011), the sampling period was divided into two categories: Early Dry Season (comprising March, April and May) and Dry Season (June, July and August).

Statistical analyses

To test if diversity indexes varied for seasons, Diversity values were obtained by calculating Hill Numbers, using abundance of immatures collected in both early dry and dry seasons. The Hill Numbers include the main three indexes of taxonomic diversity: Richness ($q=0$), Shannon's Diversity index ($q=1$) and Simpson's Diversity index ($q=2$).

This analysis was performed using the package iNEXT (Hsieh et al. 2016) in the R 4.3.2 environment (R Core Team 2023).

In order to check if immature abundance changed between seasons, the Mann-Whitney U Test was performed. A Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) was used to test if immature composition differed between seasons, plant species and for plant-season interaction, using the Bray-Curtis distance measure. To visualize the differences in composition, a Non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS) was performed using the Bray-Curtis distance measure. Additionally, to verify which species contributed the most with composition differences, a Similarity Percentage analysis (SIMPER) was carried out, using the Bray-Curtis distance measure. An IndVal analysis was used to check if there are associations between species and seasons. Indicator species were considered as those with indicator value higher than 50% (Mercado-Gómez et al. 2023; Alvarez et al. 2024).

For parasitized immatures, Chi-square tests were performed, to verify if parasitism proportion differed between seasons. These analyses (PERMANOVA, SIMPER, IndVal, nMDS, Mann-Whitney and Chi-square) were carried out in the Paleontological Statistics (PAST) 5.2.1 Software (Hammer et al. 2001).

Finally, in order to visualize the interactions between plants, immature lepidopterans and parasitoids between seasons, a trophic web was constructed using the package Bipartite (Dormann et al. 2008) in the in the R 4.3.2 environment (R Core Team 2023).

Results

Immature Lepidoptera

In total, 215 larvae of Lepidoptera were recorded, distributed in 8 families and 46 species and morphospecies (Table 1). Geometridae was the most representative family, having 34 species and morphospecies; the families Limacodidae, Riodinidae, Saturniidae, Tortricidae and Psychidae each had only one morphospecies recorded. Higher richness occurred in August, with 19 species recorded, in contrast to March, April and June, with 13 records. In April the highest abundance of larvae was recorded (N=52), and June had the lowest (N=18). A list of collected immature Lepidoptera and their respective host plants are presented in the supplementary Table 1.

Phrygionis polita was the most abundant species (N=46; 21,3%), followed by *Phlebosphales* sp. (N=25; 11,6%), *Opisthoxia claudiaria* (N=24; 11,16%), *Acharia* sp. (N=17; 7,9%) and *Opisthoxia farantes* (N=13; 6,04%). On the other hand, species such as *Argyrotope paraguayaria*, *Melanolophia eucheria*, *Melinodes subapicata*, *Oxydia trychiata*, *Pero refellaria* and others had the lowest abundances, with one specimen each (Table 1).

Table 1. Monthly records of Lepidoptera species associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana* at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

		Early dry			Dry		
		Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
GEOMETRIDAE							
Ennominae	<i>Argyrotope paraguayaria</i> Schaus, 1927	0	0	0	0	1	0
	<i>Eusarca arnetaria</i> (Guenée, [1858])	0	0	1	0	3	1
	<i>Herbita capnodiata</i> (Guenée, [1858])	0	1	0	0	1	0
	<i>Hymenomima conia</i> Prout, 1931	0	0	1	0	0	0
	<i>Iridopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	1
	<i>Ischnopteris inornata</i> Pitkin, 2005	0	0	0	0	5	2
	<i>Isochromodes</i> sp.	0	0	0	0	0	1
	<i>Melanolophia eucheria</i> Schaus, 1927	0	0	1	0	0	0
	<i>Melanolophia nebularia</i> (Schaus, 1897)	0	2	0	0	0	0
	<i>Melinodes subapicata</i> Warren, 1904	0	1	0	0	0	0
	<i>Opisthoxia claudiaria</i> Schaus, 1901	4	8	5	2	3	2
	<i>Opisthoxia farantes</i> (Schaus, 1901)	3	4	2	1	2	1
	<i>Opisthoxia</i> sp. 1	0	0	0	0	0	1
	<i>Oxydia trychiata</i> Guenée, [1858]	0	0	0	0	0	1
	<i>Pero refellaria</i> (Guenée, [1858])	0	0	0	1	0	0
	<i>Pherotesia condensaria</i> (Guenée, [1858])	0	1	0	0	0	2
	<i>Phrygionis polita</i> (Cramer, 1780)	6	19	13	2	4	2
	<i>Phrygionis privignaria</i> (Guenée, [1858])	0	2	1	0	0	0
	<i>Phyle arcuosaria</i> Herrich-Schäffer, [1855]	0	0	1	0	0	0
	<i>Physocleora grosica</i> (Schaus, 1901)	1	0	3	1	1	1
	<i>Physocleora</i> sp.	0	0	0	0	1	0
	<i>Prochoerodes</i> sp.	0	0	0	1	0	0
	<i>Sabulodes</i> sp.	0	0	0	0	1	0
	<i>Thyrinteina arnobia</i> (Stoll, 1782)	0	0	0	1	0	1
Larentiinae	<i>Phlebosphales</i> sp.	2	7	4	2	7	3
Sterrhinae	<i>Idaea</i> sp.	3	2	0	0	0	1
Unidentified subfamily	Geometridae sp.	0	1	1	0	2	0
	Geometridae sp. 1	0	0	1	0	0	1
	Geometridae sp. 2	0	0	1	1	1	0
	Geometridae sp. 3	0	0	0	1	0	0

	Geometridae sp. 4	0	0	0	0	1	3
	Geometridae sp. 5	0	0	0	0	0	1
	Geometridae sp. 6	0	0	0	0	0	2
EREBIDAE							
Arctiinae	Arctiinae sp.	3	0	0	0	0	0
	Arctiinae sp. 1	0	0	0	1	0	0
	<i>Dysschema</i> sp.	2	0	1	0	0	0
	<i>Melese</i> sp.	0	0	0	1	0	0
NOCTUIDAE							
Unidentified subfamily	Noctuidae sp.	1	0	0	0	0	0
	Noctuidae sp. 1	0	0	0	0	1	0
LIMACODIDAE							
Limacodinae	<i>Acharia</i> sp.	17	0	0	0	0	0
PSYCHIDAE							
Unidentified subfamily	Psychidae sp.	0	1	1	0	0	0
RIODINIDAE							
Riodininae	<i>Emesis</i> sp.	0	2	0	0	0	0
SATURNIIDAE							
Hemileucinae	<i>Cerodirphia</i> sp.	0	1	0	0	0	0
TORTRICIDAE							
Unidentified subfamily	Tortricidae sp.	2	0	2	3	0	1
Total		44	52	39	18	34	28

In the early dry season, higher abundance of immature Lepidoptera was recorded (N = 135) when compared to the dry season (N = 80), showing a reduction of 55 caterpillars for the dry season. However, even if counted abundances differed for both periods, the Mann-Whitney U test results showed no statistical significance for the abundance of species between the early dry and dry seasons, implying that the immature abundance was uniform throughout the study period ($p = 0,86084$).

Considering sampling sufficiency, both seasons exhibited distinct patterns in their diversity estimates and sample coverage. Sample coverage was higher for the early dry (SC = 0.9044), suggesting that at least 90% of the community was sampled and well-represented in this season. On the other hand, the dry season had the lowest sample coverage (SC = 0.7891), with at least 78% of the community sampled, implying that some species in this season remained unrepresented (Fig. 2).

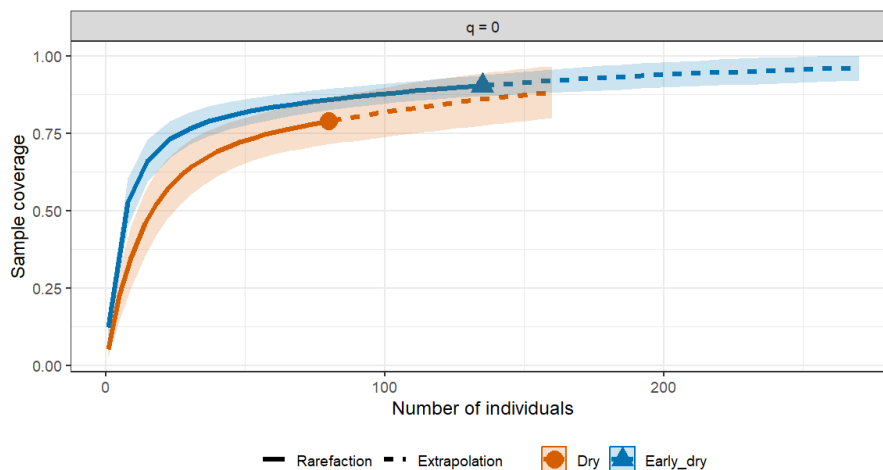


Figure 2. Sample coverage of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

The Hill Numbers analysis showed differences in diversity for the early dry (March, April and May) and dry seasons (June, July and August) (Fig. 3). Richness ($q = 0$) was higher in the dry season (Sobs = 31) compared to the early dry (Sobs = 28); Shannon's Diversity ($q = 1$) and Simpson's Diversity ($q = 2$) were also higher for the dry season. Asymptotic estimates projected a much higher richness (estimated richness = 59.54) for the dry season compared to the early dry season (estimated richness = 41.98), suggesting a more diverse community in the dry months, but with lower sample coverage. Illustrations of immature (Figs. 4-6) and adult Lepidoptera (Figs. 7-9) are presented.

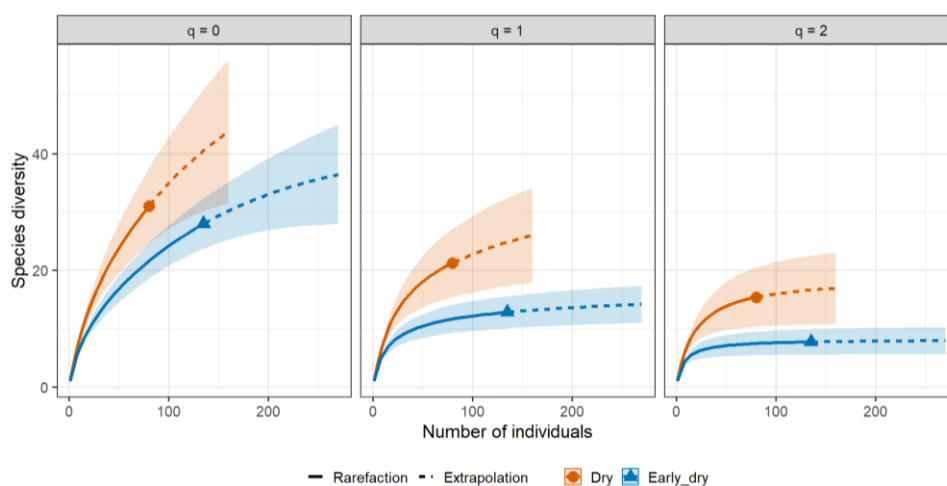


Figure 3. Hill Numbers showing the diversity of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. “ $q=0$ ” equals to richness; “ $q=1$ ” corresponds to Shannon's Diversity and “ $q=2$ ” corresponds to Simpson's Diversity.

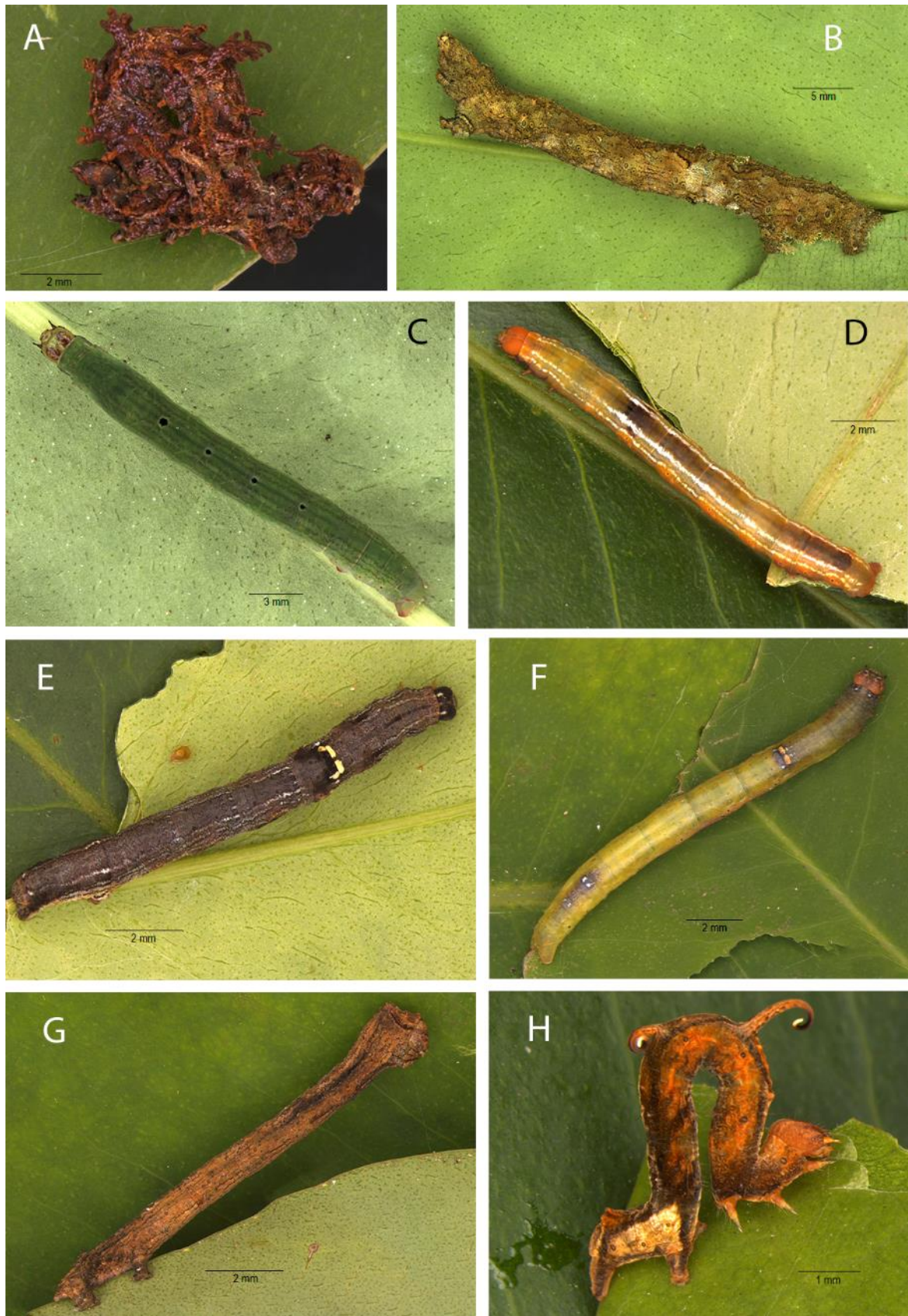


Figure 4. Immature Lepidoptera feeding on *Myrsine* spp.: A. *Phyle arcuosaria*; B. *Oxydia trychiata*; C. *Phrygionis polita*; D. *Phrygionis privgnaria*; E. *Opisthoxia claudiaria*; F. *Opisthoxia farantes*; G. *Herbita capnodiata*; H. *Melinodes subapicata*.



