

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS

**SISTEMAS DE USO DA TERRA NA DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE
CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE E REDESCRIÇÃO DE
Leucochrysa (Nodita) vittata FREITAS E PENNY (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

São Luís - MA

2025

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS
Engenheira Agrônoma e Mestre em Agroecologia

**SISTEMAS DE USO DA TERRA NA DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE
CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE E REDESCRIBÇÃO DE
Leucochrysa (Nodita) vittata FREITAS E PENNY (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias
da Universidade Estadual do Maranhão, para a
obtenção do título de Doutora em Ciências Agrárias.
Orientador: Fabrício de Oliveira Reis
Coorientador: Adriano Soares Rêgo

São Luís - MA
2025

Santos, Anne Caroline Bezerra dos.

Sistemas de uso da terra na diversidade e abundância de Crisopídeos da Amazônia Oriental Maranhense e redescritção de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas e Penny (Neuroptera: Chrysopidae) ./ Anne Caroline Bezerra dos Santos . – São Luís(MA), 2025.

146 p.

Tese (Programa de Ciências Agrárias) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis.

Co-orientador: Prof. Dr. Adriano Soares Rêgo.

1. Agroecossistemas. 2. Composição Faunística. 3. Chrysopini. 4. Fragmentos florestais. 5. Leucochrysini. I.Título.

CDU: 591.472(812.1)

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS

**SISTEMAS DE USO DA TERRA NA DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DE
CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE E REDESCRIÇÃO DE
Leucochrysa (Nodita) vittata FREITAS E PENNY (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

Aprovada em: 28/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



FABRÍCIO DE OLIVEIRA REIS
Data: 15/09/2025 11:59:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Documento assinado digitalmente



RAIMUNDA NONATA DE LEMOS ARAUJO
Data: 19/09/2025 10:02:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Raimunda Nonata de Lemos Araújo
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Documento assinado digitalmente



ESTER AZEVEDO DO AMARAL
Data: 23/09/2025 13:38:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ester Azevedo do Amaral
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Documento assinado digitalmente



JANAINA MARQUES MONDEGO
Data: 24/09/2025 12:34:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Janaina Marques Mondego
Instituto Estadual do Maranhão – IEMA

Documento assinado digitalmente



WENNER VINICIUS ARAUJO SARAIVA
Data: 29/09/2025 09:05:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Wenner Vinicius Araújo Saraiva
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

Carl Jung

À minha querida mãe, MARIA VITÓRIA BEZERRA (*in memoriam*), cujo amor e sabedoria moldaram cada passo da minha jornada. Ainda que não possas estar presente fisicamente para ver este trabalho concluído, sinto tua presença em cada conquista e em cada desafio superado.

A tua força, a tua coragem e os ensinamentos que deixaste continuam a iluminar meu caminho, servindo de inspiração nos momentos de incerteza.

Com eterna saudade, amor profundo e imensa gratidão...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me ter permitido superar os desafios e concluir mais esta etapa de minha vida. Me manter firme espiritualmente, especialmente quando o corpo e a mente não estavam tão bem.

À memória da minha mãe, Maria Vitória Bezerra, cuja presença continua viva em mim, guiando-me com amor e sabedoria.

Ao meu pai, Francisco de Assis Cunha dos Santos, exemplo de dignidade e resiliência, por seu apoio constante e silencioso, sempre presente nas decisões mais importantes da minha vida.

Aos meus irmãos, Franciane Bezerras dos Santos e Felipe Bezerra dos Santos, por serem parte essencial da minha história, com amor, companheirismo e suporte incondicional.

Ao meu filho, Arthur Lorrán Bezerra dos Santos, razão maior da minha vida, minha inspiração diária. Que esta conquista lhe mostre que é possível sonhar alto e realizar com esforço e dedicação.

Ao meu amigo e namorado Eduardo José Pereira Leite por me acompanhar sempre como pode e que escolheu compartilhar comigo os bons e maus momentos, te admiro muito. Seu apoio foi fundamental para que eu continuasse firme nesta caminhada.

A todos os meus familiares que não participaram intimamente deste projeto, mas foram simplesmente meus familiares, a vocês minha profunda gratidão. À minha família, que agora não vai mais perguntar “quando vai terminar?”, mal sabem que, na verdade, nunca termina. A busca por conhecimento e a vontade de contribuir com uma gota neste vasto oceano da pesquisa é infinita, apenas mudamos de fase.

Ao meu orientador, Dr. Fabrício de Oliveira Reis, muito obrigada por todos esses anos de apoio e orientação científica, sempre disposto a fornecer os recursos possíveis para o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Adriano Soares Rêgo, pela orientação generosa, pelas trocas valiosas e por sempre contribuir com sabedoria e incentivo ao longo deste período. E pela identificação dos crisopídeos e contribuição nas análises estatísticas. Sou imensamente grata a você.

As professoras Raimunda Nonada Araújo Lemos, Gislane da Silva Lopes e Ester Azevedo do Amaral por todo esse caminhar.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCIAG), meu profundo agradecimento por ter sido o espaço que acolheu

minha pesquisa, minha formação e meu crescimento acadêmico e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Fapema, pelo projeto financiado.

Ao Laboratório de Entomologia, pelo apoio na condução das minhas pesquisas.

Aos produtores do assentamento Tico-Tico, que cederam as áreas para o estudo e por todo apoio.

Aos bolsistas de iniciação científica em especial Kamila Sousa, Renata Anchieta, Lorena Bandeira, Rebeca Anchieta, Vanessa Costa e Palmira Mendonça por terem me ajudado nas coletas de campo.

A todos os amigos do Laboratório de Entomologia da UEMA, pela convivência harmoniosa e momentos de descontração. Em especial aos amigos, Iasmym de Cássia Rodrigues, Luís Carlos Ferreira e Aline Mascarenhas pelo companheirismo nos momentos difíceis, confiança e alegria compartilhados.

À Rayanne Cristine Ferreira, secretária do Programa de Pós-Graduação, por estar sempre disponível para ajudar os estudantes do programa.

Ao corpo docente do PPGCIAG, pelos ensinamentos transmitidos.

E, finalmente, a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	11
LISTA DE TABELAS	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	17
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Fragmentação florestal	20
2.2 Uso da terra e biodiversidade em ambientes simplificados.....	21
2.3 Insetos como bioindicadores da qualidade ambiental	24
2.4 Crisopídeos	25
2.5 Influência de fatores abióticos em insetos	26
2.6 Taxonomia e controle biológico	28
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO II – SISTEMAS DE USO DA TERRA E FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE.....	42
Resumo	43
Abstract	44
Introdução	45
Material e Métodos	46
Resultados	51
Discussão	55
Conclusão	62
Agradecimentos	62
Referências	63

CAPÍTULO III - SISTEMAS DE USO DA TERRA E FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE.....	86
Resumo	87
Abstract	88
Introdução	89
Material e Métodos	90
Resultados	94
Discussão	97
Conclusão	100
Agradecimentos	101
Referências	102
CAPÍTULO IV - REDESCRIBÇÃO DE <i>Leucochrysa (Nodita) vittata</i> FREITAS & PENNY (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE	114
Resumo	115
Abstract	116
Introdução	117
Material e Métodos	118
Resultados	121
Discussão	129
Conclusão	130
Agradecimentos	130
Referências	131
ANEXOS	143

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Sítios de estudo: (A) Policultivo e (B) Pastagem..... 74
- Figura 2.** Sítios de estudo: (A) Capoeira intermediária e (B) Capoeira velha 74
- Figura 3.** Diagrama de dominância de Whitaker mostrando a abundância total de crisopídeos amostrados em pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023) 75
- Figura 4.** Diagrama de rank-abundância mostrando a abundância de espécies de crisopídeos em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023) 76
- Figura 5.** Diagrama de Venn evidenciando as espécies exclusivas e compartilhadas de crisopídeos amostrados em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023) 77
- Figura 6.** Abundância da comunidade de crisopídeos amostrados em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 78
- Figura 7.** Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrados em sistemas de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 78
- Figura 8.** Curvas de saturação de espécies (global, $n=24$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão..... 79
- Figura 9.** Curvas de saturação de espécies ($n=12$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados no período chuvoso em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão..... 80
- Figura 10.** Curvas de saturação de espécies ($n=12$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados no período seco em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV)

localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão..... 81

Figura 11. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em pastos..... 82

Figura 12. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em policultivos 83

Figura 13. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em capoeiras intermediárias..... 84

Figura 14. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em capoeiras velhas 85

CAPÍTULO III

Figura 1. Perfis de diversidade para amostras de quatro comunidades biológicas distribuídas em sistemas de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) usando a Série de Hill. Para o parâmetro $\alpha = 0$, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra. Para $\alpha = 1$, o valor de diversidade é equivalente ao Índice de Shannon (base neperiana) e pode ser obtido por $e^{(N1)}$, onde $e = 2,718282$. Para $\alpha = 2$, o valor é igual ao obtido com o inverso do Índice de Simpson ($1/D$). Para $\alpha = 3$, índice de Gini-Simpson; $\alpha = 4$, índice de Tsallis (HCDT); $\alpha = 5$, índice de Renyi 110

Figura 2. Abundância da comunidade de crisopídeos amostrada no período chuvoso em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 111

Figura 3. Abundância da comunidade de crisopídeos amostrada no período seco em pastos (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 111

Figura 4. Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrada no período chuvoso em sistemas de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023).

Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 112

Figura 5. Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrada no período seco em sistemas de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) 112

CAPÍTULO IV

Figura 1. Vista frontal (A) e lateral (B) da cabeça e vista dorsal (C e D) dos tagmas de *Leucochrysa* spp. Adaptado de Freitas & Penny (2001) 135

Figura 2. Vista frontal da cabeça e apêndices cefálicos (A) e vista dorsal da cabeça e tórax (B) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny 135

Figura 3. Estrutura da asa anterior (direita e esquerda) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀) 136

Figura 4. Estrutura e indicadores morfométricos da asa posterior (direita e esquerda) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀) 136

Figura 5. Segmentos terminais do abdome da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral. 137

Figura 6. Vista da subgenitália e da genitália (A) e detalhe da genitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B) 137

Figura 7. Vista anterior (A) e lateral (B) da genitália de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny 138

Figura 8. Ápice da subgenitália evidenciando a crumena (A) e detalhe da subgenitália e genitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B) ... 138

Figura 9. Vista frontal (A) e lateral (B) da subgenitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny 139

Figura 10. Segmentos terminais do abdome do macho de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral 139

Figura 11. Genitália do macho (A) e *hipandrium internum* de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B) 140

Figura 12. Vista frontal (A) e lateral (B) da genitália do macho de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny 140

Figura 13 – *Leucochrysa (Nodita) vittata*, nova espécie 146

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição e abundância de espécies da família Chrysopidae amostrados em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023). 68

Tabela 2. Composição e abundância de espécies da família Chrysopidae amostrados nos períodos chuvoso e seco (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023). 70

CAPÍTULO III

Tabela 1. Análise faunística da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (pastagens e policultivos) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023) 106

Tabela 2. Análise faunística da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023) 107

Tabela 3. Riqueza de espécies, Índice de Shannon (H), Índice de riqueza (Margalef – α) e Índice de uniformidade (E) na comunidade de crisopídeos verdes (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023) 108

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Indicadores morfométricos das asas anteriores de machos e fêmeas de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (σ e φ)..... 141

Tabela 2. Indicadores morfométricos das asas posteriores de machos e fêmeas de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (σ e φ) 142

RESUMO

A intensificação do uso da terra, impulsionada principalmente por práticas agrícolas convencionais, tem sido amplamente associada à redução da biodiversidade em diversos ecossistemas. Essa perda pode comprometer significativamente o funcionamento e a resiliência dos sistemas naturais. Por outro lado, uma maior diversidade biológica está diretamente relacionada à estabilidade ecológica e à provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como o controle natural de pragas. Nesse contexto, insetos predadores generalistas, como os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae), desempenham um papel ecológico relevante por atuarem como inimigos naturais de uma ampla gama de artrópodes fitófagos, contribuindo para a regulação populacional desses organismos e para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Os objetivos deste trabalho foram determinar a composição faunística, os padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos em diferentes tipos de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas), a contribuição relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre esses indicadores ecológico e redescrever *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas e Penny (Neuroptera: Chrysopidae). Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados: pastagens não manejadas; policultivos; capoeiras com nível intermediário de sucessão ecológica (20 anos de idade); capoeiras velhas (60 anos de idade). O método de captura dos crisopídeos foi por meio do uso de armadilhas atrativas. Para a redescrição da *L. (N.) vittata* os espécimes estudados foram identificados por meio de chave dicotômica baseada em caracteres morfológicos externos e da genitália de adultos e descrição original do holótipo da espécie. Foram capturados 1.264 adultos de Chrysopidae, distribuídos em três gêneros e 42 morfoespécies, pertencentes às tribos Chrysopini e Leucochrysinini. Dentre os Chrysopidae capturados, a tribo Leucochrysinini foi a mais abundante. Em relação à riqueza de espécies de crisopídeos, houve diferença entre os tipos de uso da terra, com maior riqueza de espécies de crisopídeos nas pastagens em contraste com as capoeiras intermediárias ou velhas. A composição da comunidade e abundância de espécies da família Chrysopidae amostradas na região de estudo variou conforme o tipo de uso da terra. Apesar de ser o ambiente mais simplificado, as pastagens abrigaram uma elevada riqueza e abundância de crisopídeos em contraste aos demais usos da terra amostrados. Variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) influenciaram a riqueza e abundância de crisopídeos de diferentes maneiras. Quanto a redescrição de *L. (N.) vittata* foram inseridas novas características morfológicas do abdômen de machos e fêmeas na chave dicotômica anteriormente proposta. Conclui-se que a composição faunística e diversidade de crisopídeos variou de acordo com os tipos de uso da terra. As pastagens tiveram maior riqueza e abundância de espécies de crisopídeos. Os padrões de riqueza e abundância das espécies amostradas foram influenciados pela sazonalidade e principalmente pela variável abiótica precipitação pluviométrica. Com o registro e redescrição de *L. (N.) vittata*, expande-se consideravelmente a área de ocorrência dessa espécie no Brasil. Tendo em vista que todos os aspectos do controle biológico dependem de uma base taxonômica sólida e que a correta identificação viabiliza a comunicação entre pesquisadores bem como o acesso à literatura científica, o presente estudo contribui para o progresso da taxonomia do gênero *Leucochrysa*, sobretudo para populações oriundas da Amazônia Maranhense.

Palavra-chave: Agroecossistemas; Composição Faunística; Chrysopini; Fragmentos florestais; Leucochrysinini; Riqueza de espécies; Taxonomia.