Figure 5. Immature Lepidoptera feeding on *Myrsine* spp.: I. *Phlebosphales* sp.; J. *Dysschema* sp.; K. *Thyrinteina arnobia*; L. *Physocleora* sp.; M. *Iridopsis* sp.; N. *Herbita capnodiata*; O. *Prochoerodes* sp.; P. *Acharia* sp.



Figure 6. Immature Lepidoptera feeding on *Myrsine* spp.: Q. *Pherotesia condensaria*; R. *Pero refellaria*; S. *Eusarca arnetaria*; T. *Ischnopteris inornata*.

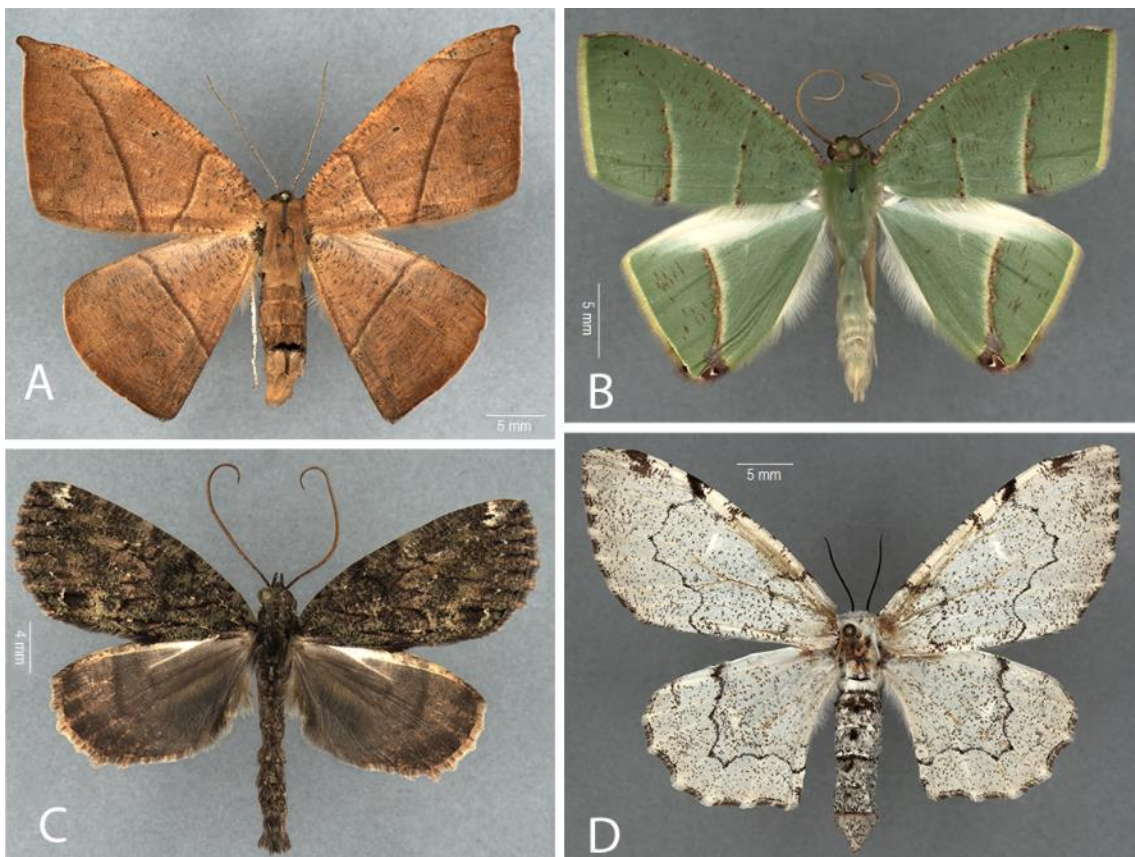


Figure 7. Adult Lepidoptera reared on *Myrsine* spp.: A. *Oxydia trychiata*; B. *Phyle arcuosaria*; C. *Ischnopteris inornata*; D. *Thyrinteina arnobia*.

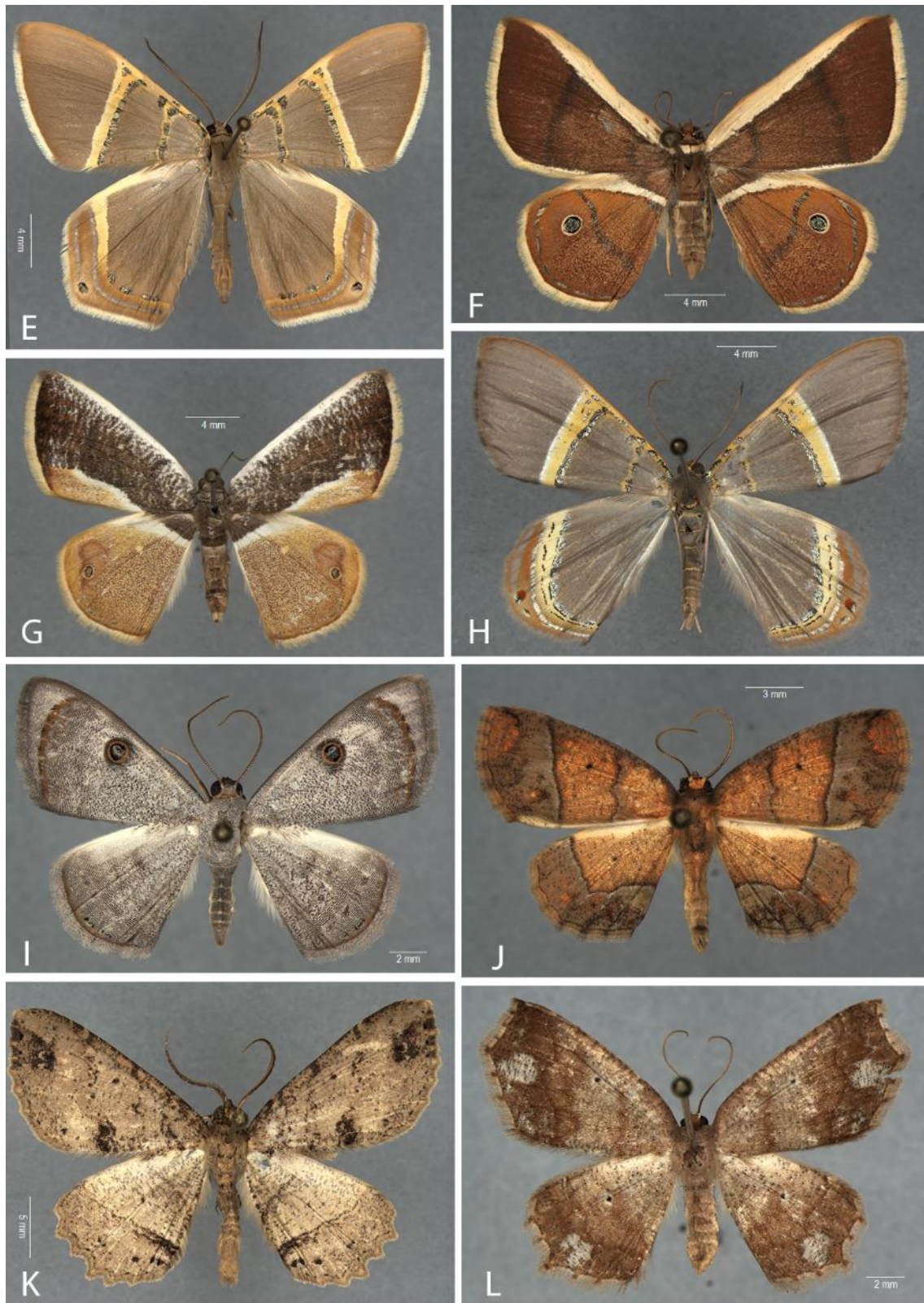


Figure 8. Adult Lepidoptera reared on *Myrsine* spp.: E. *Phrygionis polita*; F. *Opisthoxia claudiaria*; G. *Opisthoxia farantes*; H. *Phrygionis privignaria*; I. *Argyrotome paraguayaria*; J. *Melinodes subapicata*; K. *Melanolophia eucheria*; L. *Isochromodes* sp.

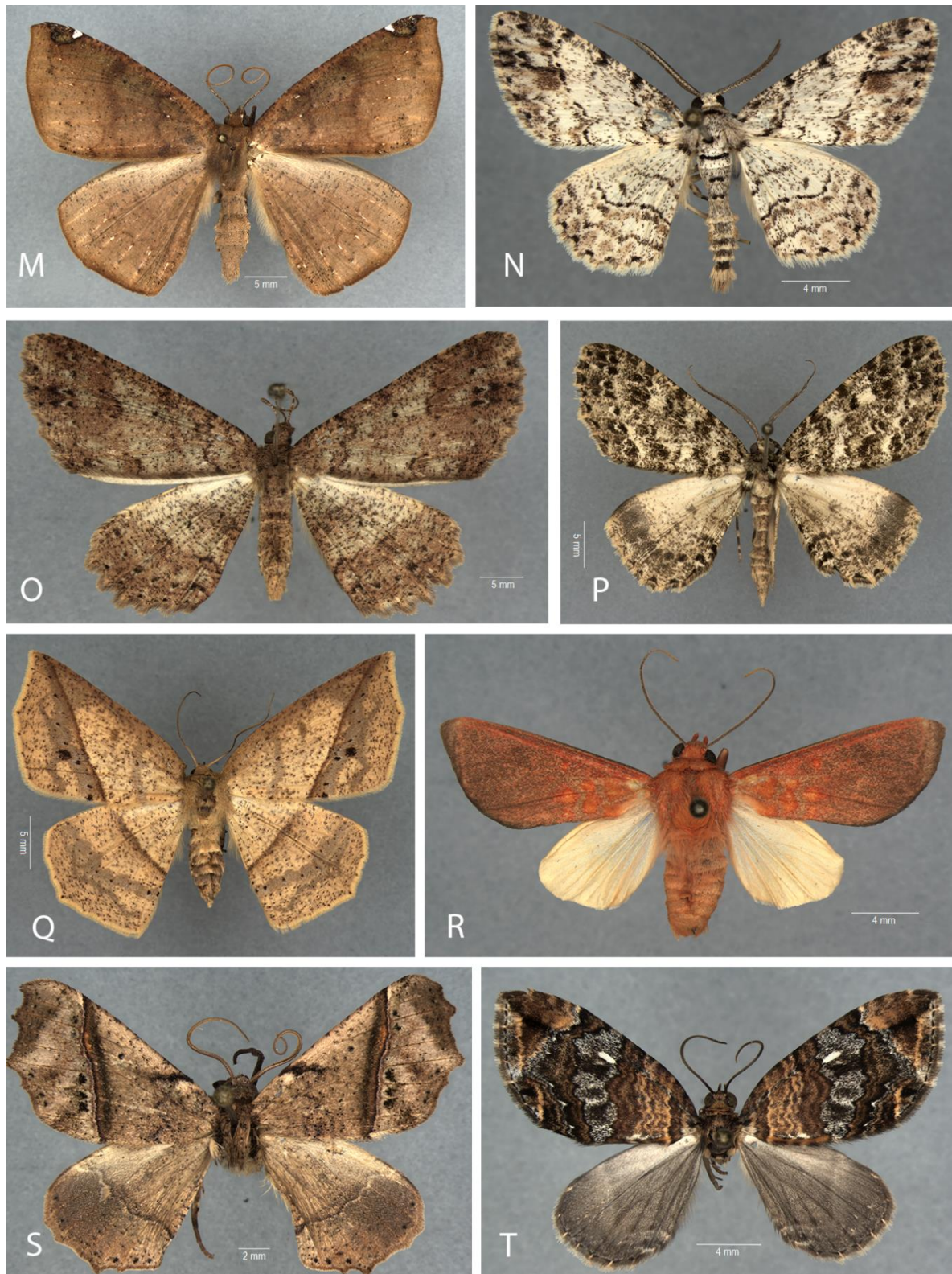


Figure 9. Adult Lepidoptera reared on *Myrsine* spp.: M. *Herbita capnodiata*; N. *Physocleora grosica*; O. *Melanolophia nebularia*; P. *Pherotesia condensaria*; Q. *Eusarca arnetaria*; R. *Melese* sp.; S. *Pero refellaria*; T. *Phlebosphales* sp.

The PERMANOVA analysis showed that there was a significant difference for the species composition between the two seasons ($F = 2,8989$; $p = 0.0116$), as observed in the nMDS ordination (Fig. 10). However, composition of immatures did not differ for the two plant species ($F = 0,77691$; $p = 0.5929$) and the interaction between plants and seasons was also not significant statistically ($F = 0,114650$; $p = 0.9384$).

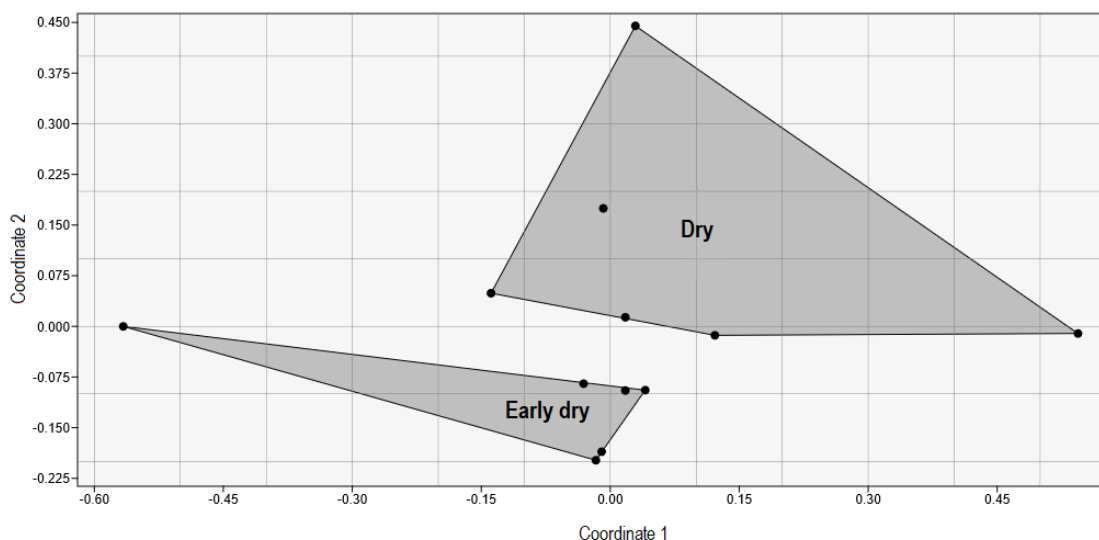


Figure 10. nMDS ordination showing the differences in species composition of the immature Lepidoptera collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

According to the SIMPER analysis, *Phrygonis polita* was the primary driver of dissimilarity between the two seasons, with higher mean values for the early dry season, along with *Acharia* sp., *Opisthoxia claudiaria*, *Phlebosphales* sp. and others (Table 2). For most species, mean values were higher for the early dry season. On the other hand, species and morphospecies such as *I. inornata*, Geometridae sp. 4 and Geometridae sp. 6 exhibited a mean contribution dissimilarity only for the dry season, indicating that their presence was unique to the driest months.

Table 2. SIMPER analysis showing species that most contributed to compositional differences of immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. Only species with at least 1% of contribution were listed.

Species	Av. Dissim.	Contrib. (%)	Cumulat. (%)	Mean Early Dry	Mean Dry
<i>P. polita</i>	0,2664	18,71	18,71	3,17	0,667
<i>Acharia</i> sp.	0,1484	10,42	29,13	1,42	0
<i>O. claudiaria</i>	0,132	9,271	38,4	1,33	0,583

<i>Phlebosphales</i> sp.	0,1304	9,154	47,55	1,08	1
Tortricidae sp.	0,1237	8,648	56,24	0,333	0,333
<i>I. inornata</i>	0,0687	4,828	61,07	0	0,583
<i>O. farantes</i>	0,06333	4,447	65,51	0,833	0,333
Geometridae sp. 4	0,04791	3,364	68,88	0	0,333
<i>Idaea</i> sp.	0,04785	3,36	72,24	0,417	0,0833
<i>P. condensaria</i>	0,03706	2,602	74,84	0,0833	0,167
<i>E. arnetaria</i>	0,03294	2,313	77,15	0,0833	0,333
<i>P. grosica</i>	0,03107	2,182	79,33	0,333	0,25
<i>H. capnodiata</i>	0,02314	1,625	80,96	0,0833	0,0833
Geometridae sp. 6	0,02116	1,486	82,45	0	0,167
Geometridae sp.	0,0182	1,278	83,72	0,167	0,167
Geometridae sp. 2	0,01796	1,261	84,99	0,0833	0,,167

The IndVal analysis showed that *P. polita* (82,61%), *O. farantes* (71,43%) and *O. claudiararia* (57%) were indicators species of the early dry season, indicating that these species were more abundant in the less dry months. In contrast, only *I. inornata* (51%) was considered as an indicator species of the dry season (Fig. 11).

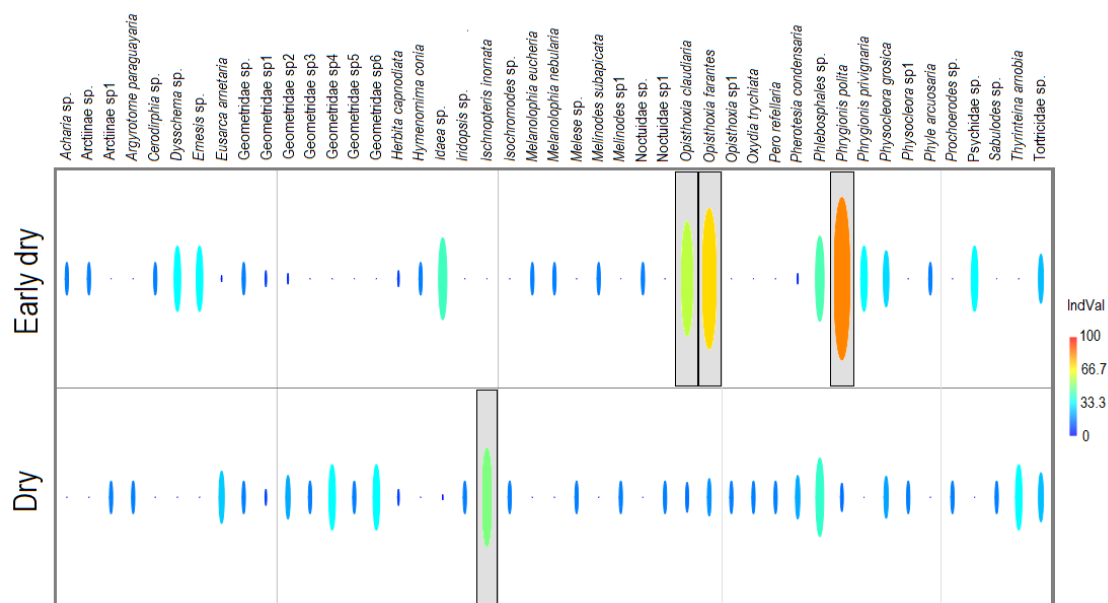


Figure 11. IndVal analysis showing indicator species of immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. Gray boxes represent species that had at least 50% of indicator value.

Parasitoids

A total of 131 parasitoids were reared, belonging to two orders (Hymenoptera and Diptera), 4 families and 19 morphospecies. Hymenoptera was the richest order, with 3 families and 16 morphospecies, followed by Diptera, with 1 family and 3 morphospecies. Richness was higher in July (7 records) and lower in April (3 records) (Table 3). Parasitoid abundance was higher in March (49), and lower in April (N=3). *Distatrix* sp. (N=45) and *Euplectrus carlosarmientoi* (N=27), followed by *Glyptapanteles* sp. (N=25) were the most abundant parasitoids. Other species, such as *Colpotrochia* sp. nov., *Exasticolus* sp. and *Zaglyptomorpha danunciae*, were less abundant (Table 3). A list of reared parasitoids, their hosts and associated plants is presented in the Supplementary Table 2.

Table 3. Monthly records of parasitoid species associated with immature Lepidoptera feeding on *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana* at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

		Early dry			Dry		
		Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
HYMENOPTERA							
Braconidae	<i>Apanteles</i> sp.	0	1	1	0	0	0
	<i>Apanteles</i> sp 1	0	0	0	1	0	0
	<i>Distatrix</i> sp.	45	0	0	0	0	0
	<i>Dolichogenidea</i> sp.	0	0	1	0	0	0
	<i>Exasticolus</i> sp.	0	0	0	0	0	1
	<i>Exix</i> sp.	0	0	0	0	1	2
	<i>Glyptapanteles</i> sp.	0	0	1	0	11	13
	Microgastrinae sp.	1	1	0	0	0	0
Ichneumonidae	<i>Casitaria</i> sp.	0	0	0	0	0	3
	<i>Casitaria</i> sp. 1	0	0	0	0	1	0
	<i>Colpotrochia</i> sp. nov.	0	0	0	1	0	0
	<i>Hyposoter</i> sp.	1	0	0	0	0	0
	<i>Zaglyptomorpha danunciae</i> Graf, 1979	0	0	1	0	0	0
Eulophidae	<i>Euplectrus carlosarmientoi</i> Hansson, 2015	0	0	3	1	8	15
	<i>Euplectrus</i> sp. 1	0	0	0	0	1	0
	<i>Euplectrus</i> sp. 2	0	0	0	0	6	0
DIPTERA							
Tachinidae	Exoristinae sp.	1	0	0	0	0	0
	Leskiini sp.	0	0	0	2	0	0
	Tachinidae sp.	1	1	2	3	1	0
	Total	49	3	9	8	29	34

Immature and parasitoid abundances varied throughout the study period, along with precipitation and temperature (Fig. 12). Immature abundances were high in March and peaked in April, decreasing at the end of the early dry season. In the dry season, after reaching the lowest abundance in June, immature abundance peaked again in July and then decreased in August. Conversely, parasitoid abundances peaked in March and had their lowest point in April, fluctuating through the transition between seasons, increased in July, and reached another peak in August.

Precipitation was higher for March in comparison to the following months, fluctuating until its lowest point, in June. It increased again in July, decreasing right after, in August. Temperature had its highest point in March, and then decreased throughout the months until August, when the values started to increase. In general, it is possible to observe that, in the early dry season (March to May), immature abundance was higher than it was in the dry season, and higher precipitation and temperature rates were also noticeable. On the other hand, reared parasitoids were more abundant in the dry season overall.

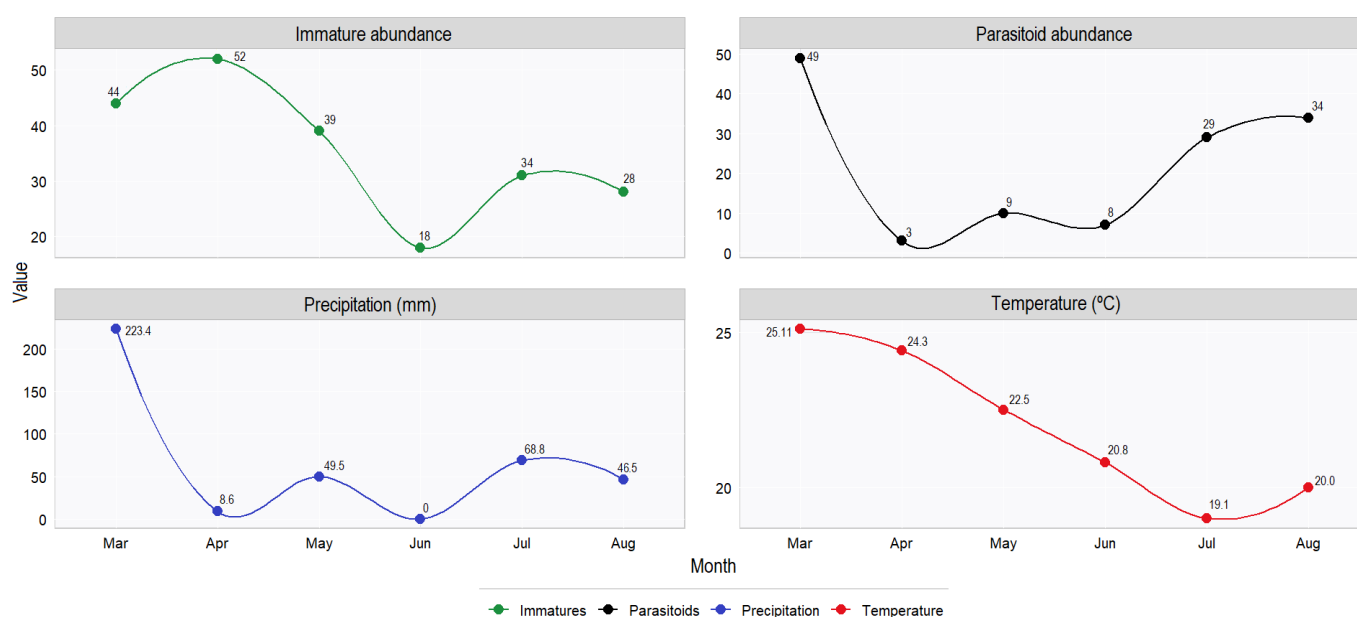


Figure 12. Monthly variation of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine umbellata* and *Myrsine gardneriana*, parasitoid abundances and abiotic variables in the study conducted at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from march to august 2024.

The Chi-Square Test showed that there was significant difference for the proportion of parasitism throughout the study period ($C^2 = 8,44$, $df = 1$; $p = 0,0036534$). The parasitism proportion fluctuated through the months, reaching the lowest value in

April, when the immature abundance peaked. Immature abundance started to decrease in May, while parasitism proportion increased gradually until immature abundance peaked again in July. In sequence, the parasitism proportion reached its highest value in August (42% of parasitized immatures) and immature abundance started to decrease again (Fig. 13).