ABSTRACT

The intensification of land use, driven primarily by conventional agricultural practices, has been widely associated with a reduction in biodiversity in various ecosystems. This loss can significantly compromise the functioning and resilience of natural systems. On the other hand, greater biological diversity is directly related to ecological stability and the provision of essential ecosystem services, such as natural pest control. In this context, generalist predatory insects, such as lacewings (Neuroptera: Chrysopidae), play a relevant ecological role by acting as natural enemies of a wide range of phytophagous arthropods, contributing to the population regulation of these organisms and the sustainability of agroecosystems. The objectives of this work were to determine the faunal composition, richness and abundance patterns of the lacewing community in different land use types (pasture, polycultures, intermediate secondary forests, and old secondary forests), the relative contribution of abiotic environmental variables (temperature, relative humidity, and rainfall) on these ecological indicators, and to redescribe *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas and Penny (Neuroptera: Chrysopidae). Four land use types present in the region were selected: unmanaged pastures; polycultures; secondary forests with an intermediate level of ecological succession (20 years old); and old secondary forests (60 years old). The lacewing capture method was through the use of attractive traps. For the redescription of *L. (N.) vittata*, the studied specimens were identified using a dichotomous key based on external morphological characters and genitalia of adults and the original description of the holotype of the species. A total of 1,264 adult Chrysopidae were captured, distributed across three genera and 42 morphospecies, belonging to the tribes Chrysopini and Leucochrysinini. Among the captured Chrysopidae, the tribe Leucochrysinini was the most abundant. Regarding lacewing species richness, there was a difference between land use types, with greater lacewing species richness in pastures compared to intermediate or old secondary forests. The community composition and abundance of Chrysopidae species sampled in the study region varied according to land use type. Despite being the most simplified environment, pastures harbored high lacewing richness and abundance in contrast to the other land uses sampled. Environmental variables (temperature, relative humidity, and rainfall) influenced lacewing richness and abundance in different ways. Regarding the redescription of *L. (N.) vittata*, new morphological characteristics of the abdomens of males and females were added to the previously proposed dichotomous key. It is concluded that the faunal composition and diversity of lacewings varied according to land use. Pastures had greater richness and abundance of lacewing species. The richness and abundance patterns of the sampled species were influenced by seasonality and mainly by the abiotic variable of rainfall. With the registration and redescription of *L. (N.) vittata*, the range of this species in Brazil has considerably expanded. Considering that all aspects of biological control depend on a solid taxonomic basis and that correct identification facilitates communication between researchers as well as access to the scientific literature, this study contributes to the advancement of the taxonomy of the genus *Leucochrysa*, especially for populations originating from the Maranhão Amazon.

Key words: Agroecosystems; Chrysopini; Faunal Composition; Forest fragments; Leucochrysinini; Species richness; Taxonomy.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

A intensificação do uso da terra é considerada uma das causas do declínio da biodiversidade (Newbold *et al.*, 2020) e, como consequência, diversos serviços ambientais podem ser reduzidos em paisagens modificadas por ações antrópicas, tais como a decomposição no solo, polinização, dispersão de sementes, controle biológico dentre outros (Davison; Rahbek; Morueta-Holme, 2021). No entanto, sabe-se que a biodiversidade pode melhorar e estabilizar o funcionamento do ecossistema (Rollin *et al.*, 2019; Jun Ma *et al.*, 2023), portanto identificar e fazer uso de indicadores ecológicos é essencial para adoção de medidas conservacionistas em paisagens tropicais (Uehara-Prado *et al.*, 2009).

Especificamente entre os artrópodes, componentes-chave de ecossistemas, diversos grupos de insetos são considerados bioindicadores da qualidade ambiental, devido à sua sensibilidade a alterações de habitat e por apresentarem rápidas respostas a distúrbios, por exemplo, aos efeitos da fragmentação em ecossistemas naturais provocadas por alterações antropogênicas (Uehara-Prado *et al.*, 2009). Os insetos são considerados os organismos mais abundantes na maioria dos ecossistemas (Aquad *et al.*, 2012) e representam um componente funcional-chave dos ecossistemas terrestres, uma vez que são responsáveis por ocupar uma diversa variedade de nichos ecológicos, através de uma ampla gama de escalas temporais e espaciais, essenciais para o funcionamento e sustentabilidade do ecossistema (New, 2009).

De acordo com New (2009) há uma carência de dados específicos de diversos grupos de insetos bem como dos diversos fatores responsáveis por afetar a distribuição e abundância de insetos nos mais variados habitats de interesse bioecológico. Neste contexto, insetos predadores generalistas de topo de cadeia alimentar, conhecidos comumente por crisopídeos ou bichos-lixeiros (Neuroptera: Chrysopidae), são considerados importantes inimigos naturais de diversos artrópodes fitófagos devido à eficiência de predação de sua fase larval (Pappas; Broufas; Koveos, 2011).

Pesquisas sobre a ocorrência de espécies de crisopídeos em ambientes naturais, paisagens fragmentadas bem como em agroecossistemas têm despertado grande interesse no século XXI (Freitas; Penny, 2001; Herrera; Ruano, 2022), pois o conhecimento dos processos dinâmicos que ocorrem em diferentes níveis de escala é importante para propor estratégias voltadas para a conservação de inimigos naturais e, portanto, melhorar o impacto desses agentes de biocontrole em sistemas agrícolas ou habitats florestais (Szentkirályi, 2001). Por exemplo, o controle biológico por conservação tem por objetivo melhorar a sobrevivência, fecundidade e longevidade de inimigos naturais favorecendo sua efetividade em regular populações de

artrópodes fitófagos por meio do manejo de habitats (Landis; Wratten; Gurr, 2000).

Estudos com objetivo de avaliar padrões sazonais nas dinâmicas populacionais de Chrysopidae, mudanças na abundância de espécies e fatores ambientais sobre sítios de estudo ao longo dos anos são escassos (Szentkirályi, 2001) e são cruciais para avaliar a resposta de crisopídeos sob o efeito de diferentes variáveis de origem biótica ou abiótica. As alterações climáticas têm efeitos heterogêneos em vários fatores abióticos, que por sua vez, influenciam na abundância, riqueza e dinâmica populacional de artrópodes (Duffy; Gouhier; Ganguly, 2022). A temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica tem influenciado na dinâmica populacional de insetos em agroecossistemas e fragmentos de florestas (Silva *et al.*, 2018ab).

A taxonomia e o controle biológico são campos do conhecimento em constante desenvolvimento (Marvaldi, 2024). A taxonomia fornece a base para o reconhecimento e a delimitação de espécies, elemento essencial para a efetividade de programas de controle biológico (Shimbori *et al.*, 2023). Além da descrição e identificação taxonômica, essa área abrange levantamentos de fauna, manutenção de coleções biológicas, elaboração de catálogos e bancos de dados, bem como estudos filogenéticos que subsidiam a compreensão de aspectos evolutivos, distribuição geográfica e interações ecológicas (Shimbori *et al.*, 2023). A taxonomia configura-se como o ponto inicial para o levantamento de toda literatura pregressa de um determinado organismo e da discussão de novos dados (Parra *et al.*, 2023).

Como as alterações antropogênicas variam no tempo e espaço em diferentes habitats, torna-se difícil prever quais características da história de vida de inimigos naturais são mais adaptadas às mudanças no uso da terra. Especificamente para membros da família Chrysopidae, tais estudos são preponderantes para a adoção de medidas conservacionistas nos mais variados habitats de interesse bioecológico de modo a garantir a manutenção e preservação de importantes serviços ambientais essenciais aos ecossistemas naturais ou manejados. Dado o exposto, objetivou-se determinar a composição faunística, os padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos em diferentes tipos de uso da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas), a contribuição relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre esses indicadores ecológico e redescrever *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas e Penny (Neuroptera: Chrysopidae).

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Fragmentação florestal

As florestas são ecossistemas que desempenham diversas funções importantes para a humanidade, por exemplo, a produção de alimentos, regulação do clima (Raihan *et al.*, 2022), dispersão de sementes, polinização e serviços de controle de pragas (Mengist; Soromessa, 2019; Mengist; Soromessa; Feyisa, 2020), reciclagem de nutrientes, conservação do solo e recursos hídricos, fixação de nitrogênio, habitats da fauna, conservação de genes e manutenção do equilíbrio e integridade ecológica (Deal; White, 2012; Rai, 2013).

Ao longo do tempo, as atividades humanas têm transformado drasticamente esses ecossistemas para atender as demandas socioeconômicas (Voumik *et al.*, 2023). No entanto a fragmentação e a perda florestais têm um impacto relevante na biodiversidade e nos serviços ambientais fornecidos por paisagens florestais (Hu *et al.*, 2020; Sintayehu; Ebrahim, 2020), sendo a perda da biodiversidade um problema enfrentado tanto pelas nações ricas e em desenvolvimento nas últimas década (Isfat; Raihan, 2022; Raihan; Himu, 2023).

A fragmentação florestal é um processo dinâmico em que uma grande mancha florestal é reduzida em tamanho, e dividida em muitas manchas pequenas e isoladas (Tolentino; Anciaes, 2020) e separadas por diferentes tipos de uso da terra (Galán-Acedo; Arroyo-Rodríguez; Chapman, 2021). A retirada da vegetação nativa para uso desordenado do solo para fins de agricultura e expansão urbana tem como consequência a fragmentação florestal e redução de habitats, que por sua vez, tem efeito direto na dinâmica da vegetação e do ecossistema (Ferreira *et al.*, 2019).

Segundo Ferreira *et al.*, (2019) o principal efeito da fragmentação na paisagem é a redução de habitats contínuos e o aparecimento de um mosaico composto por ambientes menores, geralmente o que provoca alterações e perdas de funções ecológicas. Como consequência dessa mudança, além da redução do tamanho de uma mancha florestal, há um aumento no número de ambientes de transição entre o centro do fragmento e sua matriz circundante, influenciando diretamente na interação da biodiversidade local (Ferreira *et al.*, 2019).

A destruição e fragmentação de habitats são os principais responsáveis pela perda de biodiversidade, extinção de espécies (Betts *et al.*, 2019) e por desestabilizar os processos como sequestro de carbono, regulação climática, polinização, controle biológico de pragas e doenças e biota edáfica (Pérez-Solache *et al.*, 2023).

Vários mecanismos podem ser responsáveis pelo declínio de certas espécies após o isolamento do fragmento: números inadequados de adultos reprodutores para substituir a população dentro do fragmento, resultando numa população sumidouro (Şekercioğlu *et al.*, 2019); os adultos restantes priorizam a sobrevivência e a manutenção em vez da reprodução (Kazo; Lovejoy; Luther, 2022); e diminuição da taxa de sobrevivência juvenil devido ao aumento da predação (Crooks; Soulé, 1999; Schmidt, 2003). Separar esses fatores causais pode ser fundamental para entender por que as espécies diminuem após o isolamento dos fragmentos (Coddington; Cooper; Luther, 2023).

A estrutura do habitat é importante para a abundância e as interações entre insetos herbívoros e seus predadores (Follett; Bruin; Desneux, 2020). No entanto, a intensificação agrícola e a destruição dos habitats ameaçam tanto os polinizadores quanto os inimigos naturais, impactando negativamente as funções ecossistêmicas e a produtividade agrícola (Ulyshen *et al.*, 2023).

Estudos de campo mostram que besouros terrestres especialistas dependem da presença de sebes e árvores para sua sobrevivência (Brooks *et al.*, 2012), e que a redução da complexidade da vegetação leva à diminuição da diversidade de espécies em diversos grupos de organismos (Tews *et al.*, 2004). Na ordem Neuroptera, diferentes famílias de crisopídeos são destacadas por sua capacidade de colonizar e se adaptar a novas condições ambientais (Henry; Wells, 1990, McEwen; New; Whittington, 2001; Badano *et al.*, 2018) e ajustar suas áreas de forrageamento com base em seus hábitos alimentares, habilidades de distribuição e localização de recursos nos habitats naturais (Stelzl; Devetak, 1999; Duelli; Obrist; Fluckiger, 2002). Isso provavelmente ocorre porque os crisopídeos são tipicamente bastante tolerantes a mudanças sazonais e variação de habitat (Canard, 2005, Ventura *et al.*, 2007).

2.2 Uso da terra e biodiversidade em ambientes simplificados

O estudo do uso da terra é essencial para compreender as transformações nos ecossistemas e suas consequências (Isbell *et al.*, 2022). O uso da terra engloba atividades humanas que afetam áreas específicas, como zonas agrícolas, pastagens, zonas urbanas e recreativas (Silva, 2024), e determina a disponibilidade de serviços ecossistêmicos regionais que contribuem para melhorar o bem-estar humano (Zhang *et al.*, 2021), e sempre adaptado às necessidades das pessoas (Ellis *et al.*, 2021). Entretanto, a mudança no uso da terra influencia muitos aspectos do ambiente global, e é um dos principais impulsionadores da perda de biodiversidade em todo o mundo, o que causa degradação e redução da disponibilidade de

habitat (Isbell *et al.*, 2022).

Conflitos de uso da terra, especialmente em áreas sensíveis como matas ciliares, podem impactar a conservação ambiental (Pessoa *et al.*, 2013). A evolução do uso da terra, desde o desmatamento até a introdução de atividades agropecuárias, tem impactos diretos nos recursos hídricos (Martins, 2024). A classificação da cobertura da terra em diferentes categorias, como floresta, agricultura, áreas urbanas, entre outras, é essencial para compreender a influência do uso da terra na qualidade da água e na dinâmica dos ecossistemas (Paula; Benedetti; Filho, 2016).

Os ecossistemas naturais foram amplamente convertidos em terras agrícolas e áreas urbanizadas de uso intensivo (Hansen *et al.*, 2022). Essas transformações são impulsionadas por diversos fatores socioeconômicos, como o crescimento populacional, a globalização, a urbanização, as mudanças na oferta e demanda de produtos, os avanços tecnológicos, as alterações nos hábitos alimentares e a influência da opinião pública, resultando em modificações significativas no uso da terra e nas práticas agrícolas (Beyer *et al.*, 2022; Subedi; Kristiansen; Cacho, 2022).

No entanto, essas mudanças não podem ser atribuídas a um único fator, pois resultam da interação complexa entre o clima, as condições socioeconômicas e as políticas públicas (Ustaoglu; Williams, 2017). Além disso, muitas mudanças no uso da terra são adotadas com o objetivo de aumentar a produtividade agrícola no curto prazo, mas podem gerar impactos duradouros na prestação de serviços ecossistêmicos, especialmente devido à degradação de ecossistemas florestais e à perda de biodiversidade (Weiss *et al.*, 2020).

A crise da biodiversidade causada pela atividade humana tem mostrado uma diminuição na biomassa de insetos (Hallmann *et al.*, 2017). Essa perda tem gerado impactos negativos nas redes alimentares (Bowler *et al.*, 2019), no funcionamento dos ecossistemas e nos serviços que eles oferecem (Weisse; Siemann, 2008), o que por sua vez, tem gerado um intenso debate público (Seibold *et al.*, 2019).

A conservação da biodiversidade é essencial para preservar a resiliência dos ecossistemas e a sustentabilidade global, sendo essencial pensar na conservação dos organismos para garantir a sobrevivência das espécies e dos habitats (Viana *et al.*, 2023). Portanto, a perda da biodiversidade em ambientes simplificados é um desafio complexo que requer ações integradas e rápidas para preservar a diversidade biológica e garantir a estabilidade ambiental (Jankielsohn, 2023).

A fragmentação de habitats impacta a biodiversidade em diversos níveis, comprometendo a organização estrutural taxonômica, funcional e genética dos ecossistemas

(Martins; Oliveira, 2015). Além disso, a perda de cobertura vegetal causada por incêndios e desmatamentos representa um risco tanto para a biodiversidade quanto para a saúde humana (Dall'Agnol, 2024).

A perda da biodiversidade em ambientes simplificados é um desafio global que resulta em extinções em larga escala, causada pela revolução industrial, agricultura, expansão da colonização humana (Williams *et al.*, 2020) e por práticas como desmatamento, sobrepesca e outros processos antrópicos que aceleram o desequilíbrio dos ecossistemas (Siqueira; Silva; Silva, 2019).

Embora a magnitude e até mesmo a direção das mudanças na biodiversidade variem entre regiões, há fortes evidências de que múltiplas dimensões da biodiversidade estão se transformando rapidamente em diversos locais. Essas mudanças envolvem desde a diversidade genética (Millette *et al.*, 2020) e a abundância populacional (Leung *et al.*, 2020) até a variação nos tamanhos e padrões de distribuição das espécies (Pecl *et al.*, 2017; Sirami *et al.*, 2017), além de alterações na composição das comunidades ecológicas (Blowes *et al.*, 2019) e na taxa global de extinção de espécies (Ceballos *et al.*, 2015).