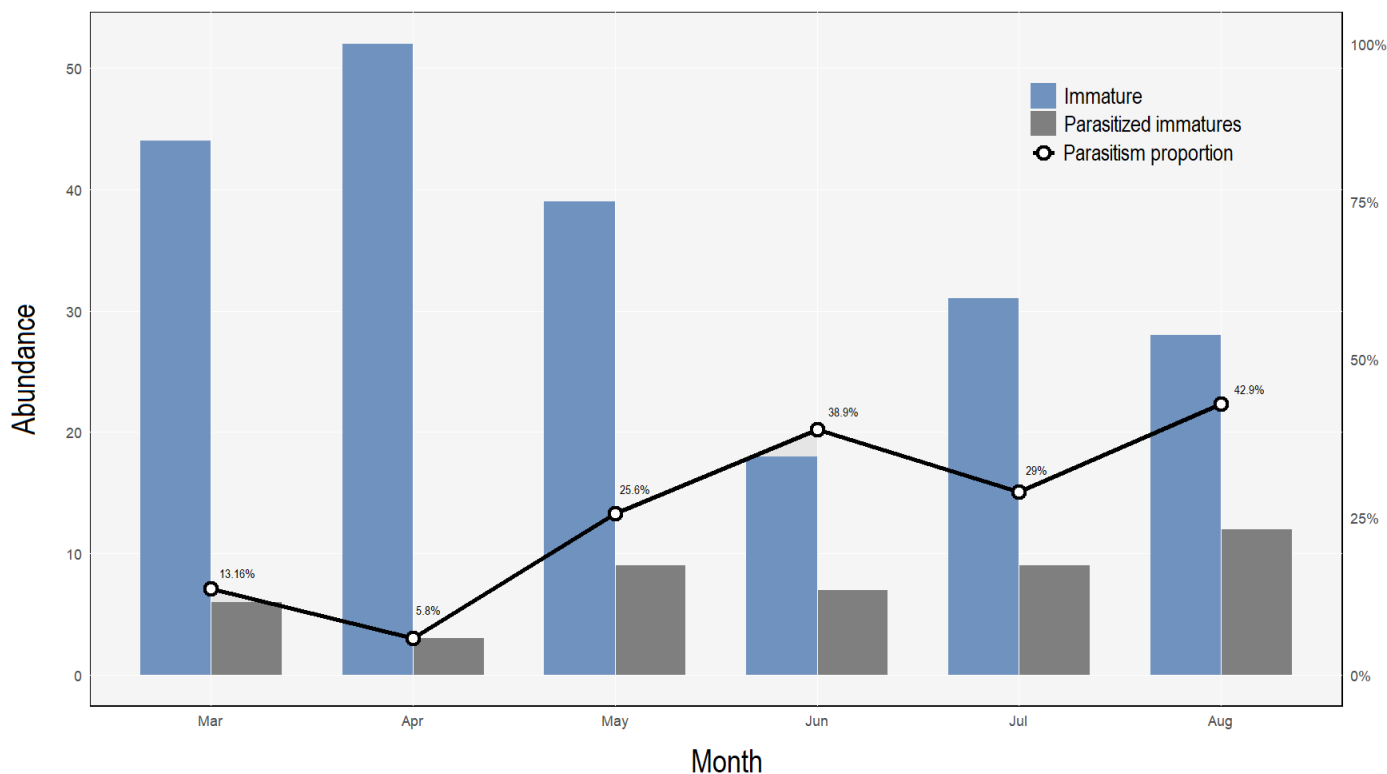


Figure 13. Monthly variation in parasitism proportion of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine gardneriana* and *Myrsine umbellata* in the study conducted at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

In the early dry season, *M. umbellata* sustained more interactions than *M. gardneriana* (Fig. 14, A; Supplementary Table 3), with *Acharia* sp. (N=4), *Phlebosphales* sp. (N=4) and *O. claudiarina* (N=2) being the most parasitized immatures. The morphospecies Tachinidae sp. parasitized more immatures in this season, followed by *Euplectrus carlosarmientoi* and *Apanteles* sp.

In the dry season, *M. gardneriana* had more parasitized immatures than *M. umbellata* (Fig. 14, B; Supplementary Table 3). *Phlebosphales* sp. was the most parasitized (N=9), followed by *O. claudiarina* (N=3), *P. polita* (N=3) and *I. inornata* (N=2). In this season, *E. carlosarmientoi* parasitized more immatures, followed by *Glyptapanteles* sp. and Tachinidae sp. Illustrations of the reared parasitoids are presented below (Figs. 15-18).

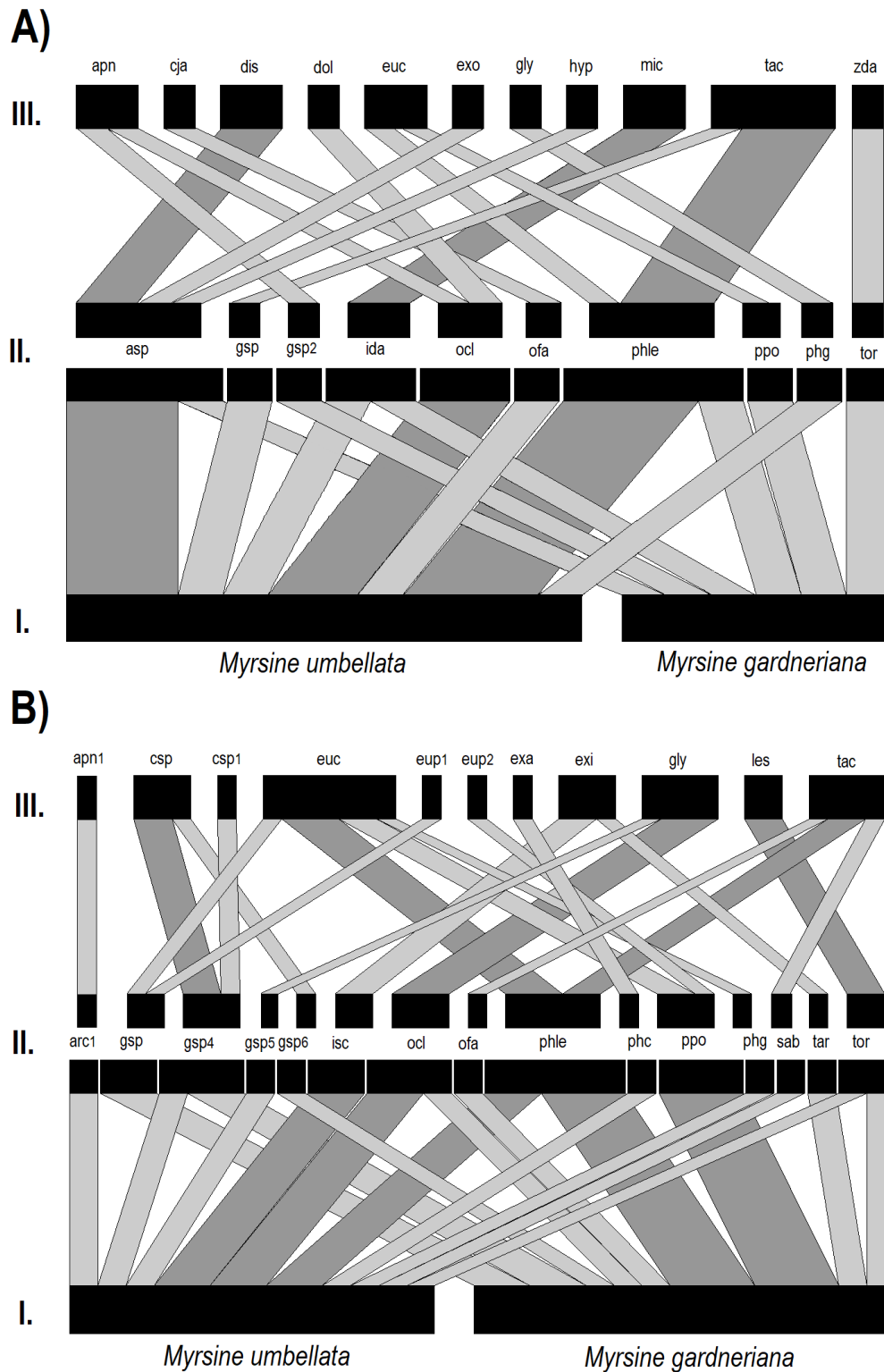


Figure 14. Tritrophic interactions involving host plants and parasitoids of the immature Lepidoptera collected between the early dry (A) and dry (B) seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024. Trophic levels are organized as follows: I = Host plants; II = Hosts; III = Parasitoids. Full names for species are available in the Supplementary Table 4.

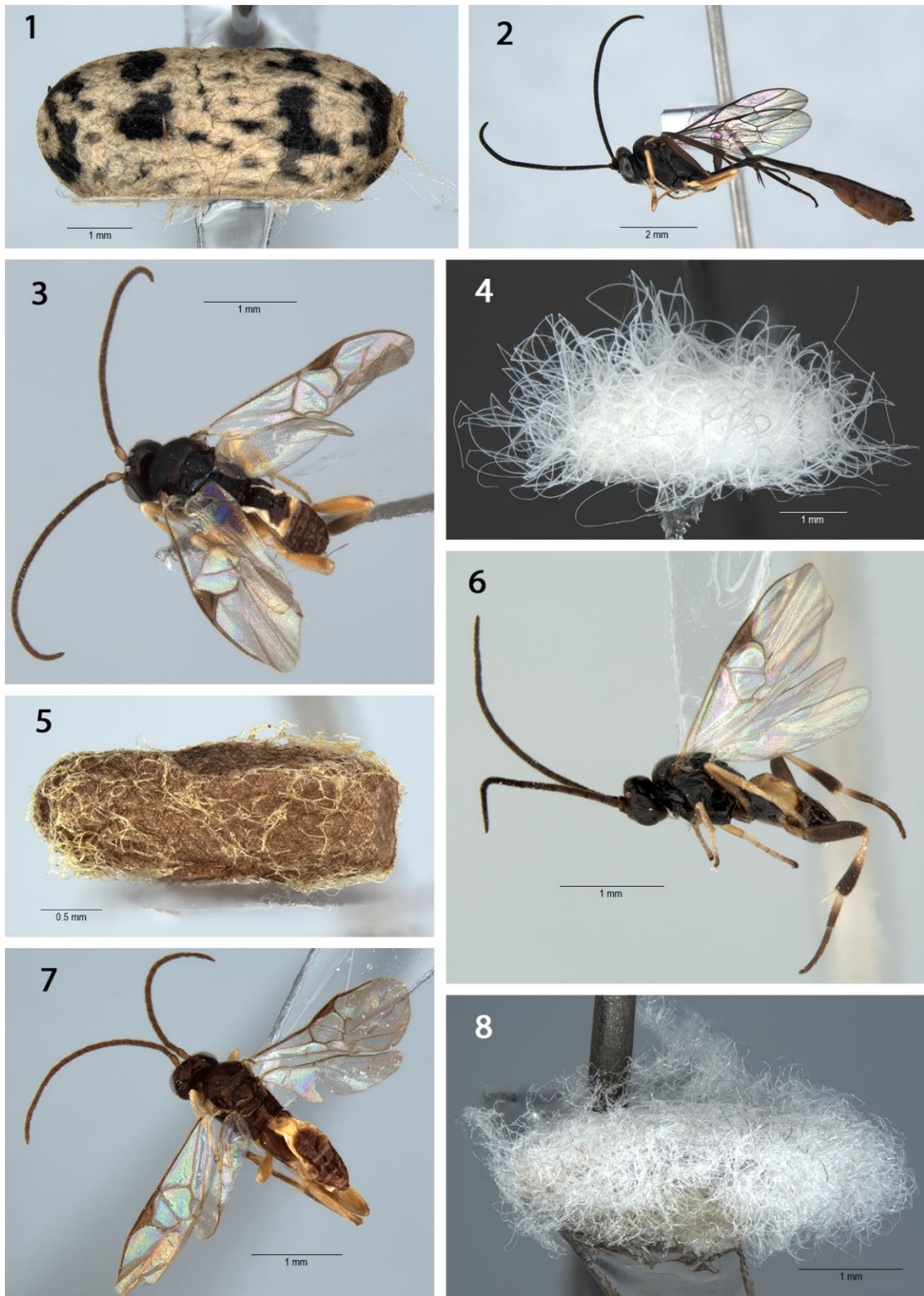


Figure 15. Reared parasitoids and their cocoons. 1-2: *Casinaria* sp.; 3-4: *Dolichogenidea* sp.; 5-6: *Glyptapanteles* sp.; 7-8: *Distatrix* sp.

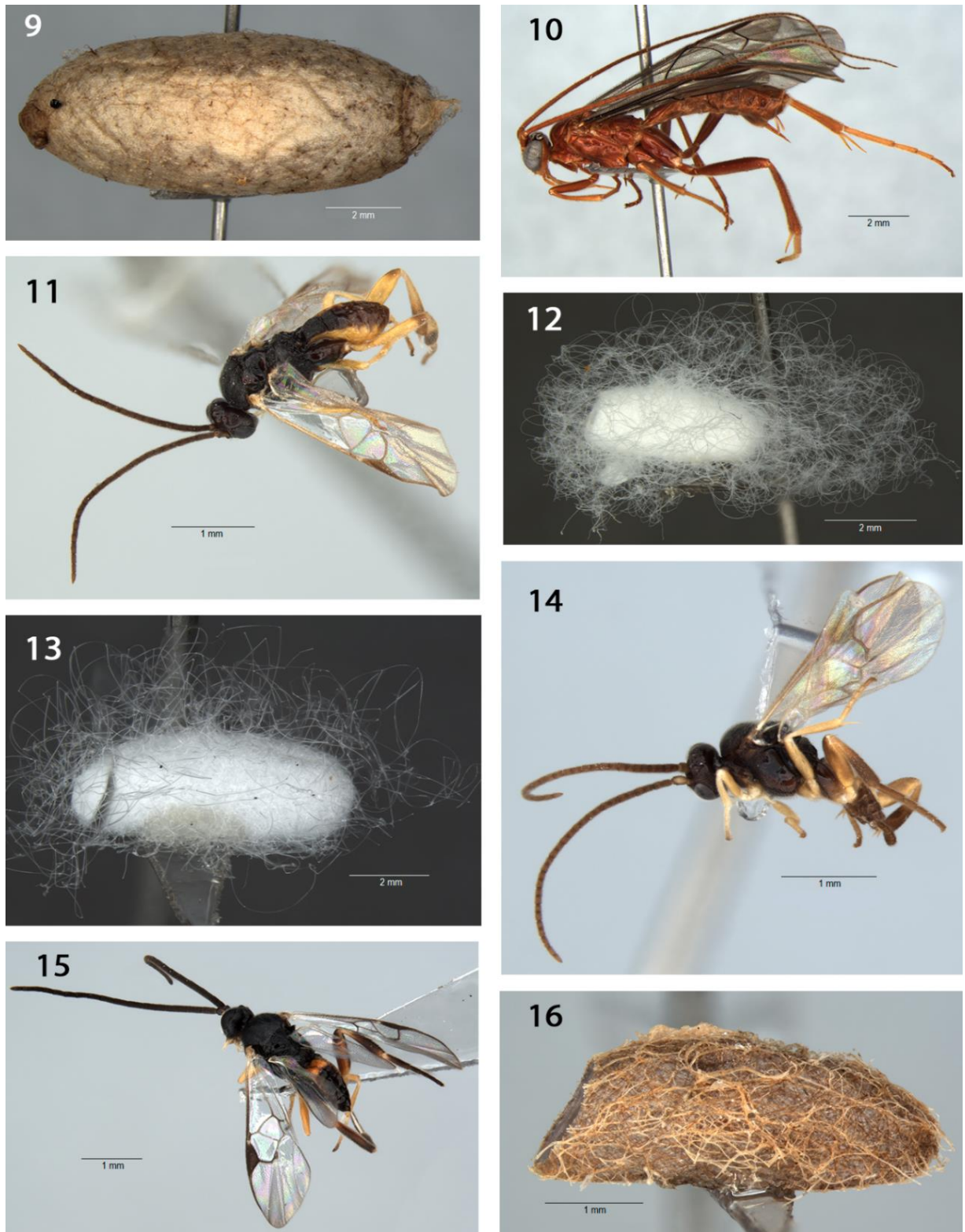


Figure 16. Reared parasitoids and their coccons. 9-10: *Exasticolus* sp.; 11-12: *Apanteles* sp.; 13-14: *Apanteles* sp. 1; 15-16: *Exix* sp.

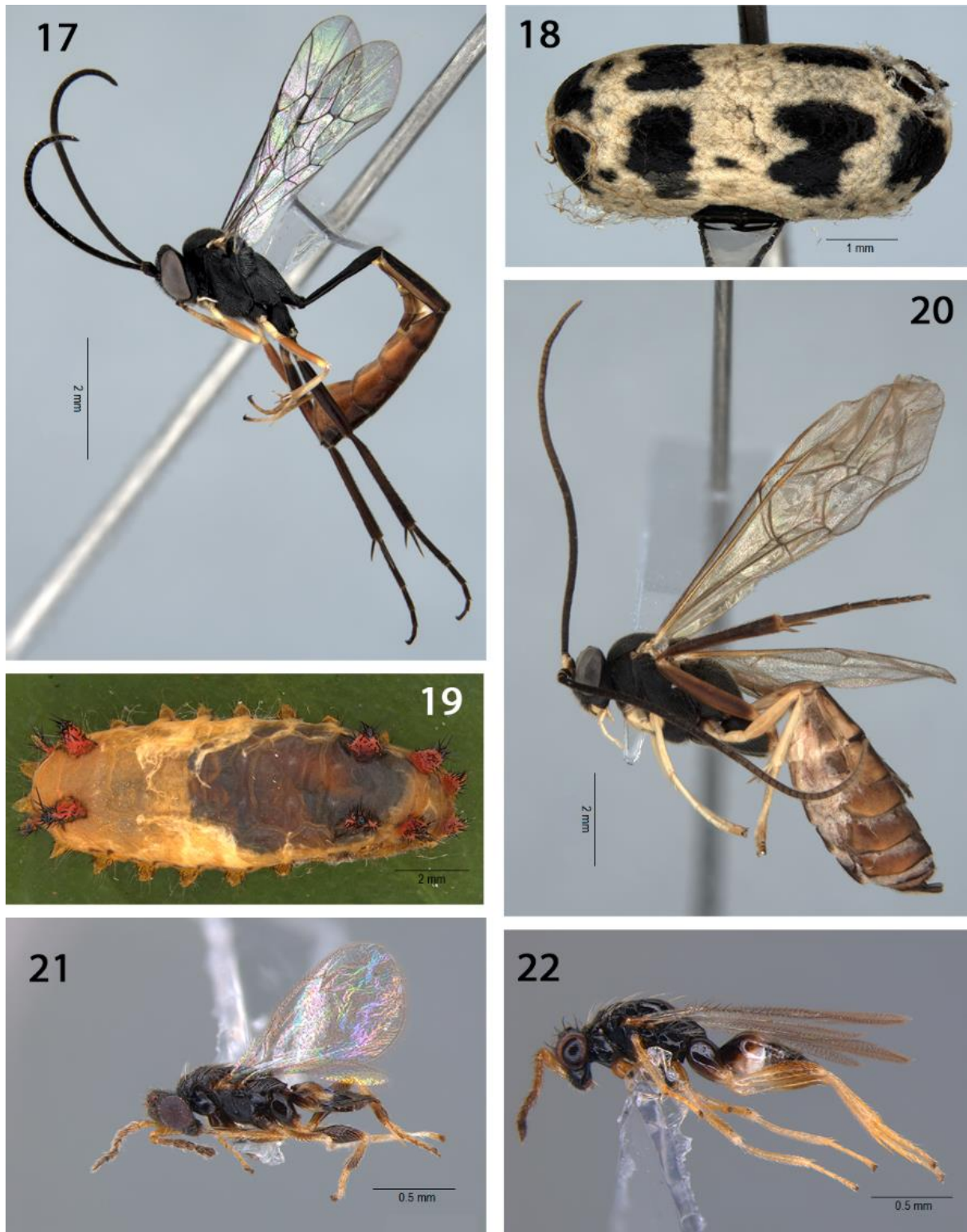


Figure 17. Reared parasitoids and their coccons. 17-18: *Casinaria* sp. 1; 19: Larva of *Acharia* mummified by *Hyposoter* sp.; 20: *Hyposoter* sp.; 21: *Euplectrus* sp. 1; 22: *Euplectrus* sp. 2.

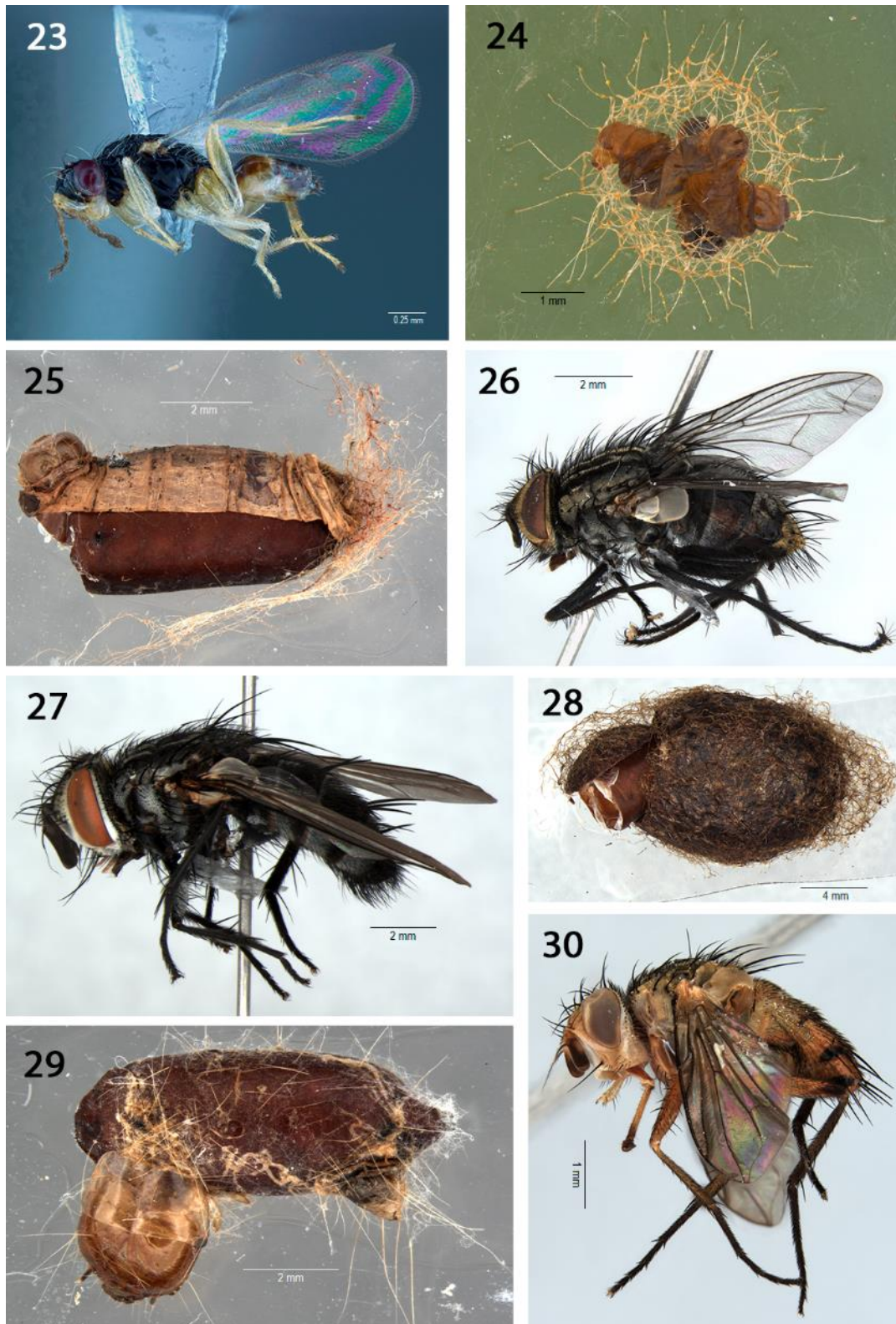


Figure 18. Reared parasitoids and their pupae. 23: *Euplectrus carlosarmientoi*; 24: Larva of *Phrygonis polita* parasitized by *Euplectrus carlosarmientoi*; 25-26: Tachinidae sp.; 27: Exoristiinae sp.; 28: Cocoon of *Acharia* sp., parasitized by Exoristiinae sp., and the parasitoid pupa within; 29-30: Leskiini sp.

Discussion

The presented results support the hypothesis that community structure and parasitism interactions of the immature Lepidoptera associated with *Myrsine* plant species vary in different rainfall regimes, and these variations are reflected through changes in richness, diversity and species composition, as well as the changes in parasitism proportion over time.

The family Geometridae, which is one of the richest families in the order Lepidoptera (Sihvonen et al. 2011), was the most representative family in this study, being consistent with previous studies on other host plants (Connahs et al. 2011; Cosmo et al. 2019). Geometridae comprises numerous polyphagous species and has widespread distribution in the Neotropical region (Brehm and Fiedler 2003), thus explaining its high representativity.

In this work, abundance did not differ statistically throughout the study period, but changes in richness and diversity of immature lepidopterans were found. Richness and diversity were higher for the dry season, which is when climatic conditions are known to be harsh for most insects (Pinheiro et al. 2002; Ramos-Robles et al. 2023). However, since diversity values were lower for the early dry compared to those in the dry season, but abundances did not vary over time, this suggests that the early dry season was dominated by a few species, which probably decreased in abundance when conditions turned severe, so that resistant caterpillars could colonize the host plants with more uniform abundances per species in the dry season. This can also explain the lower sample coverage for the dry season, indicating that rare species occurred more in the driest months.

Even though this result contrasts with seasonal patterns of other insect orders, higher richness (and abundance peaks) of caterpillars during droughts are common for some host plant species (Morais et al. 1999; Scherrer et al. 2008; Braga and Diniz 2022). For adult Lepidoptera, the same pattern is also observable for some groups (Maicher et al. 2018). The opposite is also documented: higher richness and abundances for the wet periods at the community level (Lepesqueur et al. 2018) and population level (Pessoa-Queiroz et al. 2008).

Shifts in composition were not explained by the different host plant species and their interaction with seasons, but only by the variation between the seasons, indicating a seasonal distribution of the caterpillars associated with the *Myrsine* species in this study. *Myrsine* is the most diverse genus of the family Primulaceae in Brazil (Freitas and Kinoshita 2015) and this specific family is known to be strongly associated with specialist caterpillars of the tribe Palyadini (Lepidoptera: Geometridae), whose feeding habit can be classified as oligophagous based on previous records (see Brehm and Fiedler 2003, and references therein).

The results showed that the Palyadini, mostly represented by *Phrygionis polita* and *Opisthoxia claudiaria*, were some of the species explaining the variation in composition, along with species from other families such as *Acharia* sp. (Lepidoptera: Limacodidae), with high values for the early dry season. Previous studies accessing the Geometridae fauna associated with *Myrsine umbellata* (anteriorly mentioned as *Rapanea umbellata*) in Cerrado areas found that the genus *Phrygionis* generally occurs in high abundances from January to March (Rodrigues 2023) and from December to April (for *P. polita*) (Barros 2007), mostly during the rainy season, and tend to decrease in abundance in the dry months along with other Palyadini (e.g. *Opisthoxia* and *Argyrotome*). These data suggest that the *P. polita* and other Palyadini are likely to occur in periods of higher precipitation.