Fatores humanos e naturais, como mudanças no uso do solo e dos oceanos, alterações climáticas, poluição, exploração de recursos e introdução de espécies invasoras, desempenham um papel central nessas transformações (Pereira; Navarro; Martins, 2012). Por outro lado, iniciativas de conservação voltadas à proteção e restauração da biodiversidade também influenciam esses processos (Moreno-Mateos *et al.*, 2020).

A manipulação ambiental causada pelas pressões antrópicas leva à perda progressiva da biodiversidade devido à fragmentação do habitat e ao desequilíbrio ecológico (Seibold *et al.*, 2019). Para lidar com a perda de biodiversidade, as políticas de compensação são impostas por diversos países, buscando equilibrar a destruição dos habitats locais por meio da restauração, aprimoramento e proteção de áreas (Souza, 2017).

Neste contexto, os insetos desempenham um papel essencial na agricultura, contribuindo para funções ecológicas cruciais como a polinização, o controle de pragas e a reciclagem de nutrientes no solo agrícola (Jankielsohn, 2023). Segundo Sánchez-Bayo; Wyckhuys (2019), um terço das espécies de insetos está em risco de extinção. A combinação do aquecimento global e do uso intensivo das terras agrícolas tem resultado na redução de quase 50% da abundância e 27% da diversidade de espécies de insetos (Outhwaite; McCann; Newbold, 2022). Dainese *et al.*, (2019) argumentam que a biodiversidade dos insetos é fundamental para a manutenção dos ecossistemas agrícolas, sendo vital para a produção de alimentos e para a segurança alimentar no futuro. Assim, a perda dessa biodiversidade

acarretará sérios impactos econômicos e sociais, afetando negativamente a produtividade agrícola e comprometendo a segurança alimentar a longo prazo (Jankielsohn, 2023).

2.3 Insetos como bioindicadores da qualidade ambiental

O termo “bioindicador” refere-se a uma espécie ou grupo de espécies que reflete o estado biótico do ambiente, demonstrando como as mudanças ambientais afetam um habitat, comunidade ou ecossistema e indicando se essas alterações têm impactos positivos ou negativos (Parmar; Rawtani; Agrawal, 2016).

Muitos organismos são extremamente sensíveis a perturbações ambientais que afetam funções essenciais, como metabolismo, crescimento e reprodução (David, 1989). Assim, mudanças no habitat podem modificar a estrutura do ecossistema, favorecendo ou desfavorecendo determinados grupos de espécies, dependendo de sua preferência de habitat, bem como de suas características comportamentais e fisiológicas (Monteiro Júnior *et al.*, 2015). Os biomonitores e bioindicadores são componentes essenciais para avaliar as mudanças ambientais (Parmar, Rawtani, Agrawal, 2016). Segundo Chowdhury *et al.* (2023), ao avaliar o ambiente, os bioindicadores podem ser utilizados para estimar a qualidade das mudanças ocorridas, enquanto os biomonitores são utilizados para recolher dados quantitativos sobre a qualidade do ambiente.

Na maior parte dos casos, qualquer organismo com sensibilidade pode ser considerado um bioindicador (D'Costa *et al.*, 2018). No entanto, a escolha do grupo taxonômico a ser usado em programas de biomonitoramento é uma etapa crucial, devendo ser pautada nos custos, nos métodos de amostragem e análise a serem utilizados e, principalmente, nas respostas dos organismos aos impactos ambientais que se deseja identificar (Ruaro *et al.*, 2016).

Os artrópodes são os mais bem-sucedidos entre todos os invertebrados que atuam nos processos ecossistêmicos (Kim, 1993). Os insetos, presentes em praticamente todos os ecossistemas, podem ser empregados para monitorar os efeitos das mudanças ambientais (Chowdhury *et al.*, 2023). Estudos taxonômicos, comportamentais e ambientais são eventualmente necessários para monitorizar as mudanças na biodiversidade e as suas inevitáveis implicações (Chowdhury *et al.*, 2023).

Vários grupos de insetos são amplamente estudados e frequentemente mencionados em pesquisas sobre os impactos de mudanças ambientais, como manejo de terras, fragmentação e poluição (Ghannem; Touaylia; Boumaiza, 2017). Alguns desses grupos

incluem: Coleoptera (Carabidae, Curculionidae, Staphylinidae) e Hymenoptera (Formicidae) (Bednarska *et al.*, 2013). A espécie do gênero *Chrysoperla externa*, (Neuroptera: Chrysopidae), pode ser encontrada em inúmeros agroecossistemas, sendo um deles o cafeeiro, onde as larvas desta alimentam-se de ovos, pré-pupa e da pupa do bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*), que é uma das principais pragas encontradas nos cafezais (Farrokhi *et al.*, 2017).

2.4 Crisopídeos

Neuroptera é uma ordem cosmopolita com cerca de seis mil espécies, atualmente distribuídas em 15 famílias; para o Brasil, estão registradas 432 espécies (Machado *et al.*, 2024). Nessa ordem, um grupo de insetos comumente conhecidos por crisopídeos ou bichos-lixeiros (Neuroptera: Chrysopidae) têm se destacado devido a voracidade de suas larvas, elevada capacidade de busca, resistência a inseticidas, alto potencial reprodutivo, facilidade de criação em laboratório e por se alimentarem de várias presas de corpo mole que são consideradas pragas de diferentes culturas (Albuquerque; Tauber; Tauber, 2012).

As fêmeas dos crisopídeos colocam ovos esféricos depositados no topo de longos pedúnculos (Neuenfeldt; Scheibe, 2017); a coloração dos ovos varia de amarelo a verde azulada quando ovipositado, mas torna-se escuro quando o embrião se desenvolve (Freitas, 2001).

As larvas são do tipo campodeiforme que eclodem entre quatro e cinco dias, a uma temperatura de 25°C, e passam por três instares antes de tecerem o casulo e se transformarem em pupa no seu interior (Tauber *et al.*, 2000; Albuquerque, 2009; Rahman; Handique; Roy, 2017). O aparelho bucal das larvas é constituído por mandíbulas e maxilas bem desenvolvidas que formam uma estrutura especializada que permite sugar o alimento (Tauber; Tauber; Albuquerque, 2009). As larvas alimentam-se geralmente de pequenos invertebrados, principalmente insetos (Machado *et al.*, 2024).

As larvas apresentam dois tipos básicos de morfologia e comportamento; parte das espécies apresenta o comportamento de carregamento de lixo, em que as espécies tem o hábito de carregar resto de suas presas sobre o dorso, comportamento usado para camuflagem, por isso são conhecidas popularmente como bicho-lixeiro (Tauber; Tauber; Albuquerque, 2014). Essas larvas são crípticas, locomovem-se mais lentamente e seu corpo é oval e giboso, recoberto por grande número de cerdas longas. As demais larvas são nuas, isto é, não carregam lixo, e são bastante ativas; seu corpo é alongado e recoberto por cerdas relativamente menores e em menor número (Albuquerque, 2009).

Após o término do desenvolvimento, crescimento e ganho de peso total, as larvas de

terceiro instar tecem um casulo constituído por uma dupla estrutura mais ou menos pronunciada apresentando uma fina camada de fios de seda externamente responsável por manter o casulo verdadeiro preso ao substrato e outra camada interna envolvendo a pré-pupa (Canard; Principi, 1984; Canard; Volkovich, 2001). Os casulos são geralmente encontrados em plantas, dentro de folhas curvadas, sobre folhas ou em profundidades rasas em solos arenosos (Canard; Volkovich, 2001).

Após a fase de pupa, ocorre a emergência do adulto, que possui corpo delicado, olhos grandes e iridescentes e tamanho médio. Sua coloração é predominantemente verde, embora algumas espécies possam apresentar tonalidades avermelhadas ou castanho-escuras (Albuquerque, 2009).

A alimentação dos crisopídeos pode variar a depender da fase de vida ou da espécie. No geral, as larvas de crisopídeos são exclusivamente predadoras de pequenos invertebrados (Koczor; Szentkirályi; Tóth, 2019), enquanto a dieta da maioria dos adultos é glico-polinívora, alimentando-se de produtos de origem vegetal (pólen e néctar das plantas) e honeydew de insetos (substância açucarada excretada por alguns Sternorrhyncha) (Pappas; Broufas; Koveos, 2011). Por outro lado, os gêneros *Anomalochrysa* spp., *Atlantochrysa* spp. e *Chrysopa* spp. são carnívoros em todas as fases (Brooks; Barnard, 1990).

2.5 Influência de fatores abióticos em insetos

A dinâmica de uma comunidade de insetos é moldada pelos fatores abióticos e bióticos presentes nas condições ambientais (Silva *et al.*, 2018a). Os principais fatores responsáveis pelas variações nas abundâncias populacionais, que podem influenciar de forma significativa o aumento ou diminuição do número de indivíduos, são a temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica (Win *et al.*, 2011; Calore *et al.*, 2013).

O aquecimento global, manifestado principalmente pelo aumento da temperatura e pela maior frequência e intensidade de eventos de estresse térmico, como extremos de curta duração ou ondas de calor, tem impactos abrangentes em escalas ecológicas (Rahmstorf; Coumou, 2011; Sun *et al.*, 2019).

As ondas de calor extremas, por sua vez, afetam a biodiversidade e os ecossistemas de diversas maneiras (Cope *et al.*, 2023), temperaturas extremamente altas, por exemplo, podem ter efeitos positivos, negativos ou neutros sobre o sucesso reprodutivo (*fitness*) de organismos, como os insetos (Ma *et al.*, 2021; Skendžić *et al.*, 2021). No entanto, as respostas ao estresse térmico nem sempre são consistentes ao longo da ontogenia, ou seja, o momento e

a duração dos episódios de estresse térmico experimentados em diferentes estágios de vida podem gerar resultados contrastantes em relação ao *fitness* (Moore; Hill; Kingsolver, 2022).

As diferenças na tolerância térmica entre espécies podem resultar em respostas diferenciadas as altas temperaturas, principalmente com potenciais interrupções nas interações tróficas (Bannerman; Roitberg, 2014; Moore; Hill; Kingsolver, 2021). Por isso, investigar como as temperaturas extremas afetam insetos em diferentes estágios de vida e suas interações tróficas é crucial para compreender como as comunidades podem responder às mudanças climáticas, tanto atuais quanto futuras (Li *et al.*, 2024).

Estudos com crisopídeos demonstram que o tempo de desenvolvimento de cada estágio ativo varia linearmente com o aumento da temperatura (Silva *et al.*, 2007). Silva *et al.* (2007) mostram que os *Chrysopodes (Chrysopodes) lineafrons* Adams e Penny podem ser criados sob um intervalo relativamente amplo de temperaturas (21-29°C). E entre as temperaturas testadas, 25°C foi a temperatura ideal para a criação dessa espécie de crisopídeo: 83% dos indivíduos atingiram o estágio adulto (Silva *et al.*, 2007).

A umidade do ar é um fator ambiental crucial na formação da ecologia e do comportamento dos organismos terrestres (Shelford, 1918; Enjin, 2017). Os insetos, por serem animais poiquilotérmicos, possuem uma alta relação entre área de superfície e volume, o que os torna vulneráveis à perda de água (Giri; Nagloo; Enjin, 2024). Em razão disso, os insetos são extremamente sensíveis às variações na umidade e precisam buscar microclimas adequados para manter o equilíbrio hídrico (Kühnel *et al.*, 2017; O'Donnell, 2022). Portanto, os insetos utilizam as flutuações locais de umidade como sinais para atividades de forrageamento e escolha de locais para oviposição (Laursen *et al.*, 2023; Salzman *et al.*, 2023).

Além da temperatura e da umidade relativa, o regime de chuvas é um dos principais climáticos fatores que pode influenciar na distribuição das populações de insetos (Silva *et al.*, 2018). A sazonalidade na precipitação pluviométrica altera a disponibilidade de água e nutrientes no solo, eventualmente afetando o desenvolvimento das plantas e aumentando os recursos para os insetos (Araújo, 2013).

Silva *et al.*, (2018a) mostraram que a variabilidade na comunidade de Auchenorrhyncha (Insecta: Hemiptera) pode estar associada à adaptação de diferentes espécies a diferentes condições ambientais. Ademais, respostas contrastantes às condições de precipitação pluviométrica foram observadas entre *Cenchreini* sp., abundante na estação chuvosa, e *Deltocephalinae* sp.2, *Cedusa* sp. e *Bolbonota* sp., abundantes na estação seca, sendo importante enfatizar a crescente abundância de algumas espécies, particularmente de *Oecleus* sp., na fase de transição entre a estação seca e a chuvosa (Silva *et*

al., 2018).

Levantamentos efetuados em pomares de citros no município de Lavras, MG, em condições de baixa precipitação pluviométrica favoreceram a ocorrência de *Ceraeochrysa* spp. (Gitirana *et al.*, 2001). E em levantamento de crisopídeos em florestas estacional semidecídua, também registraram aumento populacional em época de baixa precipitação pluviométrica (Costa; Souza; Freitas, 2010).

2.6 Taxonomia e controle biológico

A taxonomia e o controle biológico são áreas em constante evolução, com impactos significativos na sociedade (Marvaldi, 2024). Desde os primórdios, a literatura tem registrado essa conexão, que continua essencialmente a mesma em seu caráter mutualista, assim como nos principais desafios enfrentados (Shimbori *et al.*, 2023). Além disso, a taxonomia e o controle biológico sempre estiveram interligados, pois um impulsionou o progresso do outro, resultando em avanços no reconhecimento de espécies e na compreensão de sua biologia, evolução, comportamento e interações ecológicas (Shimbori *et al.*, 2023).

O trabalho taxonômico vai além da descrição e identificação de espécies, pois muitas vezes inclui coleções e levantamentos, manutenção de coleções biológicas e museus, composição de catálogos e bancos de dados e estudos filogenéticos, que podem fornecer informações importantes sobre aspectos evolutivos, como distribuição geográfica e relações com hospedeiros (Shimbori *et al.*, 2023). A taxonomia configura-se como o ponto inicial para o levantamento de toda literatura pregressa de um determinado organismo e da discussão de novos dados (Parra *et al.*, 2023).

O controle biológico, por sua vez, é um dos pilares do Manejo Integrado de Pragas (MIP), baseado no princípio da autorregulação dos agroecossistemas, maximizando os benefícios da interação entre inimigos naturais e pragas (Venzon *et al.*, 2021). Entre os inimigos naturais, que funcionam como agentes de mortalidade biótica, encontram-se uma grande variedade de organismos, como insetos, ácaros, fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários (Parra *et al.*, 2023). A preservação desses inimigos naturais de artrópodes-praga em qualquer agroecossistema é fundamental dentro da abordagem do MIP, permitindo a diminuição do uso de inseticidas, o que resulta em menos desequilíbrio biológico, menor contaminação ambiental e redução nos custos de produção (Ulhôa, 2019).

Existem quatro tipos de controle biológico: clássico, natural, conservativo e aumentativo (Van Lenteren *et al.*, 2018). O controle clássico envolve a importação de inimigos

naturais da região de origem da praga-alvo, que são posteriormente liberados em áreas específicas para aumentar o biocontrole; o controle natural se refere à manutenção do equilíbrio das populações de organismos que já existem no ambiente, sem interferência humana; no controle conservativo, o ser humano atua para estimular o aumento natural dos agentes de mortalidade biótica; e o controle aumentativo envolve a liberação (inoculativa ou inundativa) de inimigos naturais, como parasitoides, predadores e entomopatógenos, em agroecossistemas (Miranda *et al.*, 2023).