In this study, species such as *P. polita*, *O. claudiaria* and *O. farantes*, all belonging to the Palyadini tribe, were considered as indicator species of the early dry season, and decreased drastically in abundance in the dry season. This highlights the sensitivity of the Palyadini tribe, as a specialist group (Brehm and Fiedler 2003), to the dry conditions and can possibly explain the uniform distribution of abundances and the differences in diversity between periods, since the loss of dominance of Palyadini species could allow more resilient and rare species to colonize the host plants during the drought. Species such as *Ischnopteris inornata*, that presented higher means of indicator value for the dry season, can be an example of tolerant species.

Temporal changes in species composition can also be influenced by life history strategies of species (Morais et al. 1999), considering that many caterpillars are known to be restricted to a specific time of the year, while few species are consistent throughout the seasons, causing a high turnover in composition (Braga and Diniz 2022)

Thus, parasitism and predation pressure can also affect the community structure of caterpillars (Cosmo et al. 2019; Machado et al. 2022). In this study, reared parasitoids also varied throughout the study period, along with immature abundance, precipitation and temperature. Although parasitoid abundance was high in the early dry season, specifically in March, it is mostly explained by the occurrence of *Distatrix*, a genus of gregarious braconid wasps that can produce multiple parasitoids per offspring (Grinter et al. 2009). Since parasitoids are negatively affected by drought (Shapiro and Pickering 2001; Rahman et al. 2025), their activity is expected to decrease in dry months. This, however, is not what happened in this study, considering that parasitoids increased in abundances during the dry season, when mean precipitation and temperature were lower than the early dry season.

The parasitism proportion showed a tendency of increase over the months, reaching its highest point in August, followed by a decrease in caterpillar abundance. These findings are consistent with previous studies done with other host plant species in Atlantic Rainforest areas (Cosmo et al. 2019; Machado et al. 2022), that reported a peak in immature abundance and a subsequent peak in parasitism proportion in the dry season.

In studies done in Cerrado areas, peaks of immature Lepidoptera often occur in dry months, when parasitism proportion is at its lowest (Morais, Diniz and Silva 1999; Marquis et al. 2002). Thus, the “enemy-free space” hypothesis (Jeffries and Lawton 1984) appears to account for these variations, though not fully for the interactions in the Atlantic rainforest. It is possible that parasitoids intensify the host seek pressure over the immature Lepidoptera to guarantee a suitable host for their offspring even when conditions are suboptimal (during drought) in the Atlantic rainforest, which could increase parasitism proportion. At the same time, caterpillar peaks in the dry season could be a strategy to persist even with high parasitism pressure, maintaining the populations throughout the year.

These changes can also affect the structure of trophic webs over time (Campos-Moreno et al., 2021). In this work, the results showed changes in the occurrences of interactions throughout the seasons, with more interactions in the dry season. Interactions also varied for *M. umbellata* and *M. gardneriana*, suggesting that the host plants might affect the community of caterpillars and parasitoids through *bottom-up* effects over the seasons. Even though this was not tested in this study, previous studies assure that ecological traits such as host plant abundance and richness (Fornoff et al. 2019; Campos-

Moreno et al. 2021) as well as changes in host plant phenology and chemical composition can also be a driver for higher trophic level variation over time (Benrey and Denno 1997; Connahs et al. 2011), and must be evaluated in further studies with Primulaceae.

Conclusions

In summary, this work provided new ecological data for the immature Lepidoptera feeding on *Myrsine* species, as well as for the associated parasitoids (Diptera and Hymenoptera) and their changes over time. Tritrophic interactions are complex, and the seasonal variation in host-parasitoid systems is often puzzling and still not well understood, especially for the Atlantic rainforest in Brazil. Thus, the results obtained reinforce the importance of studies in this particular subject for application in conservation or biological control programs, and highlight the use of *Myrsine* species as a potential ecological model like *Piper* species (Piperaceae), to access and further understand patterns of temporal variation in plant-host-parasitoid systems.

Acknowledgements

This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) and by the Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR). We thank Valmir Antonio Costa for the identification of the Chalcidoidea wasps; Maria de Fatima Freitas for the identification of the *Myrsine* species; Airton Santo Soares for his help in the field samplings and Luciana Bueno dos Reis Fernandes for the photographs taken.

References

- Alencar J, De Mello CF, Serra-Freire NM, et al (2016) Biodiversity and Temporal Distribution of Immature Culicidae in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. PLoS ONE 11: e0159240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159240>
- Álvarez CF, Freitas AVL, Iserhard CA, et al (2024) Structure of the assemblage of fruit-feeding butterflies in a high Andean anthropogenic landscape. J Insect Conserv 28:799–810. <https://doi.org/10.1007/s10841-024-00600-4>

Ashe-Jepson E, Bru E, Connell E, et al (2024) Hot topics in butterfly research: Current knowledge and gaps in understanding of the impacts of temperature on butterflies. *Insect Conserv Diversity* 17:1–15. <https://doi.org/10.1111/icad.12704>

Baptista DF, Dorvillé LFM, Buss DF, et al (2001) Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Rev Bras Biol* 61:295–304. <https://doi.org/10.1590/s0034-71082001000200012>

Barros LTE (2007) Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados a *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez, 1902 (Myrsinaceae) na região de São Carlos, SP. Dissertation, Universidade Federal de São Carlos

Benrey B, Denno RF (1997) The Slow-Growth--High-Mortality Hypothesis: A Test Using the Cabbage Butterfly. *Ecology* 78:987. <https://doi.org/10.2307/2265852>

Braga L, Diniz IR (2022) Trophic Interactions of Caterpillars in the Seasonal Environment of the Brazilian Cerrado and Their Importance in the Face of Climate Change. In: Koerner L (ed) *Fascinating Life Sciences*. Springer International Publishing, Cham, pp 485–508

Brehm G, Fiedler K (2003) Faunal composition of geometrid moths changes with altitude in an Andean montane rain forest. *Journal of Biogeography* 30:431–440. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00832.x>

Brown KS, Freitas AVL (2000) Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation¹. *Biotropica* 32:934–956. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x>

Campos-Moreno DF, Dyer LA, Salcido D, et al (2021) Importance of interaction rewiring in determining spatial and temporal turnover of tritrophic (*Piper*-caterpillar-parasitoid) metanetworks in the Yucatán Peninsula, México. *Biotropica* 53:1071–1081. <https://doi.org/10.1111/btp.12946>

Caselli CB, Setz EZF (2011) Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. *Primates* 52:351–359. <https://doi.org/10.1007/s10329-011-0266-2>

Cassenote S, Silva PGD, Mare RAD, et al (2019) Seasonality of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Atlantic Forest sites with different levels of disturbance in southern Brazil. *Iheringia, Sér Zool* 109:.. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019035>

Connahs H, Aiello A, Van Bael S, Rodríguez-Castañeda G (2011) Caterpillar abundance and parasitism in a seasonally dry versus wet tropical forest of Panama. *J Trop Ecol* 27:51–58. <https://doi.org/10.1017/s0266467410000568>

Cosmo LG, Nascimento AR, Cogni R, et al (2019) Temporal distribution in a tri-trophic system associated with *Piper amalago* L. in a tropical seasonal forest. *Arthropod-Plant Interactions* 13:647–652. <https://doi.org/10.1007/s11829-019-09687-y>

Dormann C, Gruber B, Fruend J (2008) Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R News*, 2:8–11.

- Fernandes LBDR, Dias Filho MM, Fernandes MA, et al (2010) Ichneumonidae (Hymenoptera) parasitoids of Lepidoptera caterpillars feeding on *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae). *Rev Bras entomol* 54:263–269. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000200009>
- Fornoff F, Klein A-M, Blüthgen N, et al (2019) Tree diversity increases robustness of multi-trophic interactions. *Proc R Soc B* 286:20182399. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2399>
- Freitas MDF, Kinoshita LS (2015) Myrsine (Myrsinoideae- Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. *Rodriguésia* 66:167–189. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566109>
- Grinter CC, Whitfield JB, Connahs H, et al (2009) A Key to New World *Distatrix* Mason (Hymenoptera: Braconidae), with Descriptions of Six New Reared Neotropical Species. *Journal of Insect Science* 9:1–17. <https://doi.org/10.1673/031.009.2901>
- Hammer Ø, Harper DAT, Paul DR (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hernández MIM, Vaz-de-Mello FZ (2009) Seasonal and spatial species richness variation of dung beetle (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Rev Bras entomol* 53:607–613. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262009000400010>
- Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2016) iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods Ecol Evol* 7:1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Jeffries MJ, Lawton JH (1984) Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 23:269–286. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1984.tb00145.x>
- Lepesqueur C, Scherrer S, Vieira MC, et al (2018) Changing interactions among persistent species as the major driver of seasonal turnover in plant-caterpillar interactions. *PLoS ONE* 13: e0203164. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203164>
- Lombardi JA, Carvalho CDS, Biral L, et al (2012) Vascular flora of Serra do Japi Biological Reserve, Jundiaí, southeastern Brazil. *Rodriguésia* 63:333–340. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000200008>
- Machado PA, Gueratto PE, Moraes SS, et al (2022) Temporal Distribution of Eois Immatures (Lepidoptera, Geometridae) in a Tropical Forest. *The Journal of the Lepidopterists' Society* 76:.. <https://doi.org/10.18473/lepi.76i4.a5>
- Maicher V, Sáfián S, Murkwe M, et al (2018) Flying between raindrops: Strong seasonal turnover of several Lepidoptera groups in lowland rainforests of Mount Cameroon. *Ecology and Evolution* 8:12761–12772. <https://doi.org/10.1002/ece3.4704>
- Marquis RJ, Morais H, Diniz IR (2003) Interactions among Cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In: *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*, pp 306–328

Mercado-Gómez YL, Mercado-Gómez JD, Giraldo-Sánchez CE (2023) What Do Butterflies Tell Us about an Intermediate Disturbance in a Dry Tropical Forest Context? *Diversity* 15:927. <https://doi.org/10.3390/d15080927>

Morais HC, Diniz IR, Silva Delano MS (1999) Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. *Revista de Biología Tropical* [online], vol.47, 4:1025–1033. <https://doi.org/10.15517/rbt.v47i4.19306>

Moreira GRP, Gorbunov OG, Fochezato J, et al (2019) A peculiar new species of gall-inducing, clearwing moth (Lepidoptera, Sesiidae) associated with Cayaponia in the Atlantic Forest. *ZK* 866:39–63. <https://doi.org/10.3897/zookeys.866.34202>

Morellato LPC, Leitao Filho HF, Rodrigues RR, et al. (1990). Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 1:49-62.

Omann I, Stocker A, Jäger J (2009) Climate change as a threat to biodiversity: An application of the DPSIR approach. *Ecological Economics* 69:24–31. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.003>

Pansarin ER, Pansarin LM (2010) The Serra do Japi. In: *The family Orchidaceae in the Serra do Japi, São Paulo State, Brazil*. Springer Vienna, Vienna, pp 24–25

Pessoa-Queiroz R, Morais HCD, Diniz IR (2008) Abundance and temporal distribution of *Gonioterma exquisita* Duckworth (Lepidoptera, Elachistidae, Stenomatinæ) on *Byrsonima pachyphylla* Griseb. (Malpighiaceae) in the Brazilian Cerrado. *Rev Bras entomol* 52:62–67. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262008000100011>

Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecology* 27:132–136. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.01165.x>

R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Rahman S, Rostás M, Vosteen I (2025) Drought aggravates plant stress by favouring aphids and weakening indirect defense in a sugar beet tritrophic system. *J Pest Sci* 98:549–564. <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01799-6>

Ramos-Robles MI, Romero KLR, Burgos-Solorio A, et al (2023) The effect of tropical dry forest seasonality on the diversity of insects associated with ferns. *Rodriguésia* 74:. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202374067>

Rezende CL, Scarano FR, Assad ED, et al (2018) From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation* 16:208–214. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>

Ribeiro DB, Prado PI, Brown Jr. KS, et al (2010) Temporal Diversity Patterns and Phenology in Fruit-feeding Butterflies in the Atlantic Forest. *Biotropica* 42:710–716. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00648.x>

Rodrigues EM (2023) Estágios imaturos de Palyadini (Lepidoptera, Geometridae) e seus parasitoides associados a *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) em áreas de Cerrado em São Carlos, SP. Dissertation, Universidade Federal de São Carlos.

Satterfield DA, Sillett TS, Chapman JW, et al (2020) Seasonal insect migrations: massive, influential, and overlooked. *Frontiers in Ecol & Environ* 18:335–344. <https://doi.org/10.1002/fee.2217>

Scherrer S, Diniz Ir, Morais Hc (2010) Climate and host plant characteristics effects on lepidopteran caterpillar abundance on *Miconia ferruginata* DC. and *Miconia pohliana* Cogn (Melastomataceae). *Braz J Biol* 70:103–109. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842010000100014>

Shapiro BA, Pickering J (2000) Rainfall and parasitic wasp (Hymenoptera: Ichneumonoidea) activity in successional forest stages at Barro Colorado Nature Monument, Panama, and La Selva Biological Station, Costa Rica. *Agri and Forest Entomology* 2:39–47. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00048.x>

Sihvonen P, Mutanen M, Kaila L, et al (2011) Comprehensive Molecular Sampling Yields a Robust Phylogeny for Geometrid Moths (Lepidoptera: Geometridae). *PLoS ONE* 6:e20356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020356>

7. Capítulo 2. Nova espécie de *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) do Brasil, com notas biológicas

Trabalho aceito para publicação no *Brazilian Journal of Biology*

New species of *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) from Brazil, with biological notes

^a *Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - PPGERN, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, CEP 13.565-905, São Carlos, SP, Brazil*

Number of figures: 1-16

Palavras-chave: Neotropical, taxonomia, *Opisthoxia*, Geometridae, Primulaceae

Keywords: Neotropical, taxonomy, *Opisthoxia*, Geometridae, Primulaceae

Running title: *Colpotrochia* new species from Brazil

Abstract: A new species of the genus *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae) is described from Brazilian fauna and biological notes are presented. The specimen was obtained as a parasitoid that emerged from a pupa of *Opisthoxia farantes* (Schaus, 1901) (Lepidoptera, Geometridae).

Nova espécie de *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae, Metopiinae) do Brasil, com notas biológicas

Resumo: Uma nova espécie do gênero *Colpotrochia* Holmgren (Hymenoptera, Ichneumonidae) é descrita para a fauna brasileira e notas biológicas são apresentadas. O espécime foi obtido como parasitoide de uma pupa de *Opisthoxia farantes* (Schaus, 1901) (Lepidoptera, Geometridae).

Introduction

Colpotrochia Holmgren, 1856 is a genus of moderate to large sized solitary parasitoids, usually aposematic, with little knowledge of its biology. The genus belongs to the subfamily Metopiinae, which are larval/pupal endoparasitoids of Lepidoptera (Gauld et al., 2002). *Colpotrochia* makes part of a group with three genera: *Cubus* Townes & Townes, 1959; *Triclistus* Foerster, 1868 and *Ojuelo* Khalaim, 2012, all of them sharing a high lamella located between the antennal sockets (Khalaim et al. 2012). *Colpotrochia* can be distinguished from other Metopiinae by having the combination of the first metasomal segment anteriorly petiolate, long sternite I and mandible with subequal teeth (Khalaim et al., 2012).

Colpotrochia is distributed in all zoogeographical regions, except for the Afrotropics, with 24 neotropical species known out of more than 60 species worldwide

(Gauld et al., 2002; Martinez, 2008; Yu et al. 2016). In Brazil, species of *Colpotrochia* such as *C. diabella* Gauld and Sithole, 2002, *C. lineolata* (Brullé, 1846), *C. mexicana* (Cresson, 1868), *C. neblina* Gauld and Sithole, 2002, *C. mesoxantha* (Brullé, 1845) and *C. texana* (Cresson, 1872) are distributed throughout the South, Southeast and Midwest regions of Brazil, occurring in the states of Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais and Goiás (Fernandes et al., 2024).

Species from the Lepidoptera families like Noctuidae, Erebidae and Notodontidae are known to be hosts to species of *Colpotrochia*, with no previous records of hosts belonging to Geometridae; the families of plants Rosaceae, Solanaceae and Fagaceae are host plants of the lepidopterans associated with this genus (Yu et al. 2016).

In the present study, a new species of *Colpotrochia* from Brazil is described. This parasitoid was reared from a larva of *Opisthoxia farantes* (Schaus, 1901) (Lepidoptera, Geometridae) feeding on *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae). *Opisthoxia* Hübner, [1825] 1816 is a genus of neotropical moths from the tribe Palyadini (Lepidoptera, Geometridae, Ennominae) that comprises about 90 species widely distributed from Mexico and Central to South America, and is easily distinguished from other Palyadini due to a non-marginal eyespot on the hindwing between veins R_s and M_1 (Pitkin, 2002; Scoble, 1995). Immature stages of Palyadini species are poorly studied and this is the first record of parasitism of *Colpotrochia* on *Opisthoxia farantes*.

Material and methods

Larvae of Lepidoptera (N = 215) feeding on *Myrsine* species were collected using the active method of entomological umbrella, from March to August 2024, in an Atlantic semi-deciduous forest area at Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil. Leaves of the host plant were used in the laboratory to feed the larvae. Daily

observations were taken on the emergence of parasitoids, which were collected and preserved in 92% alcohol. Identification of the host species was carried out by comparisons of its head capsules with non-parasitized larvae of *Opisthoxia farantes*.

Generic identification of Metopiinae was carried out following the key of Gauld et al. (2002). The comparison of the new species of *Colpotrochia* was based on the available literature (Brullé, 1846; Spinola, 1851; Cresson, 1865, 1868, 1872; Dewitz, 1881, Brèthes, 1909; Gauld et al., 2002; Khalaim and Ruíz-Cancino, 2011; Khalaim et al. 2012). Terminology follows Harris (1979) and Gauld et al. (2002). Images of the specimen were obtained using a Leica DFC295 camera attached to a Leica M205C stereomicroscope and stacked with the Helicon focus software. Pictures were later processed using Adobe Photoshop.

The specimen is deposited at the Coleção Taxonômica do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Brazil (DCBU).

Results

From the 215 Lepidoptera larvae collected, 13 larvae were identified as *Opisthoxia farantes*. Of these, only one individual, collected on *Myrsine umbellata*, was parasitized by *Colpotrochia* sp. nov. The host larva became a pupa in 3.VII.2024 and the wasp emerged on the 2.VIII.2024, totalizing about 31 days.

Hymenoptera Linnaeus, 1758

Ichneumonidae Latreille, 1802

Metopiinae Förster, 1869

Colpotrochia Holmgren, 1856

***Colpotrochia* sp. nov. Barbosa, Dias & Pentead-Dias**

urn:lsid:zoobank.org:pub:EA710CEB-170F-4649-8DB2-4E921A2232B2

(Figs 1-12)

Body length, 8 mm; fore wing length, 6 mm.

Material examined: Holotype female, BRAZIL: São Paulo, Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, 23°13'56.6"S - 46°56'29.5"W, 1,187m, A.H.S. Barbosa col.

Color. Scape and pedicel light yellow; flagellomeres yellow brownish to the apex. Head black, with two anterior yellow patches on face, below the base of the antennae and extended downwards (Fig. 3). Mandibles yellow, black at apex; palps light yellow; clypeus and labrum yellow. Mesosoma predominantly yellow, but most portion of mesopleuron, three longitudinal bands on the mesoscutum, anterior of metapleuron and anterocentrally of propodeum black (Figs 4-5). Legs yellow; coxa and trochanter of fore and mid legs light yellow; brown areas on the dorsal surfaces of mid and hind femur; hind leg with coxa dark brown laterally, femur and tibia brownish. Tegula brown and subalar prominence light yellow. Wings (Fig. 6) uniformly infumate, pterostigma yellow; veins brownish. Metasoma with tergite I yellow, black and yellow banded; tergite II black with a yellow band at apex; tergites III+ black (Figs 8-12).

Head (Figs 3-4). Antenna with 51 flagellomeres. Scapus 1.0× as long as maximally wide; first flagellomere 3.0× as long as wide, 2.0× as long as the second one. Subapical flagellomere 1.0x as long as wide, 0.5× as long as apical flagellomere. Eye laterally measured 2.0× as high as wide. Head closely punctate, coriaceous between punctures. Clypeus with apical margin truncate, its surface moderately punctate. Labrum large and apically pointed, 0.5 times as long as basally broad; malar space 0.3× length of base of mandible. Face with an anterior median ridge (Fig 3), interantennal lamella

subquadrate in profile; interocellar distance about $0.7\times$ orbital-ocellar-distance. Temple not swollen in the dorsal view.

Mesosoma (Figs 5-7). Closely punctate, propleuron, posterior of mesopleuron, metanotum and anterior of propodeum smooth. Mesopleuron with a sharp and raised subalar ridge below tegula (Fig. 5). Notauli absent. Scutellar sulcus without transversal carinae. Propodeum (Fig. 7) with lateral longitudinal carinae vestigial posteriorly. Fore wing with stigma $2.5\times$ as long as wide; 3rs-m present enclosing a petiolate areolet, petiole $1.0\times$ total height of areolet. Posterior wing vein r-m present, with a bulla. Vein cu-a postfurcal. Legs: Hind femur $3.5\times$ as long as wide. Hind tibia $6.0\times$ as long as wide, $4.0\times$ as long as the hind basitarsomere. Hind basitarsomere $5.0\times$ as long as wide, $0.8\times$ as long as tarsomeres 2-5.

Metasoma (Figs 8-12). Smooth and pubescent. First tergite posteriorly pubescent, $2.0\times$ as long as posteriorly broad, with lateromedian longitudinal carina distinct (Fig. 8); sternite I smooth posteriorly (Fig 9); tergite II with laterotergites narrow, more than 5.0 times as long as wide; laterotergites III and IV broad, both narrower anteriorly than posteriorly; median length of second tergite $1.1\times$ its basal width, $0.8\times$ as long as first tergite and as long as the tergite III; subgenital plate pointed at apex (Fig. 12).

Diagnosis. *Colpotrochia* sp. nov. is distinguished from other species in the genus by having labrum apically acutely pointed, face presents a median carina and yellow patches extended downwards; a raised subalar ridge, wings uniformly infumate, forewing with areolet; metasoma with tergite I yellow, black and yellow banded; tergite II black with a yellow band at apex; tergites III+ black and subgenital plate apically acutely pointed.

Differential diagnosis. Considering the previous keys of neotropical *Colpotrochia* (Gauld et al., 2002; Khalaim and Ruíz-Cancino, 2011), this new species is mostly similar in morphology and coloration to *C. catania* Gauld and Sithole, 2002; *C. diabella* and *C. feroza* Gauld and Sithole, 2002, all of which have the areolet present. With *C. catania*, *Colpotrochia* sp. nov. shares a raised subalar ridge; the metasomal segment II with laterotergites narrow, not overlapping medioventrally on the midline; sternite I without corrugations and subgenital plate apically acutely pointed. *Colpotrochia* sp. nov. shares with *C. feroza* a raised subalar prominence and the sternite I smooth posteriorly.

Colpotrochia sp. nov. can be distinguished from *C. catania* and *C. feroza* by having labrum apically pointed, tergite I with lateromedian longitudinal carina complete and tergites III+ black (in *C. catania*, labrum apically rounded, metasoma mainly yellow with black bands on basal 0.5 of tergites II to V, and tergite I lacks a lateromedian longitudinal carina; in *C. feroza*, labrum apically rounded, tergites IV+ brownish black and lateromedian longitudinal carina vestigial on tergite I). Additionally, *Colpotrochia* sp. nov. differs from *C. diabella* by the presence of a raised subalar ridge in the mesopleuron and sternite I smooth posteriorly (in *C. diabella*, mesopleuron below tegula is flat, without a raised subalar ridge, and sternite I is corrugated posteriorly).

Male. Unknown.

Distribution. Brazil: São Paulo, Jundiaí.

Discussion

Colpotrochia sp. nov. was reared from a larva of *Opisthoxia farantes* feeding on *Myrsine umbellata* (Figs 13-14), collected in an area of Atlantic semi-deciduous forest,

at 1,187m of elevation. In Costa Rica, *Colpotrochia* species such as *C. diabella*, *C. feroza*, *C. neblina* and *C. zembla* Gauld and Sithole, 2002 are known to occur in high altitudinal sites between 1,110m and 1,750m of elevation (Gauld et al. 2002), showing that the genus is associated with high altitudes.

The parasitoid emerged from the *O. farantes* pupa, leaving a detached part from the host's pupal exuvia (Fig. 15-16). Because of this trait, the type of emergence in *Colpotrochia* sp. nov. is classified as larval-pupal (Godfray, 1994) and it is the same as other Metopiinae species, since their cocoons are fragile and the parasitoid stays within the host's pupa for extra protection until emergence (Quicke, 2015).

Many Metopiinae wasps have aposematic colors (mostly the “yellow-jacket” pattern) (Araujo and Pentead-Dias, 2011) and some *Colpotrochia* species also share this aspect (Gauld et al., 2002). Since the “wasp mimicry” mainly consists of prey exhibiting yellow-black patterns, resembling vespids wasps, and consequently causing predator avoidance (Boppré et al., 2017), it is possible that the color pattern in *Colpotrochia* sp. nov. may serve this purpose as well.

Parasitism records of the genus comprise mostly Noctuidae species (Gauld et al., 2002; Ahmed et al., 2020), including pest species such as *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Silva et al., 2012). Thus, this work enhances the knowledge on the geographical distribution and the hosts (*Opisthoxia farantes*, Geometridae) of *Colpotrochia*, as well as the host plant associated (*Myrsine umbellata*, Primulaceae), reinforcing the importance of studies with immature stages of Lepidoptera to access the diversity of parasitoid wasps and their biological aspects.

Acknowledgements

This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) and the Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT-HYMPAR). We are thankful to Maria de Fatima Freitas for the identification of the host plants; to Airton Santo Soares for his help in the field samplings and to Luciana Bueno dos Reis Fernandes for taking the photographs and preparing the figures. We also appreciate all the contributions provided by the reviewers of this manuscript.

References

- AHMED, S., BODLAH, I. and NADEEM, M.S., 2020. Addition of three new species of Metopiinae (Ichneumonidae: Hymenoptera) for Pakistan fauna from Pothwar region (Punjab) of Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biology*. vol. 23, no. 2, pp. 423–430.
- ARAÚJO, C.R. and PENTEADO-DIAS, A.M., 2011. New species of Metopiinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) from Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 71, no. 1, pp. 203–207. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000100029>
- BOPPRÉ, M., VANE-WRIGHT, R. I. and WICKLER, W., 2017. A hypothesis to explain accuracy of wasp resemblances. *Ecology and Evolution*, vol. 7, no. 1, pp. 73–81.
- BRÈTHES, J., 1909. Hymenoptera Paraguayensis. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires*, vol. 12: pp. 225-256.

BRULLÉ, M.A., 1846. Tome Quatrième. Des Hyménoptères, Les Ichneumonides, In: *Lepelletier de Saint-Fargeau A. Histoire Naturelles des Insectes*. Paris. 680pp.

CRESSON, E.T., 1865. On the Hymenoptera of Cuba. *Proceedings of the Entomological Society of Philadelphia*, vol. 4: pp. 1-200.

CRESSON, E.T., 1868. Catalogue of a Collection of Hymenoptera made by Prof. F. Sumichrast near Cordova, Mexico. *Transaction of the American Entomological Society*, vol. 2: pp. 1-38.

CRESSON, E.T., 1872. Hymenoptera Texana. *Transactions of the American Entomological Society*, vol.4:153-292.