A taxonomia, especialmente de inimigos naturais, apresenta aspectos que devem ser considerados para uma melhor compreensão da sua relação com o controle biológico: (i) existe uma imensa diversidade de insetos (em sua maioria desconhecidos) e a delimitação das espécies é geralmente uma tarefa complexa; (ii) o controle biológico requer uma delimitação precisa das espécies; (iii) o desenvolvimento de ferramentas de identificação pode aumentar a sua precisão e expandir o uso do controle biológico, mesmo nos grupos mais complexos; (iv) o montante de informações sobre espécies de importância econômica é como esperado, muito maior do que em outras espécies sem importância direta para os seres humanos, assim como os erros cumulativos na identificação, especialmente em associações parasitoide-hospedeiro; (v) os marcadores moleculares estão aumentando rapidamente sua importância na taxonomia, e as pesquisas também devem centrar-se na curadoria de bases de dados públicas; no entanto, em muitos casos, as informações publicadas são difíceis de serem confirmadas devido à falta de espécimes vouchers (Packer *et al.*, 2018; Shimbori *et al.*, 2023).

Os programas de manejo biológico podem gerar efeitos benéficos na segurança alimentar e na qualidade dos produtos agrícolas, assim como na restauração de ecossistemas naturais, mas também têm o potencial de causar diminuição populacional e até o desaparecimento de espécies nativas (Shimbori *et al.*, 2023). Estes resultados potenciais impõem grande responsabilidade aos investigadores e profissionais, o que aumenta a necessidade de estudos taxonômicos e ecológicos das espécies envolvidas (Van Driesche *et al.*, 2016).

O desenvolvimento dos diversos programas de controle biológico de artrópodes-praga demonstra a viabilidade do controle efetivo de pragas por inimigos naturais e reflete uma mudança na mentalidade da sociedade pela produção de alimentos mais limpos e saudáveis, associado à preservação dos recursos naturais e manutenção da qualidade de vida dos agricultores e trabalhadores rurais (Nava, 2007). Entretanto, para muitas culturas, ainda não há um programa efetivo de controle biológico aplicado de pragas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. A. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**, Brasília: Embrapa, p. 969-1022, 2009.
- ALBUQUERQUE, S. A.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Green lacewings (Neuroptera Chrysopidae): predatory lifestyle. In: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. (Eds.). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Ratón: CRC Press. p.594-631, 2012.
- ARAÚJO, W. S. A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. **Revista de Biologia**, v.1, p.1–7, 2013.
- AUAD, A.M.; RESENDE, T. T.; DA SILVA, D. M.; FONSECA, M. G. Hymenoptera (Insecta: Hymenoptera) associated with silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v. 85, p. 113–119, 2012.
- BADANO, D.; MAKRIS, C.; JOHN, E.; HADJICONSTANTIS, M.; SPARROW, D.; SPARROW, R.; THOMAS, B.; DEVETAK, D. The antlions of Cyprus: review and new reports (Neuroptera: Myrmeleontidae). **Fragmenta Entomologica**, v. 50, n. 2, p. 95-102, 2018.
- BANNERMAN, J. A.; ROITBERG, B. D. Impact of extreme and fluctuating temperatures on aphid–parasitoid dynamics. **Oikos**, v. 123, p. 89–98, 2014.
- BEDNARSKA, N.G.; SCHYMKOWITZ, J.; ROUSSEAU, F.; VAN ELDERE, J. Protein aggregation in bacteria: the thin boundary between functionality and toxicity. **Microbiology**, v. 159, p. 1795-1806, 2013.
- BETTS, M. G.; WOLF, C.; PFEIFER, M.; BANKS-LEITE, C.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; RIBEIRO, D. B.; BARLOW, J.; *et al.* Extinction filters mediate the global effects of habitat fragmentation on animals. **Science**, v.366, p.1236–1239, 2019.
- BEYER, R. M.; HUA, F.; MARTIN, P. A.; MANICA, A.; RADEMACHER, T. Relocating croplands could drastically reduce the environmental impacts of global food production. **Communications Earth & Environment**, v.3, 49, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00360-6>.
- BLOWES, S. A.; SARAH, R. SUPP, S. R.; ANTÃO, L. H.; BATES, A.; HELGE BRUELHEIDE, H.; *et al.* The geography of biodiversity change in marine and terrestrial assemblages. **Science**, v. 366, p. 339–345, 2019.
- BOWLER, D. E.; HELDBJERG, H.; FOX, A. D.; DE JONG, M.; BÖHNING-GAESE, K. Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. **Conservation Biology**, v.33, p.1120–1130, 2019.
- BROOKS, D. R.; BATER, J. E.; CLARK, S. J.; MONTEITH, D. T.; ANDREWS, C.; CORBETT, S. J.; BEAUMONT, D. A.; CHAPMAN, J. W. Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. **Journal of Applied Ecology**, v.49, p.1009-1019, 2012.

BROOKS, S. J.; BARNARD, P. C. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum of Natural History: entomology**, London, v.59, p.117-286, 1990.

CALORE, R. A.; GALLI, J. C.; PAZINI, W. C.; DUARTE, R. T.; GALLI, J. A. Fatores climáticos na dinâmica populacional de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) e de *Scymnus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) em um pomar experimental de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.67-74, 2013.

CANARD, M. Seasonal adaptations of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). **European Journal of Entomology**, v.102, n.3, p.317-324, 2005.

CANARD, M.; PRINCIPI, M. M. Life histories and behavior. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds). **Biology of Chrysopidae**, Boston, The Hague, p.57-149, 1984.

CANARD, M.; VOLKOVICH, T. A. Outlines of lacewing development. In: MCEWEN, P.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. (eds). **Lacewings in the crop environment**, London: Cambridge University Press, p.130-153, 2001.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; BARNOSKY, A. D.; GARCÍA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. **Science Advances**, v.1, e1400253, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>.

CHOWDHURY, S.; DUBEY, V. K.; CHOUDHURY, S.; DAS, A.; JEENGAR, D.; SUJATHA, B.; KUMAR, A.; KUMAR, N.; SEMWAL, A.; KUMAR, V. Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. **Frontiers in Environmental Science**, v.11, 1146052, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052>.

CODDINGTON, C. P. J.; COOPER, W. J.; LUTHER, D. A. Effects of forest fragmentation on avian breeding activity. **Conservation Biology**, v.37, n. 4, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.14063>.

COPE, O. L.; ZEHR, L. N.; AGRAWAL, A. A.; WETZEL, W. C. The timing of heat waves has multiyear effects on milkweed and its insect community. **Ecology**, v. 104, n. 4, e3988, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1002/ecy.3988>.

COSTA, R. I. F.; SOUZA, B.; FREITAS, S. Dinâmica Espaço-Temporal de Taxocenoses de Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em Ecossistemas Naturais. **Neotropical entomology**, Londrina, v.39, n.4, p.470-475, 2010.

CROOKS, K. R.; SOULÉ, M. E. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. **Nature**, v.400, p.563-566, 1999.

D’COSTA, A. H.; SHYAMA, S. K.; MK, P. K.; FURTADO, S. The Backwater Clam (*Meretrix casta*) as a bioindicator species for monitoring the pollution of an estuarine environment by genotoxic agents. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 825, p. 8-14, 2018.

DAINESE, M.; MARTIN, E. A.; AIZEN, M. A.; ALBRECT, M.; BARTOMEUS, I.;

BOMMARCO, R.; et al. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. **Science Advances**, v. 5, n. 10, eaax0121, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>.

DALL'AGNOL, L. Monitoramento aéreo da regeneração natural de área florestal impactada por incêndio. **Terra Plural**, v. 18, p.1-18, 2024.

DAVID, T. Bio-indicator in air pollution research. Application and Constraints biologic markers of air pollution stress and damage in forests. **National Academics Press**, p. 73–80, 1989.

DAVISON, C. W.; RAHBK, C.; MORUETA-HOLME, N. Land-use change and biodiversity: Challenges for assembling evidence on the greatest threat to nature. **Global Change Biology**, v. 27, p. 5414-5429, 2021.

DEAL, R. L.; WHITE, R. Integrating forest products with ecosystem services: a global perspective. **Forest Policy and Economics**, v.17, p. 1-2. 2012.

DUELLI, P.; OBRIST, M. K.; FLUCKIGER, P. F. Forest edges are biodiversity hotspots—also for Neuroptera. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 48, n. 2, p. 75- 87, 2002.

DUFFY, K.; GOUHIER, T. C; GANGULY, A. R. Climate-mediated shifts in temperature fluctuations promote extinction risk. **Nature Climate Chang**, v. 12, p. 1037-1044, 2022.

ELLIS, E. C.; GAUTHIER, N.; GOLDEWIJK, K. K.; BIRD, R. B.; BOIVIN, N.; DÍAZ, S.; FULLER, D. Q.; GILL, J. L.; KAPLAN, J. O.; KINGSTON, N.; LOCKE, H.; MCMICHAEL, C. N. H.; RANCO, D.; RICK, T. C.; SHAW, S. R.; STEPHENS, L.; SVENNING, J. C.; WATSON, J. E. M. People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. **Proceedings of National Academy of Sciences USA**, v.118, n.17, e2023483118, 2021. Doi: 10.1073/pnas.2023483118

ENJIN, A. Humidity sensing in insects-from ecology to neural processing. **Current Opinion in Insect Science**, v. 24, p. 1-6, 2017.

FARROKHI, M.; GHAREKHANI, G.; IRANIPOUR, S.; HASSANPOUR, M. Effect of different artificial diets on some biological traits of adult green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n.2, p. 1479-1484, 2017.

FERREIRA, I. J. M.; BRAGION, G. D. R.; FERREIRA, J. H. D.; BENEDITO, E.; COUTO, E. V. D. Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in southern Brazil. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v.81, n.2, p.175-184, 2019.

FOLLETT, P. A.; BRUIN, J.; DESNEUX, N. Insects in agroecosystems – an introduction. **Entomologia experimentalis et applicat**, v. 168, n. 1, p. 3-6, 2020.

FREITAS, S. de. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas em laboratório. **Embrapa hortaliças**, Jaboticabal, p. 66, 2001.

FREITAS, S.; PENNY, N. D. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agroecosystems. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v.52, p.245–395, 2001.

GALÁN-ACEDO, C.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; CHAPMAN, C. A. Beyond patch size: The impact of regional context and habitat quality on three endangered primates.

Perspective in Ecology and Conservation, v.19, p. 207-215, 2021.

GHANNEM, S.; TOUAYLIA, S.; BOUMAIZA, M. Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v.24, n.2, p. 456-464 2017.

GIRI, G.; NAGLOO, N.; ENJIN1, A. A dynamic humidity arena to explore humidity-related behaviours in insects. **Journal of Experimental Biology**, v.227, jeb247195, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.247195>

GITIRANA NETO, J.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTA-CECILIA, L. V. C. Flutuação populacional de espécies de *Ceraeochrysa* Adams, 1982 (Neuroptera: Chrysopidae) em citros, na região de Lavras- MG. **Ciencia e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p. 550-559, 2001.

HALLMANN, C. A.; SORG, M.; JONGEJANS, E.; SIEPEL, H.; HOFLAND, N.; SCHWAN, H.; STENMANS, W.; MÜLLER, A.; SUMSER, H.; HÖRREN, T.; GOULSON, D.; KROON, H. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. **PLoS ONE**, v.12, e0185809, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; PICKENS, A. H.; TYUKAVINA, A.; HERNANDEZ-SERNA, A.; ZALLES, V.; TURUBANOVA, S.; KOMMAREDDY, I.; STEHMAN, S. V.; SONG, X. P. Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data. **Environmental Research Letters**, v.17, n.3, 034050, 2022. Doi: 10.1088/1748-9326/ac46ec

HENRY, C. S.; WELLS, M. L. M. Sexual singing preceding copulation in *Chrysoperla lorabunda* green lacewings: observations in a semi-natural environment (Neuroptera: Chrysopidae). **Florida Entomology**, v.73, n.2, p. 331-333, 1990.

HERRERA, R. A.; RUANO, F. Impact of woody semi-natural habitats on the abundance and diversity of green lacewings in olive orchards. **Biological Control**, v.174, 105003, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105003>

HU, S.; CHEN, L.; LI, L.; ZHANG, T.; YUAN, L.; CHENG, L.; WANG, J.; WEN, M. Simulation of land use change and ecosystem service value dynamics under ecological constraints in Anhui Province, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.12, 4228, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17124228>

ISBELL, F. et al. Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. **Frontiers in Ecology and the Environment**. v.21, n.2, p. 94-103, 2022.

ISFAT, M.; RAIHAN, A. Current practices, challenges, and future directions of climate change adaptation in Bangladesh. **International Journal of Research**

Publication and Reviews, v. 3, n. 5, p. 3429-3437, 2022.

JANKIELSOHN, A. Sustaining insect biodiversity in agricultural systems to ensure future food security. **Frontiers in Conservation Science**, n. 4, 1195512, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3389/fcosc.2023.1195512>

JUN MA; LI, J.; WU, W. LIU, J. Global forest fragmentation change from 2000 a 2020. **Nature Communications**, v. 14, 3752, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39221-x>

KAZO, L.; LOVEJOY, T.; LUTHER, D. Effects of forest fragmentation on the weight of understory birds at the Biological Dynamics of Forest Fragments Project in Amazonia. **Biotropica**, v. 54, p. 852–859, 2022.

KIM, K. C. Biodiversity, conservation and inventory: Why insects matter. **Biodiversity & Conservation**, v. 2, n. 3, p. 191–214, 1993.

KOCZOR, S.; SZENTKIRÁLYI, F.; TÓTH, M. Chemical ecology of Chrysopidae: prospects for synthetic attractants. In: Weihrauch, F., Frank, O., Gruppe, A., Jepson, J.E., Kirschey, L., Ohl, M. (Eds.), XIII International Symposium of Neuropterology, Laufen, Germany. **Proceedings Wolnzach: Osmylus Scientific Publishers**, p. 95-103, 2019.

KÜHSEL, S.; BRÜCKNER, A.; SCHMELZLE, S.; HEETHOFF, M.; BLÜTHGEN, N. Surface area–volume ratios in insects. **Insect science**, v.24, p.829-841, 2017.

LANDIS, D. A; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 175-201, 2000.

LAURSEN, W. J., BUDELLI, G., TANG, R., CHANG, E. C., BUSBY, R., SHANKAR, S., GERBER, R., GREPPI, C., ALBUQUERQUE, R. AND GARRITY, P. A. Humidity sensors that alert mosquitoes to nearby hosts and egg-laying sites. **Neuron**, v. 111, p. 874-887, 2023.

LEUNG, B.; HARGREAVES, A. L.; GREENBERG, D. A.; MCGILL, B.; DORNELAS, M.; FREEMAN, R. Clustered versus catastrophic global vertebrate declines. **Nature**, v.588, p.267–271, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2920-6>

LI, D.; BROUGH, B.; REES, J. W.; COSTE, C. F. D.; YUAN, C.; FOWLER, M. S.; SAIT, S. M. Humidity modifies species- specific and age- dependent heat stress effects in an insect host- parasitoid interaction, **Ecology and Evolution**, v. 14, e70047, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.70047>

MA, C.- S.; MA, G.; PINCEBOURDE, S. Survive a warming climate: Insect responses to extreme high temperatures. **Annual Review of Entomology**, v. 66, p. 163–184, 2021.

MACHADO, R. J. P.; MARTINS, C. C; FREITAS, S.; PENNY, N. D. Cap. 29, Neuroptera Linnaeus, 1758, pp. 552-567. In: Rafael, J. A.; Melo, G. A. R.; Carvalho, C. J. B. de; Casari, S.; Constantino, R. (Eds). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 880 p, 2024.

MARTINS, C; OLIVEIRA, H. Biodiversidade no contexto escolar: concepções e práticas em uma perspectiva de educação ambiental crítica. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (Revbea)**, v. 10, n. 1, p. 127-145, 2015.

MARTINS, W. Desafios ambientais na bacia do rio passa-três: impactos das mudanças no uso da terra nos recursos hídricos. **Revista Equador**, v. 12, n. 2, p. 119-140, 2024.

MARVALDI, A. E. Phylogenetic systematics and integrative taxonomy contribute to weed biological control. **Biological Control**, v. 197, 105599, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105599>

MCEWEN, P. K.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E (Eds.), Lacewings in the Crop Environment, Cambridge University Press. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 151, n. 3, 2001. Doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511666117>

MENGIST, W.; SOROMESSA, T. Assessment of forest ecosystem service research trends and methodological approaches at global level: a meta-analysis. **Environmental Systems Research**, v. 8, n. 22, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0150-4>

MENGIST, W.; SOROMESSA, T.; FEYISA, G. L. A global view of regulatory ecosystem services: existed knowledge, trends, and research gaps. **Ecological Processes**, v. 9, n.40, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00241-w>

MILLETTE, K. L.; FUGÈRE, V.; DEBYSER, C.; GREINER, A.; CHAIN, F. J. J; GONZALEZ, A. No consistent effects of humans on animal genetic diversity worldwide. **Ecology Letters**, v. 23, n. 1, p. 55–67, 2020.

MIRANDA, H. R. N.; SOUSA, E. S. B.; SANTANA, G. G. Controle biológico: Combate de pragas de forma sustentável na fase vegetativa do milho. **JNT - Facit Business and Technology Journal**, Araguaína, v. 2, n. 46, p. 328-342, 2023.

MONTEIRO JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: adult odonates as bioindicators of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 303-311, 2015.

MOORE, M. E.; HILL, C. A.; KINGSOLVER, J. G. Developmental timing of extreme temperature events (heat waves) disrupts host–parasitoid interactions. **Ecology and Evolution**, v. 12, e8618, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.8618>

MOORE, M. E.; HILL, C. A.; KINGSOLVER, J. G. Differing thermal sensitivities in a host– parasitoid interaction: High, fluctuating developmental temperatures produce dead wasps and giant caterpillars. **Functional Ecology**, v. 35, p. 675–685, 2021.

MORENO-MATEOS, D.; ALBERDI, A.; MORRIËN, E.; PUTTEN, W. H. V. D.; RODRÍGUEZ-UÑA, A.; MONTOYA, D. The long-term restoration of ecosystem complexity. **Nature Ecology & Evolution**, v. 4, n. 5, p. 676–685, 2020.

NAVA, D. E. **Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora**. Embrapa Clima Temperado: Pelotas, 20 p., 2007.

NEUENFELDT, M.; SCHEIBEL, T. Sequence identification, recombinant production, and of the self-assembly of egg stalk silk proteins from lacewing *Chrysoperla carnea*.

Biomolecules, v. 7, n. 2, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3390/biom7020043>

NEW, T. R. **Insect Species Conservation**. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 272 p., 2009.

NEWBOLD, T.; BENTLEY, L. F.; HILL, S. L.; EDGAR, M. J.; HORTON, M.; SU, G.; ŞEKERCIOĞLU, Ç. H.; COLLEN, B.; PURVIS, A. Global effects of land use on biodiversity differ among functional groups. **Functional Ecology**, v. 34, p. 684–693, 2020.

O'DONNELL, M. J. A perspective on insect water balance. **Journal of Experimental Biology**. v. 225, n. 7, jeb242358, 2022. Doi: <https://doi.org.ez80.periodicos.capes.gov.br/10.1242/jeb.242358>

OUTHWAITE, C. L.; MCCANN, P.; NEWBOLD, T. Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. **Nature**, v. 605, p. 97–102, 2022.

PACKER, L.; MONCKTON, S. K.; ONUFERKO, T. M.; FERRARI, R. R. Validating taxonomic identifications in entomological research. **Insect Conservation and Diversity**, Londres, v. 11, n. 1, p. 1–12, 2018.

PAPPAS, M. L.; BROUFAS, G.; KOVEOS, D. S. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. **Journal of Entomology**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 301-326, 2011.

PARMAR, T. K.; RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: The natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science**, v.9, n. 2, p. 110–118, 2016.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. **Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), Piracicaba, 2023.

PAULA, M.; BENEDETTI, A.; FILHO, W. Influência do uso e cobertura da terra aliado à precipitação pluviométrica na qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ingaí – RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 143-152, 2016.

PECL, G. T.; ARAÚJO, M. B.; BELL, J. D.; BLANCHARD, J.; BONEBRAKE, T. C.; CHEN, I. C.; CLARK, T. D.; COLWELL, R. K.; DANIELSEN, F. et al. Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v.355, n. 6332, 2017. Doi: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aai9214>

PEREIRA, H. M.; NAVARRO, L. M.; MARTINS, I. S. Global biodiversity change: the bad, the good, and the unknown. **Annual Review of Environment and Resources**, v.37, p.25–50, 2012.

PÉREZ-SOLACHE, A.; VACA-SÁNCHEZ, M. S.; MALDONADO-LÓPEZ, Y.; FARIA, M. L.; BORGES, M. A. Z.; FAGUNDES, M.; OYAMA, K.; MÉNDEZ-SOLÓRZANO, M. I.; AGUILAR-PERALTA, J. S.; HERNÁNDEZ-GUZMÁN, R.; CUEVAS-REYES, P. Changes in land use of temperate forests associated to avocado production in Mexico: Impacts on soil properties, plant traits and insect-plant interactions. **Agricultural Systems**,

v. 204, 103556, 2023. Doi:10.1016/j.agsy.2022.103556

PESSOA, S.; GALVANIN, E.; KREITLOW, J.; NEVES, S.; NUNES, J.; ZAGO, B. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do Rio Paraguai Médio-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n.1, p. 119-128, 2013.

RAHMAN, A.; HANDIQUE, G.; ROY, E. S. Comparative biology, predation capacity and effect of an artificial diet on reproductive parameters of green lacewing *Mallada boninensis* (Neuroptera: Chrysopidae). **Agricultural and Forest Entomology**, v. 19, p. 418-423, 2017.

RAHMSTORF, S.; COUMOU, D. Increase of extreme events in a warming world. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, p. 17905–17909, 2011.

RAI, P. K. Forest and land use mapping using remote sensing and geographical information system: A case study on model system. **Environmental Skeptics and Critics**, v. 2, n; 3, p. 97-107, 2013.

RAIHAN, A.; HIMU, H. A. Global impact of COVID-19 on the sustainability of livestock production. **Global Sustainability Research**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2023.

RAIHAN, A.; MUHTASIM, D. A.; FARHANA, S.; PAVEL, M. I.; FARUK, O.; MAHMOO, A. Nexus between carbon emissions, economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, technological innovation, and forest area towards achieving environmental sustainability in Bangladesh. **Energy and Climate Change**, v. 3, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2022.100080>

ROLLIN, O.; PÉREZ-MÉNDEZ, N.; BRETAGNOLLE, V.; HENRY, M. Preserving habitat quality at local and landscape scales increases wild bee diversity in intensive farming systems. **Agriculture, Ecosystemsand Environment**, v. 275, p. 73-80, 2019.

RUARO, R.; GUBIANI, É. A.; CUNICO, A. M.; MORETTO, Y.; PIANA, P. A. Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 1, 2016. Doi: 10.1007/s10661-015-5046-9

SALZMAN, S.; DAHAKE, A.; KANDALAFT, W.; VALENCIA-MONTOYA, W. A.; CALONJE, M.; SPECHT, C. D.; RAGUSO, R. A. Cone humidity is a strong attractant in an obligate cycad pollination system. **Current Biology**, v. 33, n, 8, p. 1654-1664, 2023.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8–27, 2019.

SCHMIDT, B. R. Count data, detection probabilities, and the demography, dynamics, distribution, and decline of amphibians. **Comptes Rendus Biologies**, v. 326, p. 119-124, 2003.

SEIBOLD, S.; GOSSNER, M. M.; SIMONS, N. K.; BLÜTHGEN, N., MÜLLER, J., AMBARLI, D., AMMER, C., BAUHUS, J., FISCHER, M., HABEL, J. C., LINSENMAIR, K. E., NAUSS, T., PENONE, C., PRATI, D., SCHALL, P., SCHULZE, E. D., VOGT, J., WÖLLAUER, S.; WEISSER, W. W. Arthropod decline in grasslands and forests

is associated with landscape-level drivers. **Nature**, v. 574, p. 671-674, 2019.

ŞEKERCIOĞLU, Ç. H.; MENDENHALL, C. D.; OVIEDO-BRENES, F.; HORNS, J. J.; EHRLICH, P. R.; DAILY, G. C. Long-term declines in bird populations in tropical agricultural countryside. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, p. 9903-9912, 2019.

SHELFORD, V. E. A comparison of the responses of animals in gradients of environmental factors with particular reference to the method of reaction of representatives of the various groups from protozoa to mammals. **Science**, v. 48, p. 225-230, 1918.

SHIMBORI, E. M.; QUERINO, R. B.; COSTA, V. A.; ZUCCHI, R. A. Taxonomy and Biological Control: New Challenges in an Old Relationship. **Neotropical Entomology**, Berlin, v. 52, p. 351-372, 2023.

SILVA, E. Evolução da cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do rio Jari entre os anos de 1990 e 2020. **Revista Ciência Geográfica**, v. 28, n.1, p. 84-100, 2024.

SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FARIAS, A. P.; TEODORO, A. V. FERNANDES, M. F.; DOLLET, M. Rainfall and Coconut Accession Explain the Composition and Abundance of the Community of Potential Auchenorrhyncha Phytoplasma Vectors in Brazil. **Environmental Entomology**, v. 47, n. 2, p. 318–324, (2018a).

SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FERNANDES, M. F.; BARTLETT, C. R.; DOLLET, M.; TEODORO, A. V. Relative contribution of rainfall and coconut hybrids to the abundance and composition of the Auchenorrhyncha community as potential vectors of phytoplasmas in the state of Sergipe, Brazil. **Agricultural and Forest Entomology** (2018b), Doi: <https://doi.org/10.1111/afe.12320>

SILVA, P. S.; ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Life history of a widespread Neotropical predator, Chrysopodes (*Chrysopodes*) *lineafrons* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 33-41, 2007.

SINTAYEHU, D.; EBRAHIM, A. Consequences of temporal land cover changes on ecosystem services in Babile Elephant Sanctuary. **Eastern Ethiopia. East African Journal and Sciences**, v. 14, p. 39-50, 2020.

SIQUEIRA, A.; SILVA, A.; SILVA, B. Áreas protegidas e populações tradicionais na fronteira Brasil/Bolívia. **Raega - O Espaço Geográfico Em Análise**, v. 45, n.1, p. 74-90, 2019.

SIRAMI, C.; CAPLAT, P.; POPY, S.; CLAMENS, A.; ARLETTAZ, R.; JIGUET, F.; BROTONS, L.; MARTIN, J. L. Impacts of global change on species distributions: obstacles and solutions to integrate climate and land use. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, p. 385-394, 2017.

SKENDŽIĆ, S.; ZOVKO, M.; ŽIVKOVIĆ, I. P.; LEŠIĆ, V.; LEMIĆ, D. The impact of climate change on agricultural insect pests. **Insects**, v. 12, n. 440, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/insects12050440>

SOUZA, B. A. **Análise da compensação por perda de biodiversidade no setor de mineração de calcário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Doi: <https://doi.org/10.11606/D.3.2017.tde-28112017-080639>. Acesso em: 20 de set. de 2024.

STELZL, M.; DEVETAK, D. Neuroptera in agricultural ecosystems **Agriculture, Ecosystemsand Environment**, v. 74, p. 305-321, 1999.

SUBEDI, Y. R.; KRISTIANSEN, P.; CACHO, O. Drivers and consequences of agricultural land abandonment and its reutilisation pathways: a systematic review. **Environmental Development**, v. 42, 100681, 2022. Doi: 10.1016/j.envdev.2021.100681

SUN, Q.; MIAO, C.; HANEL, M.; BORTHWICK, A. G.; DUAN, Q.; JI, D.; LI, H. Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming. **Environment International**, v. 128, p.125–136, 2019.

SZENTKIRÁLYI, F. Ecology and habitat relationships. In: MCEWEN, P.; NEW, T.; WHITTINGTON, A. E. (eds) **Lacewings in the Crop Environment**. Cambridge University Press, London. p. 82-115, 2001.

TAUBER, C. A.; de LEÓN, T.; PENNY, N. D.; TAUBER, M. J. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: larvae, adults, and comparative biology. **Annals of the Entomological Society of America**, São Paulo, v. 93, p. 1195–1221, 2000.

TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J.; ALBUQUERQUE, G. S. Neuroptera: (lacewings, antlions). In: (eds). **Encyclopedia of Insects**, São Paulo, p. 695-707, 2009.

TAUBER, C.A.; TAUBER, M.J.; ALBUQUERQUE, G.S. Debris-carrying in larval Chrysopidae: unraveling its evolutionary history. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 107, p. 295-314, 2014.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M. et al. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 79-92, 2004.

TOLENTINO, M.; ANCIAES, M. Effects of forest fragmentation on the lekking behavior of white-throated manakins in central amazonia. **Journal of Field Ornithology**, v. 91, p. 1-13, 2020.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE MELLO, F. Z.; FREITAS, A. V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of smallscale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1220–1228, 2009.

ULHÔA, J. L. R. **Parâmetros Biológicos de Controle de *Chrysoperla***. Editora Conhecimento Livre, 2019.

ULYSHEN, M.; URBAN-MEAD, K.R.; DOREY, J. B.; RIVERS, J. W. Forests are critically important to global pollinator diversity and enhance pollination in adjacent crops. **Biological**

Reviews of the Cambridge Philosophical Society, v. 98, p. 1118-1141, 2023.

USTAOGU, E.; WILLIAMS, B. Determinants of urban expansion and agricultural land conversion in 25 EU countries. **Environmental Management**, v. 60, p. 717-746, 2017.

VAN DRIESCHE, R.; SIMBERLOFF, D.; BLOSSEY, B.; CAUSTON, C.; HODDLE, M.; MARKS, C. O.; HEINZ, K. M.; WAGNER, D. L.; WARNER, K. D. **Integrating biological control into conservation practice**. Chichester: John Wiley and Sons, 2016.

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KÖHL, J.; RAVENSBERG, W.; URBANEJA, A. Biological Control Using Invertebrates and Microorganisms: Plenty of New Opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59, 2018.

VENTURA, M. A.; THIERRY, D.; LOURENÇO, P. C.; CODERRE, D. Biogeographic origin of the common green lacewings (Neuroptera, Chrysopidae) of the Azores archipelago, through morphology analysis Arquipélago. **Marine and Life Sciences**, v. 24, p. 25-31, 2007.

VENZON, M.; PALLINI, A.; NEVES, W. S.; JÚNIOR, T. J. P.; BETTIOL, W.; VILELA, E. F. **Controle Alternativo de Pragas e Doenças: Opção ou Necessidade?** Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, 2021.

VIANA, S.; ALVES, R. A.; SILVA, L. D. L.; ACIOLE, D. S. B.; SANTOS R. L.; ALMEIDA, E. A. Biodiversidade e educação ambiental: ampliando conexões com mapas conceituais. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 11, p. 30457-30477, 2023.

VOUMIK, L. C.; MIMI, M. B; RAIHAN, A. Nexus between urbanization, industrialization, natural resources rent, and anthropogenic carbon emissions in South Asia: CS-ARDL approach. **Anthropocene Science**, v. 2, n.1, p. 48-61, 2023.