DEWITZ, H., 1881. Hymenopteren von Porto Rico, *Berliner Entomologische Zeitschrift*, vol. 25:197-208.

FERNANDES, D.R.R., SANTOS, B.F., PÁDUA, D.G. and ARAUJO, R.O., 2024 [Viewed 09 september 2024]. Ichneumonidae in *Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil*. Available from: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/15155>

GAULD, I., SITHOLE, R., GOMES, J.U. and GODOY, C., 2002. The Ichneumonidae of Costa Rica, 2. *Memoirs of the American Entomological Institute*, vol. 4, 768 p.

GODFRAY, H.C.J., 1994. *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 473 pp.

HARRIS, R. A., 1979. A glossary of surface sculpturing. California Department of Food and Agriculture, *Bureau of Entomology*, vol 28, pp. 1-31.

KHALAIM, A.I. and RUIZ-CANCINO, E. 2011. Mexican species of *Colpotrochia* Holmgren, 1856 and *Cubus* Townes & Townes, 1959 (Hymenoptera: Ichneumonidae: Metopiinae). *Russian Entomological Journal* vol.20(1):71-73.

KHALAIM, A.I., RUIZ-CANCINO, E. and CORONADO-BLANCO, J., 2012. A new genus and species of Metopiinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) from Mexico. *Zookeys*. vol. 207, pp. 1-10. <https://doi.org/10.3897/zookeys.207.3339>

MARTÍNEZ, J.J., 2008. Redescrición de *Colpotrochia flava* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Metopiinae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, vol. 67, no. 3-4, pp. 147-149. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/114253>

PITKIN, L.M., 2002. Neotropical ennomine moths: A review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, [vol. 135, no. 2–3, pp. 121–401. https://doi.org/10.1046/j.1096-3642.2002.00012.x](https://doi.org/10.1046/j.1096-3642.2002.00012.x)

QUICKE, D.L.J., 2015. *Biology, systematics, evolution and ecology of Braconid and Ichneumonid parasitoid wasps*. Wiley Blackwell. 663 pp.

SCOBLE, M.J., 1995. A review of the moth tribe Palyadini with the description of a new genus (Geometridae: Ennominae). *Systematic Entomology*, [vol. 20, no. 1, pp. 35–58](#). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1995.tb00082.x>

SILVA, R.B., CRUZ, I., FIGUEIREDO, M.L.C., BORTONI, M.A., PEREIRA, A.G., MELO, I.F., CAMARGO, L.F., and PENTEADO-DIAS, A.M., 2012. Record of New Species of Parasitoids on Larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Dichomeris famulata* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Maize (*Zea mays* L.) in Brazil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, vol. 11, no. 1, pp. 115–119. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n1p115-119>

SPINOLA, M., 1851. Icneumonitos. Zoologia. In: Gay, C. *Historia Física y Política de Chile*, Paris, pp. 471-550.

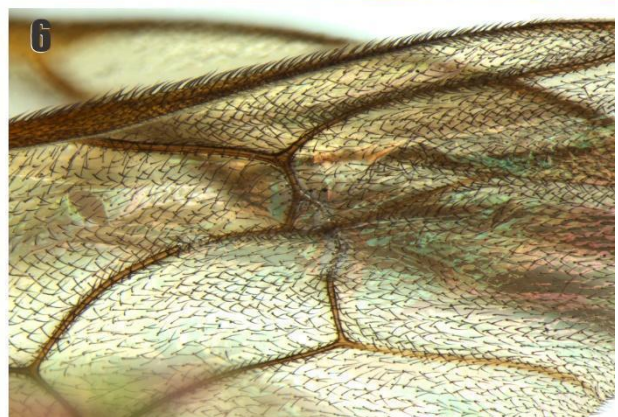
YU, D.S.K., van ACHTERBERG, C. and HORSTMANN, K., 2016 [Viewed 09 September 2024]. *Taxapad* 2016, Ichneumonoidea 2015. Database on a flash drive TAXAPAD. Available from: www.taxapad.com

Captions for figures

FIGURES 1–6. *Colpotrochia* sp. nov. Barbosa, Dias & Penteado-Dias. Holotype female: 1, habitus lateral; 2, habitus dorsal; 3, head, frontal view showing a median carina; 4, head and mesoscutum, dorsal view; 5, mesoscutum and anterior part of mesopleuron, lateral view showing a raised subalar prominence; 6, fore wing.

FIGURES 7-12. *Colpotrochia* sp. nov. Barbosa, Dias & Penteado-Dias. Holotype female: 7, propodeum, dorsal view; 8, tergite I, lateral view; 9, sternite I, ventral view; 10, metasoma, ventral view; 11, tergite III+ lateral view; 12, tergite III+ ventral view.

FIGURES 13-16. *Opisthoxia farantes*: 13, dorsal view of *O. farantes* last instar; 14, head of *O. farantes* last instar; 15, anterior part of the host's pupal exuvia detached by the parasitoid; 16, ventral view of the host's pupal exuvia.







8. Considerações finais

Este estudo permitiu avaliar a variação temporal de estágios imaturos de Lepidoptera associados a *Myrsine umbellata* e *Myrsine gardneriana*, assim como as interações dos imaturos com parasitoides ao longo do tempo. Foi possível verificar que as estações de pré-seca e seca apresentam comunidades estruturalmente distintas, e muitos resultados são consistentes com estudos de sistemas hospedeiro-parasitoide associados a outras plantas em áreas de Mata Atlântica.

Todavia, considerando que a dinâmica sazonal dos imaturos em florestas tropicais ainda carece de explicações ecológicas mais precisas, estudos futuros devem considerar a variação na composição química e a fenologia das plantas hospedeiras ao longo do tempo, bem como aspectos funcionais de lepidópteros e de seus inimigos naturais, incluindo implicações para as redes de interações e efeitos *bottom-up* e *top-down*.

O registro de uma nova espécie do gênero *Colpotrochia* reforça a importância de estudos com estágios imaturos de Lepidoptera, possibilitando o conhecimento acerca da biologia e diversidade dos inimigos naturais, agentes essenciais do controle biológico dos ecossistemas.

Em suma, foi possível obter novos dados biológicos, ecológicos e taxonômicos para o sistema tritrófico estudado, contribuindo para o conhecimento dos estágios imaturos de Lepidoptera que utilizam espécies de Primulaceae como plantas hospedeiras, incluindo os parasitoides associados.

9. Anexos

Supplementary Table 1. List of immature Lepidoptera and their respective host plants collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

<i>Species</i>	<i>Myrsine umbellata</i>	<i>Myrsine gardneriana</i>
<i>Acharia</i> sp.	X	X
Arctiinae sp.	X	
Arctiinae sp. 1	X	
<i>Argyrotome paraguayaria</i>	X	
<i>Cerodirphia</i> sp.		X
<i>Dysschema</i> sp.	X	
<i>Emesis</i> sp.	X	
<i>Eusarca arnetaria</i>	X	X
Geometridae sp.	X	X
Geometridae sp. 1	X	X
Geometridae sp. 2	X	
Geometridae sp. 3	X	
Geometridae sp. 4	X	X
Geometridae sp. 5	X	
Geometridae sp. 6	X	X
<i>Herbita capnodiata</i>	X	X
<i>Hymenomima conia</i>	X	
<i>Idaea</i> sp.	X	X
<i>Iridopsis</i> sp.	X	
<i>Ischnopteris inornata</i>	X	X
<i>Isochromodes</i> sp.	X	
<i>Melanolophia eucheria</i>	X	
<i>Melanolophia nebularia</i>	X	
<i>Melese</i> sp.	X	
<i>Melinodes subapicata</i>	X	
<i>Melinodes</i> sp. 1		X
Noctuidae sp.		X
Noctuidae sp. 1	X	
<i>Opisthoxia claudiaria</i>	X	X
<i>Opisthoxia farantes</i>	X	X
<i>Opisthoxia</i> sp. 1	X	
<i>Oxydia trychiata</i>		X
<i>Pero refellaria</i>	X	
<i>Pherotesia condensaria</i>	X	X
<i>Phlebosphales</i> sp.	X	X
<i>Phrygionis polita</i>	X	X
<i>Phrygionis privignaria</i>	X	
<i>Physocleora grosica</i>	X	X
<i>Physocleora</i> sp. 1	X	
<i>Phyle arcuosaria</i>		X
<i>Prochoerodes</i> sp.	X	
Psychidae sp.	X	X
<i>Sabulodes</i> sp.	X	
<i>Thyrinteina arnobia</i>	X	X
Tortricidae sp.	X	X

Supplementary Table 2. List of reared parasitoids, their respective hosts and associated plants collected between the early dry and dry seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

	Parasitoid	Host(s)	Plant(s)
Braconidae	<i>Apanteles</i> sp.	Geometridae sp. 2; <i>Opisthoxia claudiaria</i>	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Apanteles</i> sp 1	Arctiinae sp. 1	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Distatrix</i> sp.	<i>Acharia</i> sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Dolichogenidea</i> sp.	<i>Opisthoxia claudiaria</i>	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Exasticolus</i> sp.	<i>Pherotesia condensaria</i>	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Exix</i> sp.	<i>Ischnopteris inornata</i> ; <i>Thyrintina arnobia</i>	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Glyptapanteles</i> sp.	Geometridae sp. 5; <i>Opisthoxia claudiaria</i> ; <i>Physocleora grosica</i>	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>
	Microgastrinae sp.	<i>Idaea</i> sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
Ichneumonidae	<i>Casitaria</i> sp.	Geometridae sp. 4; Geometridae sp. 6;	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Casitaria</i> sp. 1	Geometridae sp. 4	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Colpotrochia</i> sp. nov.	<i>Opisthoxia farantes</i>	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Hyposoter</i> sp.	<i>Acharia</i> sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Zaglyptomorpha danunciae</i> Graf, 1979	Tortricidae sp.	<i>Myrsine gardneriana</i>
Eulophidae	<i>Euplectrus carlosarmientoi</i> Hansson, 2015	Geometridae sp.; <i>Phlebosphales</i> sp.; <i>Phrygionis polita</i> ; <i>Physocleora grosica</i>	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Euplectrus</i> sp. 1	Geometridae sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
	<i>Euplectrus</i> sp. 2	<i>Phrygionis polita</i>	<i>Myrsine gardneriana</i>
Tachinidae	Exoristinae sp.	<i>Acharia</i> sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
	Leskiini sp.	Tortricidae sp.	<i>Myrsine umbellata</i>
	Tachinidae sp.	Geometridae sp.; <i>Opisthoxia farantes</i> ; <i>Phlebosphales</i> sp.; <i>Sabulodes</i> sp.	<i>Myrsine gardneriana</i> ; <i>Myrsine umbellata</i>

Supplementary Table 3. Number of parasitized immatures collected on their respective host plants and seasons at the Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brazil, from March to August 2024.

Species	Early Dry Season		Dry Season		Total
	<i>M. umbellata</i>	<i>M. gardneriana</i>	<i>M. umbellata</i>	<i>M. gardneriana</i>	
<i>Acharia</i> sp.	3	1	0	0	4
Arctiinae sp. 1	0	0	1	0	1
Geometridae sp.	1	0	0	2	3
Geometridae sp. 2	0	1	0	0	1
Geometridae sp. 4	0	0	1	2	3
Geometridae sp. 5	0	0	1	0	1
Geometridae sp. 6	0	0	0	1	1
<i>Idaea</i> sp.	1	1	0	0	2
<i>Ischnopteris inornata</i>	0	0	2	0	2
<i>Opisthoxia claudiaria</i>	2	0	2	1	5
<i>Oppisthoxia farantes</i>	1	0	0	1	2
<i>Phlebosphales</i> sp.	3	1	2	3	9
<i>Pherotesia condensaria</i>	0	0	1	0	1
<i>Phrygonis polita</i>	0	1	0	3	4
<i>Physocleora grosica</i>	1	0	1	0	2
<i>Sabulodes</i> sp.	0	0	1	0	1
<i>Thyrinteina arnobia</i>	0	0	0	1	1
Tortricidae sp.	0	1	1	1	3
Total	12	6	13	15	46
Total for seasons	18		28		46

Supplementary Table 4. Full names of the taxa represented in codes in the bipartite tri-trophic webs.

Codes for Parasitoid species	Codes for Immature species
apn: <i>Apanteles</i> sp.	asp: <i>Acharia</i> sp.
cja: <i>Colpotrochia</i> sp. nov.	gsp: Geometridae sp.
dis: <i>Distatrix</i> sp.	gsp2: Geometridae sp. 2
dol: <i>Dolichogenidea</i> sp.	ida: <i>Idaea</i> sp.
euc: <i>Euplectrus carlosarmientoi</i>	ocl: <i>Opisthoxia claudiaria</i>
exo: Exoristiinae sp.	phle: <i>Phlebosphales</i> sp.
gly: <i>Glyptapanteles</i> sp.	ppo: <i>Phrygionis polita</i>
hyp: <i>Hyposoter</i> sp.	phg: <i>Physocleora grosica</i>
mic: Microgastrinae sp.	tor: Tortricidae sp.
tac: Tachinidae sp.	arc1: Arctiinae sp. 1
zda: <i>Zaglyptomorpha danunciae</i>	gsp4: Geometridae sp. 4
apn1: <i>Apanteles</i> sp. 1	gsp5: Geometridae sp. 5
csp: <i>Casinaria</i> sp.	gsp6: Geometridae sp. 6
csp1: <i>Casinaria</i> sp. 1	isc: <i>Ischnopteris inornata</i>
eup1: <i>Euplectrus</i> sp. 1	ofa: <i>Opisthoxia farantes</i>
eup2: <i>Euplectrus</i> sp. 2	phc: <i>Pherotesia condensaria</i>
exa: <i>Exasticolus</i> sp.	sab: <i>Sabulodes</i> sp.
exi: <i>Exix</i> sp.	tar: <i>Thyrinteina arnobia</i>
les: Leskiini sp.	