WEISS, G.; LUDVIG, A.; ŽIVOJINOVIĆ, I. Four decades of innovation research in forestry and the forest-based industries – a systematic literature review. **Forest Policy and Economics**, v. 120, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102288>

WEISSER, W. W.; SIEMANN, E. (Eds.). **Insects and Ecosystem Function. Ecological Studies**, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74004-9>

WILLIAMS, B. A. et al. The changing human footprint on land causes the continued loss of intact ecosystems. **One Earth**, v. 3, p. 371-382, 2020.

WIN, S. S.; MUHAMAD, R.; AHMAD, Z. A. M.; ADAM, N. A. Population fluctuations of Brown plant hopper *Nilaparvata lugens* Stal. and white backed plant hopper *Sogatella furcifera* Horvath on rice. **Journal of Entomology**, v. 2, p. 183-190, 2011.

ZHANG, K. L.; LIU, T.; FENG, R. R.; ZHANG, Z. C.; LIU, K. Coupling coordination relationship and driving mechanism between urbanization and ecosystem service value in large regions: A case study of urban agglomeration in Yellow River Basin, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 15, 7836, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18157836>

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE USO DA TERRA E FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE

Artigo redigido para submissão à Agriculture, Ecosystems & Environment

**SISTEMAS DE USO DA TERRA E FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E
ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE**

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS^{1*}, FABRÍCIO DE OLIVEIRA
REIS¹, ADRIANO SOARES RÊGO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, São
Luís, Maranhão, Brasil

E-mail, ORCID:

annecaroline.bsantos@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-7191-1077>

fareoli@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-1781-3695>

regoadrianosoares@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

*Autor correspondente: Anne C. B. dos Santos: annecaroline.bsantos@gmail.com

Resumo

A intensificação do uso da terra é amplamente reconhecida como uma das principais causas do declínio da biodiversidade, especialmente em áreas agrícolas. No entanto, a manutenção da biodiversidade é essencial para o funcionamento e a estabilidade dos ecossistemas, que influencia diretamente a provisão de serviços ecossistêmicos, como o controle natural de pragas. Nesse cenário, insetos predadores generalistas, como os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae), desempenham um papel estratégico, ao atuarem como inimigos naturais de diversos artrópodes fitófagos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de riqueza e abundância de espécies de crisopídeos em um gradiente de intensidade decrescente de uso da terra formado por pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas, bem como determinar a importância relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre esses indicadores ecológicos. Quatro tipos de uso da terra foram selecionados: (i) pastagens não manejadas; (ii) policultivos; (iii) capoeiras com nível intermediário de sucessão ecológica (20 anos de idade); (iv) capoeiras velhas (60 anos de idade). O método de captura dos crisopídeos foi por meio do uso de armadilhas atrativas. Foram capturados 1.264 adultos de Chrysopidae, distribuídos em três gêneros e 42 morfoespécies, pertencentes às tribos Chrysopini e Leucochrysinini. Dentre os Chrysopidae capturados, a tribo Leucochrysinini foi a mais abundante. A riqueza da comunidade e abundância de espécies da família Chrysopidae amostradas na região de estudo variou conforme o tipo de uso da terra. Apesar de ser o ambiente mais simplificado, as pastagens abrigaram uma elevada riqueza e abundância de crisopídeos em contraste aos demais usos da terra amostrados. As variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) influenciaram a riqueza e abundância de crisopídeos de diferentes maneiras. Os resultados indicam que a comunidade de crisopídeos é influenciada pelo uso da terra. As pastagens apresentam maior riqueza e abundância de espécies de crisopídeos, com oito espécies exclusivas, portanto, adaptadas a esse tipo de uso da terra. No entanto, policultivos e capoeiras também contribuem para manter uma parte da comunidade de crisopídeos, provavelmente por apresentar uma grande variedade de nichos e recursos. Adicionalmente, os padrões de riqueza e abundância das espécies amostradas foram influenciados principalmente pela variável abiótica precipitação pluviométrica.

Palavras-chave: Agroecossistemas; Chrysopini; Diversidade; Entomofauna; Fragmentos de floresta; Leucochrysinini.

Abstract

Land use intensification is widely recognized as one of the main causes of biodiversity decline, especially in agricultural areas. However, maintaining biodiversity is essential for the functioning and stability of ecosystems, which directly influences the provision of ecosystem services, such as natural pest control. In this scenario, generalist predatory insects, such as lacewings (Neuroptera: Chrysopidae), play a strategic role by acting as natural enemies of several phytophagous arthropods. The objective of this study was to evaluate the patterns of lacewing species richness and abundance in a gradient of decreasing land use intensity formed by pastures, polycultures, intermediate secondary forests, and old secondary forests, as well as to determine the relative importance of abiotic environmental variables (temperature, relative humidity, and rainfall) on these ecological indicators. Four land use types were selected: (i) unmanaged pastures; (ii) polycultures; (iii) secondary forests with an intermediate level of ecological succession (20 years old); (iv) old secondary forests (60 years old). Green lacewings were captured using attractive traps. A total of 1,264 adult Chrysopidae were captured, distributed across three genera and 42 morphospecies, belonging to the tribes Chrysopini and Leucochrysinini. Among the Chrysopidae captured, the tribe Leucochrysinini was the most abundant. Community richness and abundance of Chrysopidae species sampled in the study region varied according to land use. Despite being the most simplified environment, pastures harbored high richness and abundance of green lacewings in contrast to the other land uses sampled. Environmental variables (temperature, relative humidity, and rainfall) influenced green lacewing richness and abundance in different ways. The results indicate that the lacewing community is influenced by land use. Pastures have greater richness and abundance of lacewing species, with eight unique species, thus adapting to this type of land use. However, polycultures and secondary forests also contribute to maintaining a portion of the lacewing community, likely due to their wide variety of niches and resources. Furthermore, the richness and abundance patterns of the sampled species were primarily influenced by the abiotic variable rainfall.

Key words: Agroecosystems; Chrysopini; Diversity; Entomofauna; Forest fragments; Leucochrysinini.

Introdução

As paisagens tropicais apresentam uma variedade de usos da terra, incluindo agroecossistemas, remanescentes florestais e outros ecossistemas naturais, os quais estão sujeitos a diferentes níveis de intervenção humana (Velasategui-Montoya et al., 2022).

Áreas de vegetação secundária, como capoeiras, e remanescentes florestais estão frequentemente inseridos em uma paisagem dominada por agroecossistemas (Matos et al., 2013). Muitas espécies que habitam esses fragmentos estabelecem interações com os agroecossistemas, influenciando e sendo influenciadas pelas dinâmicas do uso da terra (Haddad et al., 2011; Matos et al., 2016).

As mudanças no uso da terra ao longo do último século tiveram impactos significativos na biodiversidade, ameaçando a sobrevivência de várias espécies (Chase et al., 2020). A intensificação em sistemas de uso da terra está frequentemente associada a redução na diversidade de espécies, que por sua vez podem reduzir serviços e funções ambientais essenciais em teias alimentares naturais (Davison et al., 2021).

Sabe-se que a biodiversidade pode melhorar e estabilizar o funcionamento do ecossistema (Veddelier et al., 2005). Portanto, identificar e fazer uso de indicadores ecológicos são medidas primordiais para adoção de práticas conservacionistas em paisagens tropicais (Uehara-Prado et al., 2009). Especificamente entre os artrópodes, componentes-chave dos ecossistemas, diversos grupos de insetos são considerados bioindicadores da qualidade ambiental, devido à sua sensibilidade a alterações de habitat e por apresentarem rápidas respostas a distúrbios. Um exemplo claro são suas respostas aos efeitos da fragmentação em ecossistemas naturais, causada por alterações antropogênicas (Uehara-Prado et al., 2009).

Os insetos têm sido considerados uma boa alternativa como bioindicadores da qualidade ambiental por apresentar elevada abundância, curto ciclo de vida, facilidade de amostragem e sensibilidade à alteração ambiental (Louzada e Zanetti, 2013). Neste contexto, os crisopídeos

ou bichos-lixeiros (Neuroptera: Chrysopidae), importantes inimigos naturais de artrópodes fitófagos (Pappas et al., 2011; Machado et al., 2024), podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental por estarem distribuídos em uma matriz composta por fragmentos florestais e agroecossistemas (Soares et al., 2024).

Diferentes tipos de uso do solo apresentam padrões distintos de fatores bióticos e abióticos e, portanto, podem afetar a distribuição e a densidade de insetos (Matos et al., 2013, 2016). Assim, distintos tipos de uso da terra presentes em uma região podem se complementar e contribuir para a manutenção das populações de insetos e, conseqüentemente, manter os serviços ecológicos fornecidos por esses organismos (Tschardt et al., 2005, 2007). A variação sazonal de fatores abióticos tais como temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica podem afetar a distribuição e densidade populacional de artrópodes no campo (Rêgo et al., 2013; Matos et al., 2013).

Dado o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de riqueza e abundância de espécies de crisopídeos em um gradiente de intensidade decrescente de uso da terra formado por pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas, bem como determinar a importância de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre esses indicadores ecológicos.

Material e Métodos

Sítios de estudo

As amostragens foram realizadas em sítios de estudo localizados no Assentamento Tico-Tico, situado na zona rural do Município de Matões do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m), Maranhão, Brasil. O clima desta região é classificado por Koeppen como tropical do tipo equatorial quente e úmido (As), com duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca.

Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados: (i) pastagens com capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf) não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex. Spreng) (Figura 1); (ii) policultivos compostos por cultivos de mandioca, abóbora, maxixe, milho e arroz (agroecossistemas) (Figura 1); (iii) capoeiras com nível intermediário de sucessão ecológica, com aproximadamente 20 anos de idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo-arbustivas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) (Figura 2); (iv) capoeiras velhas (oriundas da fase de pousio da agricultura de corte e queima) com cerca de 60 anos de idade e constituídas por leguminosas arbóreas, sabiá, palmeira babaçu, tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), dentre outras espécies (Figura 2).

Para cada tipo de uso da terra foram selecionadas 5 áreas (repetições), totalizando 20 sítios de estudo. A distância mínima entre os sítios de estudo foi de 800m.

Coleta dos crisopídeos

As expedições para amostragem de Chrysopidae nos sítios de estudo foram realizadas mensalmente durante o período de 24 meses (maio de 2021 a abril de 2023). Para captura dos crisopídeos foi utilizado armadilhas atrativas (Teodoro, 2012), confeccionadas com garrafas PET (volume de dois litros) com abertura lateral (3 x 3 cm, distantes 10 cm da base da garrafa) contendo solução fermentada de melado de cana-de-açúcar diluído em água a 5% e preparada com cinco dias de antecedência. As armadilhas foram fixadas durante a primeira expedição e permaneceram até o último mês de amostragem dos crisopídeos.

Nos locais de amostragem, as armadilhas foram dispostas em “varais” (linhas de náilon), suspensas na altura de quatro metros e fixadas no tronco de espécies arbóreas presentes nos ambientes florestais (capoeiras) ou em palmeiras de babaçu localizadas na delimitação do espaço amostral dos crisopídeos nos pastos ou policultivos. Em cada tipo de

uso da terra foram instaladas 20 armadilhas atrativas, totalizando 400 armadilhas. As armadilhas foram preenchidas com 300 mL da solução atrativa, e o tempo de ação das armadilhas foi de três dias por expedição (n=24 meses). As armadilhas foram distribuídas a partir de 50 metros de distância das margens das pastagens, policultivos ou capoeiras, de modo a evitar efeito de borda. Após as coletas dos crisopídeos, as armadilhas atrativas foram lavadas e mantidas nos sítios de estudo sem a solução de melado de cana-de-açúcar até a coleta seguinte. Após a coleta, os crisopídeos adultos foram transferidos para frascos com álcool 70% para conservação e levados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para posterior identificação.

Identificação dos crisopídeos

O reconhecimento das espécies de Chrysopidae foi realizado por meio de consulta a chaves dicotômicas (Adams e Penny, 1985; Brooks e Barnard, 1990; Freitas e Penny, 2001; Penny, 2002; Tauber et al., 2011), usando-se características morfológicas externas e da genitália interna dos adultos, assim como descrições originais das espécies descritas na literatura. Ademais, os espécimes foram comparados com o banco de dados de imagens digitalizadas dos tipos (cedido por Gilberto Soares Albuquerque, UENF-RJ) depositados no Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Paris, França; Museum of Comparative Zoology (MCZ), Harvard University, Cambridge, MA, EUA; Museo de La Plata (MLP), La Plata, Argentina; Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MBR), Buenos Aires, Argentina; Fundación Miguel Lillo (FML), San Miguel de Tucumán, Argentina e The Natural History Museum, conhecido formalmente como British Museum of Natural History (BMNH), Londres, Inglaterra. Os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram preservados em álcool 70% no interior de flaconetes de vidro transparente com tampa e batoque (Mylabor®) (10 mL) com suas respectivas genitálias imersas em glicerina líquida (P.A.) (Isofar®) no

interior de microtubos de plástico (1,5 mL) (Eppendorf®). Os espécimes identificados foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Variáveis ambientais

Variáveis abióticas foram medidas *in loco* em cada sítio de estudo para explicar padrões na riqueza e abundância de crisopídeos. A temperatura e umidade relativa do ar foram medidas mensalmente durante as coletas em condições padronizadas (dias ensolarados entre 08:00 e 10:00 nas áreas amostradas) por meio do uso de um termo-higrômetro digital portátil (Incoterm®) posicionado sobre o solo por 10 minutos (Rêgo et al., 2013). Os dados de precipitação pluviométrica referentes ao período de amostragem foram obtidos no Laboratório de Meteorologia do Núcleo Geoambiental da UEMA (NuGeo/ UEMA).

Análise estatística

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para identificar diferentes padrões na riqueza e abundância de espécies de crisopídeos nos sítios de estudo amostrados: pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas. Em seguida, foi construído um diagrama de Whittaker (Magurran, 2013) considerando a dominância e a frequência das espécies (global e em cada sítio de estudo). O diagrama de Whittaker foi construído com os pacotes “tidyr”, “dplyr” e “ggplot2”.

Foi construído um diagrama de Venn, com valores absolutos e relativos, para entender a distribuição das espécies entre os sítios de estudo. Áreas que pertencem exclusivamente a um círculo (sem intersecção com outros) representam espécies únicas (exclusivas) encontradas apenas naquele ambiente. As regiões onde dois ou mais círculos se sobrepõem representam as espécies que estão compartilhadas entre os ambientes. O diagrama de Venn foi construído com os pacotes “ggvenn”, “dplyr” e “ggplot2”.

Dados de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos nos usos da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) foram analisados previamente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos resíduos e pelo teste de Hartley para testar a homogeneidade das variâncias. No entanto, os dados não atenderam aos pressupostos das análises paramétricas sendo necessário utilizar o teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) para identificar diferenças na riqueza e abundância nos sítios de estudo. Em seguida, procedeu-se com o teste de comparações múltiplas de Dunn, com correção de Bonferroni, (pacote `Dunn.test`) para comparar as áreas entre si. Diagramas de caixa (Box-plot) foram gerados com dados de riqueza e abundância em cada uso da terra (ambientes) por meio dos pacotes “`ggplot2`” e “`ggpubr`”.

Os estimadores de riqueza de espécies Jackknife 1 e 2 foram calculados para a comunidade de crisopídeos a fim de corroborar a eficiência do esforço amostral (saturação de espécies) usando o pacote “`vegan`” do programa R (R Core Team, 2024; versão 4.4.1). Curvas de saturação de espécies baseadas na abundância de crisopídeos em cada uso da terra (global e nos períodos seco e chuvoso) foram calculadas usando o pacote `iNEXT` do programa R (R Core Team, 2024; versão 4.4.1), utilizando-se como unidade amostral o número acumulado de indivíduos por sítio de estudo por mês (Gotelli e Colwell, 2001). As curvas de saturação de espécies foram geradas por meio dos pacotes “`ggplot2`”.

Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre a riqueza e abundância de crisopídeos em cada sítio de estudo. A análise de partição hierárquica estima a porcentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally, 1996, 2000; Heikkinen et al., 2005; Teodoro et al., 2008; Rêgo et al., 2013). A análise de partição hierárquica foi realizada com o programa R e os pacotes

“hier.part” e “gtools” (R Core Team, 2024; versão 4.4.1). Todas as análises estatísticas e gráficos foram conduzidas no programa R (R Core Team, 2024; versão 4.4.1).

Resultados

Ao longo de dois anos de estudo no Assentamento Tico-Tico, foram capturados 1.264 adultos de Chrysopidae, distribuídos em três gêneros e 42 morfoespécies, pertencentes às tribos Chrysopini e Leucochrysinini (Tabela 1). Do total amostrado, foi possível identificar 18 dessas morfoespécies em nível de espécie: *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861), *Ceraeochrysa everes* (Banks, 1920), *Ceraeochrysa sanchezi* (Navás, 1924), *Ceraeochrysa scapularis* (Navás, 1914), *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás, 1920), *Ceraeochrysa claveri* (Navás, 1911), *Chrysopodes (Chrysopodes) polygonica* Adams e Penny, 1987, *Leucochrysa (Leucochrysa) varia* (Schneider, 1851), *Leucochrysa (Nodita) postica* (Navás, 1913), *Leucochrysa (Nodita) intermedia* (Schneider, 1851), *Leucochrysa (Nodita) lenora* Banks, 1944, *Leucochrysa (Nodita) lancala* Banks, 1944, *Leucochrysa (Nodita) gossei* (Kimmins, 1940), *Leucochrysa (Nodita) cruentata* (Schneider, 1851), *Leucochrysa (Nodita) vitatta* Freitas e Penny, 2001, *Leucochrysa (Nodita) rodriguezii* (Navás, 1913), *Leucochrysa (Nodita) forciformis* Freitas e Penny, 2001, *Leucochrysa (Nodita) camposi* Navás, 1933. As demais 24 morfoespécies foram possíveis de identificação somente ao nível de gênero (*Ceraeochrysa*, *Chrysopodes*, *Leucochrysa*) e subgênero (*Chrysopodes* e *Nodita*); várias delas provavelmente são espécies novas (Tabela 1). Dentre os Chrysopidae capturados, a tribo Leucochrysinini foi a mais abundante, com 96,76% do total de espécimes, distribuídas no gênero *Leucochrysa* (26 spp.). A tribo Chrysopini, em menor número (3,24% do total de espécimes), foi representada por dois gêneros: *Ceraeochrysa* (7 spp.) e *Chrysopodes* (9 sp.); o gênero mais representativo foi *Ceraeochrysa* (2,29%) (Tabela 1).

Analisando-se os resultados separadamente por uso da terra, nas pastagens foram

amostrados 493 espécimes, distribuídos em 24 morfoespécies, correspondendo a 39% do total de crisopídeos coletado no Assentamento Tico-Tico. Nos outros três locais, enquanto a riqueza foi aproximada ao pasto (18 morfoespécies no policultivo, 19 morfoespécies na capoeira intermediária e 19 na capoeira velha), a abundância foi bem inferior; no policultivo foram coletados 279 espécimes, na capoeira intermediária 237 e na capoeira velha 255, correspondendo a 22%, 19% e 20%, respectivamente, da abundância total da área de estudo. Do total de 42 morfoespécies, somente 8 foram encontradas nos quatro locais de coleta, a maioria das quais correspondendo às espécies mais abundantes (Tabela 1).

Foi observada maior abundância de crisopídeos nos sítios de estudo no período chuvoso (n=675) em comparação ao período seco (n=589) (Tabela 2). Independente do período amostral, as pastagens provisionaram maior número de espécimes nos períodos chuvoso (n=314) e seco (n=179) em contraposição aos demais sítios de estudo (Tabela 2). No período chuvoso, os policultivos apresentaram maior abundância de espécies de crisopídeos (n=166) em comparação ao período seco (n=113) (Tabela 2). Em contraste, as capoeiras intermediárias e velhas apresentaram maior abundância de espécies no período seco, respectivamente, 143 e 154 indivíduos (Tabela 2).

No diagrama de dominância de Whittaker observou-se a abundância absoluta (Figura 3) e relativa (Figura 4) de espécies de crisopídeos amostrados em quatro usos da terra distintos: pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV). Em relação a abundância absoluta, houve maior dominância de *L. (N.) vittata* (n=407), *L. (N.) postica* (n=290) e *L. (N.) intermedia* (n=173). Observou-se também inúmeras espécies raras (n<4) compreendendo os gêneros *Leucochrysa*, *Ceraeochrysa* e *Chrysopodes* (Figura 3). No diagrama de rank-abundância (Figura 4) é possível visualizar a estrutura da comunidade de espécies de crisopídeos em termos de abundância e distribuição entre diferentes sítios de estudos amostrados. No ponto mais íngreme das curvas, foram observadas poucas espécies

dominantes na comunidade (Figura 4). Nas pastagens as espécies dominantes foram *L. (N.) vittata* (n=272), *L. (N.) lancala* (n=47) e *L. (N.) intermedia* (n=47). Na estrutura da comunidade de crisopídeos amostrados nos policultivos foram observadas as seguintes espécies dominantes: *L. (N.) vittata* (n=123), *L. (N.) intermedia* (n=30) e *L. (N.) cruentata* (n=30). Nas capoeiras intermediárias e velhas houve dominância de *L. (N.) postica* e *L. (N.) intermedia* com abundâncias da ordem de 107 e 51 (CI) e 140 e 46 (CV), respectivamente (Tabela 1, Figura 4).

No diagrama de rank-abundância (Figura 4) também é possível visualizar a riqueza, ou seja, quanto mais longa for a linha no eixo X (rank), maior será a riqueza de espécies. Isso quer dizer que os ambientes com uma curva mais extensa têm uma comunidade mais rica em termos de número de espécies (Figura 4). Portanto, a riqueza de espécies nas pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas foi da ordem de: 24, 18, 19 e 19, respectivamente (Figura 4).

O diagrama de Venn (Figura 5) mostra as espécies exclusivas e compartilhadas entre os usos da terra amostrados em campo: pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas. Cada conjunto tem sua respectiva cor, e as áreas sobrepostas indicam as espécies compartilhadas. As porcentagens são calculadas e representadas visualmente com base nas áreas exclusivas e sobrepostas (compartilhadas). As espécies exclusivas (restritas) a cada uso da terra estão localizadas na extremidade do diagrama: pastagens – 8 espécies (*Ce. paraguaria*; *Ce. claveri*; *Ch. sp1*; *Ch. sp4*; *Ch. sp8*; *L. sp3*; *L. sp4*; *L. sp8*); policultivo – 4 espécies (*Ce. sp1*; *Ch. sp3*; *Ch. sp5*; *Ch. sp7*); capoeira intermediária – 6 espécies (*Ce. scapularis*; *Ch. polygonica*; *L. rodriguesis*; *L. sp6*; *L. sp7*; *L. sp15*); capoeira velha – 6 espécies (*Ce. cubana*; *L. sp1*; *L. sp5*; *L. sp10*; *L. sp12*; *L. sp14*) (Figura 5).

Houve diferença na abundância de crisopídeos amostrados nos diferentes tipos de uso da terra ($H=72,34$, $gl=3$, $n=96$, $p=0,0005$) (Figura 6). Pastagens apresentaram maior abundância (média±erro-padrão: $20,54\pm 2,95$; mediana: 17) em comparação às capoeiras intermediárias (média±erro-padrão: $9,88\pm 3,01$; mediana: 4) e em comparação às capoeiras

velhas (média±erro-padrão: 10,63±3,03; mediana: 5) (Figura 6). No entanto, os policultivos (média±erro-padrão: 11,63±1,93; mediana: 10) não diferiram dos pastos e capoeiras (intermediárias e velhas) em termos de abundância absoluta (Figura 6).

Em relação à riqueza de espécies de crisopídeos, houve diferença entre os tipos de uso da terra amostrados ($H=11,98$, $gl = 3$, $n=96$, $p= 0,007$) (Figura 7). Foi observada maior riqueza de espécies de crisopídeos nas pastagens (média±erro-padrão: 5,29±0,59; mediana: 5) em contraste as capoeiras intermediárias (média±erro-padrão: 3,42±0,56; mediana: 3) ou velhas (média±erro-padrão: 3,25±0,37; mediana: 3) (Figura 7). Capoeira intermediárias e velhas não diferiram na riqueza (Figura 7). Não houve diferença dos policultivos (média±erro-padrão: 4,33±0,42; mediana: 5) com as áreas de pasto e capoeiras (Figura 7).

Curvas de saturação global ($n=24$ meses), nos períodos seco ($n=12$ meses) e chuvoso ($n=12$ meses), revelaram que a riqueza de espécies de crisopídeos aumenta com o número de indivíduos coletados em todos os usos da terra (Figuras 8, 9 e 10). No entanto, não foi possível atingir um platô, o que indica que o esforço e o tamanho amostral não foram adequados (Figuras 8, 9 e 10).

Globalmente, as curvas de saturação de espécies mostraram ainda que a riqueza de espécies nas pastagens (riqueza=24) foi maior em comparação com o policultivo (riqueza=18), capoeira intermediária (riqueza=19) e capoeira velha (riqueza=19) (Figura 8). As predições dos estimadores Jackknife 1 e 2 para riqueza nos pastos foram de 35,5±7,29 e 45,62, respectivamente. Nos policultivos, a extrapolação da riqueza foi de 24,71±4,23 (Jackknife 1) e 30,25 (Jackknife 2). Ademais, as riquezas estimadas de crisopídeos nas capoeiras intermediárias foi de 29,54±5,21 (Jackknife 1) e 39,62 (Jackknife 2) enquanto capoeiras velhas apresentaram estimativas de 25,71±2,89 (Jackknife 1) e 28,62 (Jackknife 2).

Especificamente para o período chuvoso, as áreas de pastagens também apresentaram maior riqueza de espécies de crisopídeos (riqueza=20) em contraste aos e policultivos

(riqueza=1), capoeiras intermediárias (riqueza=13) e capoeiras velhas (riqueza=13) ((Figura 9). A riqueza estimada de crisopídeos nos pastos foi de $29,17 \pm 7,73$ (Jackknife 1) e $36,74$ (Jackknife 2) enquanto no policultivo, capoeiras intermediárias e velhas foram da ordem de: $20,58 \pm 3,90$ (Jackknife 1) e $23,23$ (Jackknife 2); $18,50 \pm 3,25$ (Jackknife 1) e $21,23$ (Jackknife 2); e $18,50 \pm 2,95$ (Jackknife 1) e $20,47$ (Jackknife 2).

No período seco, as áreas de pastagens foram mais ricas em espécies de crisopídeos (riqueza=15), do que as capoeiras velhas (riqueza=14), capoeiras intermediárias (riqueza=13) e policultivos (riqueza=11), respectivamente (Figura 10). As predições dos estimadores Jackknife 1 e 2 para a riqueza de crisopídeos nos pastos foram da ordem de $19,58 \pm 2,46$ e $22,23$ espécies, respectivamente. Nos policultivos foram estimadas riquezas de $13,75 \pm 1,59$ (Jackknife 1) e $16,25$ (Jackknife 2). A riqueza estimada de crisopídeos nas capoeiras intermediárias foi de $17,58 \pm 3,90$ (Jackknife 1) e $20,99$ (Jackknife 2) enquanto capoeiras velhas apresentaram estimativas de $18,58 \pm 2,05$ (Jackknife 1) e $20,48$ (Jackknife 2).

A abundância de crisopídeos (% variância explicada) por uso da terra, constatou-se efeitos contrastantes da precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura nas áreas de pastagem (35,78; 33,78 e 30,43%), capoeira intermediária (85,28; 10,58 e 4,12%) e capoeira velha (91,80; 5,00 e 3,18%), respectivamente (Figuras 11a, 13a e 14a). Nos policultivos, a abundância de crisopídeos foi influenciada pela precipitação pluviométrica (58,81%), temperatura (22,56%) e umidade relativa (18,62%) (Figura 12a).

A riqueza de crisopídeos foi influenciada principalmente pela precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura nas áreas de pastagem (PA: 47,48; 30,39 e 22,12%) e capoeira intermediária (CI: 86,93; 8,55 e 4,51%) (Figuras 11b e 13b). Nos policultivos e capoeiras velhas a riqueza foi influenciada pela precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa (PC: 64,30; 20,41 e 15,27%; CV: 86,85; 7,65 e 5,49%), respectivamente (Figuras 12b e 14b).

Discussão

A região de estudo é caracterizada por praticar a agricultura itinerante de corte e queima para a produção de cultivos alimentares destinados à sobrevivência de populações locais e comercialização do excedente da produção. Neste contexto, a paisagem é composta por capoeiras em diferentes estágios sucessionais circundadas por sistemas de cultivos diversificados (policultivos) e extensas áreas de pastagens. Apesar dos diferentes níveis de antropização da paisagem, sabe-se que fragmentos florestais em estágios avançados de sucessão podem aprovisionar elevadas riquezas de organismos (Bragagnolo et al., 2007; Matos et al., 2016; Bozdogan, 2020).

Os padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos amostrados na região de estudo variaram conforme o tipo de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas). Apesar de ser o ambiente mais simplificado, as pastagens abrigaram uma elevada riqueza e abundância de crisopídeos, independente da estação, em contraste aos demais usos da terra. Os tipos e formas de habitat podem determinar e influenciar a diversidade, abundância e distribuição de crisopídeos em florestas (Bozdoğan, 2020).

Os crisopídeos foram amostrados em pastagens de capim braquiarião não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu. Durante este estudo, os agricultores não aplicaram pesticidas em nenhuma das cinco áreas de pasto onde os pontos de amostragem estavam localizados. Portanto, como não houve interferência desse fator, isso ajuda a explicar a elevada abundância de crisopídeos nesses sistemas simplificados ao serem atraídos pela solução atrativa de melado de cana-de-açúcar contida nas armadilhas. Além disso, pastagens arborizadas ou esparsamente arborizadas são um ecótono importante, garantindo uma mudança gradual dos sistemas de uso da terra entre áreas abertas e florestas, onde uma ampla gama de espécies de ambos os sistemas de uso da terra são encontradas (Zimmermann et al., 2024).

Para promover a riqueza e abundância de crisopídeos, é essencial implementar práticas de manejo agrícola sustentáveis. A redução do uso de pesticidas em pastagens pode aumentar significativamente a biodiversidade de insetos benéficos, incluindo os crisopídeos, que contribuem para o controle biológico de pragas. Além disso, a preservação de áreas de vegetação natural adjacentes às pastagens, a criação de corredores ecológicos e a manutenção de diversidade vegetal dentro dos pastos são estratégias eficazes para aumentar a resiliência ecológica e a presença de inimigos naturais nos sistemas de uso da terra (Altieri, 1999; Bianchi et al., 2006).

A maior abundância e riqueza de Chrysopidae nas áreas de pasto pode ser explicada pelo atrativo usado neste estudo. Como as espécies de crisopídeos se distribuem em um mosaico constituídos por capoeiras em diferentes idades e áreas agrícolas é esperado que diversas espécies que vivem em fragmentos florestais possam interagir com agroecossistemas típicos da região, a exemplo das pastagens. Portanto, é razoável afirmar que compostos voláteis emitidos pelo melado de cana-de-açúcar presente nas armadilhas, provavelmente atuaram como sinalizadores para os adultos de crisopídeos circundantes nessa matriz de usos da terra, a fim de buscar recursos alimentares necessários para a manutenção de seus processos vitais e de escolha do local para oviposição, um momento crucial para a sobrevivência e sucesso reprodutivo futuro da progênie.

Diversos estudos indicam que níveis baixos a moderados de perturbação podem, de fato, favorecer a biodiversidade de artrópodes (Nagy et al., 2020). Fatores como o tipo de pastagem e a composição florística exercem influência significativa sobre as comunidades de artrópodes e, por consequência, sobre os serviços ecossistêmicos de controle biológico oferecidos à paisagem como um todo. No entanto, ainda são raros os estudos que caracterizam adequadamente os habitats de pastagem ou descrevem de forma detalhada a diversidade de sua flora — uma lacuna importante que deve ser considerada em investigações futuras (Nagy

et al., 2020).

Conhecimento sobre o uso de habitats de pastagens por artrópodes e inimigos naturais é insuficiente para gerenciar e explorar com sucesso esses habitats para seu potencial de controle biológico (Nangy, et al. 2020). No entanto, mesmo com os estudos limitados e resultados inconsistentes, algumas conclusões podem ser tiradas da literatura. Apesar da reputação negativa como potenciais refúgios para pragas (Yasuda e Yasuda, 2016; Toivonen et al., 2018), os habitats de pastagem demonstram potencial para abrigar comunidades benéficas de inimigos naturais, que desempenham um papel importante na prestação de serviços valiosos de controle biológico em paisagens agrícolas mais amplas. No entanto, mais pesquisas seriam necessárias sobre os efeitos das pastagens sobre crisopídeos (abundância de recursos de néctar, a presença de abrigo, a altura da vegetação, momento do corte) para testar se os resultados que encontramos aqui se mantêm.

Capoeiras intermediárias e velhas apresentaram riquezas de espécies de crisopídeos equivalentes, fato que revela a importância desse uso da terra para a conservação da biodiversidade de Chrysopidae em paisagens pouco diversas e dominadas por agroecossistemas, tais como pastagens. Capoeiras, em estágios avançados de sucessão ecológica, desempenham um papel essencial na conservação de espécies, pois fornecem condições microclimáticas e uma variedade de recursos muitas vezes não encontrados em cultivos agrícolas como, por exemplo, temperatura e umidade favoráveis, alimentos alternativos, recursos florais, dentre outros (Matos et al., 2016). Neste estudo, houve predominância da tribo Leucochrysiini, aproximadamente 96% do total de espécies coletadas. A tribo Leucochrysiini é exclusiva do continente americano (Brooks e Barnard, 1990), e ocorre principalmente em florestas tropicais, onde são as espécies dominantes (Freitas e Penny, 2001).

Policultivos também sustentaram elevada riqueza e abundância de crisopídeos nos

sítios de estudo. Sistemas de produção diversificados podem aumentar a diversidade de plantas em uma área agrícola, fornecendo maior variedade de habitats, fontes alternativas de alimento, abrigo e um ambiente favorável que pode ajudar a sustentar populações de crisopídeos, que são importantes agentes de controle biológico de pragas (Paredes et al., 2024; Soares et al., 2024). De fato, ambientes mais complexos podem melhorar a resiliência do ecossistema e favorecer o controle biológico de pragas (Porcel et al., 2017; Silva et al., 2020; Beaumelle et al., 2021). Portanto, aumentar a diversidade de plantas em sistemas agrícolas na região de estudo é uma maneira promissora de equilibrar a produção de alimentos e a conservação da biodiversidade. Dessa forma, o controle biológico de pragas, um serviço ecossistêmico importante fornecido por inimigos naturais, poderia se beneficiar particularmente do aumento da diversidade de plantas em escala local.

A evidência da segregação e da sobreposição de espécies entre os diferentes usos da terra amostrados (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) indica variações na composição florística associadas ao manejo e ao estágio sucessional de cada sistema. A ocorrência de espécies exclusivas em cada uso da terra sugere que as condições ambientais, estruturais e de manejo exercem papel determinante na composição da comunidade vegetal local (Bozdoğan, 2020; Soares et al., 2024).

A presença de espécies compartilhadas entre os usos da terra, indicada pelas áreas de sobreposição no diagrama, sugere conectividade e fluxo de espécies entre os diferentes ambientes, apontando para a importância da matriz paisagística na manutenção da diversidade regional. Essa conectividade pode facilitar processos de dispersão, colonização e resiliência ecológica, ressaltando o papel do mosaico de usos da terra na conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas (Harvey et al., 2008).

As variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) influenciaram a riqueza e abundância de crisopídeos nos diferentes usos da terra. Os

crisopídeos são um grupo importante de predadores que desempenham um papel crucial em áreas naturais e agrícolas, e monitorar sua abundância e riqueza é essencial para entender a dinâmica desses inimigos naturais em sistemas de uso da terra na Amazônia Oriental Maranhense.

Variáveis ambientais de habitat influenciaram nos padrões de riqueza e abundância de crisopídeos amostrados nos fragmentos florestais (capoeiras), policultivos e pastagens. O regime de chuvas é considerado um dos principais fatores climáticos que regem a distribuição das populações de insetos (Wolda, 1988; Pinheiro et al., 2002). A temperatura e a umidade relativa são fatores ambientais críticos que afetam tanto o comportamento quanto a sobrevivência de crisopídeos (Pappas et al., 2008; Aghdam e Nemati, 2020). Em todos os sítios de estudo a umidade relativa e temperatura foram as variáveis abióticas que explicaram as menores frações (% variância explicada) na abundância e riqueza de espécies de crisopídeos em comparação à precipitação pluviométrica. Na região de estudo houve pouca oscilação na temperatura (média±erro-padrão: $32^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (média±erro-padrão: $73\pm 2\%$) ao longo das expedições.

As pastagens, sítios de estudo mais simplificados, se destacaram pela elevada riqueza e abundância de crisopídeos em comparação aos demais sistemas de uso da terra. Em relação a riqueza e abundância de crisopídeos nas pastagens, foi observada maior contribuição relativa da variável abiótica precipitação pluviométrica seguida da umidade relativa e temperatura. Portanto, o manejo adequado dos ambientes agrícolas circundantes às matas é relevante para a preservação das espécies que habitam os remanescentes florestais. Pastagens desempenham um papel importante na preservação de insetos fornecendo uma diversidade de microhabitats que sustentam esses organismos, mesmo em sistemas agrícolas modificados (Woodcock et al., 2021; Acharya et al., 2024; Peer et al., 2024; Zimmermann et al., 2024). Por exemplo, pastagens com vegetação densa, menos manejadas ou arborizadas (práticas silvipastoris

tradicionais) proporcionam ambientes favoráveis para a sobrevivência de insetos que podem encontrar recursos em abundância nesses ambientes (Acharya et al., 2024; Zimmermann et al., 2024).

Nas capoeiras, a precipitação pluviométrica provou ser um mecanismo-chave que aumenta a riqueza e abundância de crisopídeos, respondendo por elevadas frações da variância explicada desses dois indicadores ecológicos. A região de estudo é caracterizada por períodos chuvoso e seco bem definidos, seis meses respectivamente; e a precipitação pluviométrica acumulada na estação chuvosa, durante o período amostral da comunidade de crisopídeos, foi de 2.906,8 mm. A precipitação pluviométrica influencia diretamente a vegetação (Pinheiro et al., 2021), que por sua vez afeta a abundância de herbívoros (Melesse e Singh, 2012; Katono et al., 2021), tais como moscas-brancas, pulgões, cochonilhas, pequenas lagartas de lepidópteros e ácaros fitófagos que são presas dos crisopídeos (Albuquerque et al., 2012). No entanto, uma correlação positiva entre riqueza de espécies e precipitação foi confirmada globalmente, uma vez que o aumento da disponibilidade de recursos/energia permite uma maior coexistência de espécies (Currie et al., 2004).

Nos policultivos, a precipitação pluviométrica explicou frações significativas na riqueza e abundância de crisopídeos, com base na análise de partição hierárquica. As variações na quantidade e no padrão temporal da precipitação podem modificar a distribuição de espécies e a abundância de plantas, afetando diretamente a disponibilidade de recursos alimentares para espécies herbívoras e seus predadores (Nafus et al., 2017). Nos policultivos, agricultores familiares cultivam suas áreas com culturas de ciclo curto ou anual no início do período chuvoso de modo a obter recursos alimentares e financeiros. Com a diversificação da paisagem local, os crisopídeos podem se beneficiar do consórcio do arroz e mandioca com espécies de plantas provedoras de alimento (pólen) tais como o milho (*Zea mays* L.), abóbora *Cucurbita moscata* Duchesne, maxixe *Cucumis anguria* L., quiabo *Abelmoschus esculentus*

(L.) Moench, vinagreira *Hibiscus sabdariffa* L. e ervas espontâneas. Landis et al., (2017) discutem como a complexidade das paisagens agrícolas pode melhorar os serviços ecossistêmicos, como o controle de pragas, pela promoção da biodiversidade. Além disso, Gurr et al., (2017) revisam os avanços na manipulação de habitats, abordando como essa técnica pode ser usada para suprimir populações de pragas em cultivos comerciais, utilizando práticas como a introdução de plantas que atraem inimigos naturais.

Conclusão

Os resultados indicam que a comunidade de crisopídeos é influenciada pelo uso da terra. Pastagens apresentam maior riqueza e abundância de espécies de crisopídeos, com oito espécies exclusivas, portanto, adaptadas a esse tipo de uso da terra. Policultivos e capoeiras contribuem para manter uma parte da comunidade de crisopídeos, provavelmente por apresentar uma grande variedade de nichos e recursos. Padrões de riqueza e abundância das espécies amostradas foram influenciados principalmente pela variável abiótica precipitação pluviométrica.

Estudos futuros de controle biológico conservativo podem ser incrementados em tais sistemas, via manipulação de habitats, de modo a permitir a conservação desses importantes inimigos naturais de ambientes agrícolas e florestais.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a primeira autora deste artigo. Ao Dr. Adriano Soares Rêgo pelas identificações dos crisopídeos amostrados em campo. Aos produtores do Assentamento Tico-Tico, localizado no município de Matões do Norte, pela disponibilização dos sítios de estudo. A FAPEMA pelo apoio financeira, pelo Edital FAPEMA nº 002/2019 – UNIVERSAL (Processo 01123/19).

Referências

- Acharya, R.S., Leslie, T., Burke, J., Naithani, K., Fitting, E., Loftin, K., Joshi, N.K., 2024. Sheep grazing influences the abundance, diversity, and community composition of wild bees and other insects in livestock pastures. *Ecol. Indic.* 162, 111839. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111839>
- Adams, P.A., Penny, N.D., 1985. Neuroptera of the Amazon Basin, part 11a. Introduction and Chrysopini. *Acta Amaz.* 15 (3), 413-479. <https://doi.org/10.1590/1809-43921985153479>
- Aghdam, H.R., Nemati, Z., 2020. Modeling of the effect of temperature on developmental rate of common green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae). *Egypt. J. Biol. Pest. Control* 30, 145. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00341-x>
- Albuquerque, G.S.; Tauber, C.A.; Tauber, M.J., 2012. Green lacewings (Neuroptera Chrysopidae): predatory lifestyle. In: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. (Eds.). *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management*. Boca Ratón: CRC Press. Cap. 24, pp.594-631.
- Altieri, M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74(1-3), 19-31.: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Beaumelle, L., Auriol, A., Grasset, M., Pavy, A., Thiéry, D., Rusch, A., 2021. Benefits of increased cover crop diversity for predators and biological pest control depend on the landscape context. *Ecol. Solut. Evid.* 2 (3), e12086. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12086>
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tschamntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B.* 273, 1715-1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bozdoğan, H., 2020. Diversity of lacewing assemblages (Neuropterida: Neuroptera) in different forest habitats and agricultural areas in the East Mediterranean area of Turkey. *Entomol. Res.* 50, 163-173. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12426>
- Bragagnolo, C., Nogueira, A.A., Pinto-da-Rocha, R., Pardini, R., 2007. Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. *Biol. Conserv.* 139 (3-4), 389-400. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.008>
- Brooks, S.J., Barnard, P.C., 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)* 59, 117-286. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:83600505>
- Chase, J.M., Blowes, S.A., Knight, T.M., Gerstner, K., May, F., 2020. Ecosystem decay exacerbates biodiversity loss with habitat loss. *Nature* 584 (7820), 238-243. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2531-2>
- Currie, D.J., Mittelbach, G.G., Cornell, H.V., Field, R., Guégan, J.F., Hawkins, B.A.,

- Kaufman, D. M., Kerr, J., Oberdorff, T., O'Brien, E., Turner, J.R.G., 2004. Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecol. letters*. 7, 1121–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00671.x>
- Davison, C.W., Rahbek, C., Morueta-Holme, N, 2021. Land-use change and biodiversity: Challenges for assembling evidence on the greatest threat to nature *Glob. Chang. Biol.* 27 (21), 5414-5429. <https://doi.org/10.1111/gcb.15846>
- Freitas, S., Penny, N.D., 2001. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52 (19), 245-395.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4, 379-391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- Gurr, G.M, Wratten, S.D., Landis, D.A., You, M., 2017. Habitat Management to Suppress Pest Populations: Progress and Prospects. *Annu. Rev. Entomol.* 31 (62), 91-109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Haddad, G.Q., Cividanes, F.J., Martins, I.C.F., 2011. Species diversity of myrmecofauna and araneofauna associated with agroecosystem and forest fragments and their interaction with carabidae and staphylinidae (Coleoptera). *Flo. Entomol*, 94, 500-509. <https://doi.org/10.1653/024.094.0314>
- Harvey, C.A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B.G., Finegan, B., Griffith, D.M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., Van Breugel, M., Wishnie, M. 2008. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conserv Biol.* 22(1):8-15. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00863.x>.
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Kuussaari, M., Pöyry, J., 2005. New insights into butterfly- environment relationships using partitioning methods. *Proc Biol Sci.* 272 (1577), 2203– 2210. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3212>
- Katono, K., Macfadyen, S., Omongo, C.A., Odong, T.L., Colvin, J., Karungi, J., Otim, M.H., 2021. Influence of cassava morphological traits and environmental conditions on field populations of *Bemisia tabaci*. *Insects* 12, 604. <https://doi.org/10.3390/insects12070604>
- Landis, D.A., 2017. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic Appl.Ecol.* 18, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.07.005>
- Louzada, J, Zanetti, R., 2013. Bioindicadores de Impactos Ambientais. In: Moreira, F.M.S., Cares, J.E., Zanetti, R., Sturmer, S.L. (Eds.) *O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*. Lavras: UFLA, pp. 79-128.
- Machado, R.J.P., Martins, C.C., Freitas, S., Penny, N.D., 2024. Neuroptera Linnaeus, 1758, p. 552-567. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; Casari, S.; Constantino, R. (Eds). *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, pp. 880.

- Magurran, A. E. 2013. Medindo a diversidade biológica. Curitiba, PR: Ed. da UFPR, pp. 261.
- Matos, M.C.B., Sousa-Souto, L., Almeida, R.S., Teodoro, A.V, 2013. Contrasting Patterns of Species Richness and Composition of Solitary Wasps and Bees (Insecta: Hymenoptera) According to Land-use. *Biotropica*, 45, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.02.001>
- Matos, M.C.B., Silva, S.S., Teodoro, A.V., 2016. Seasonal population abundance of the assembly of solitary wasps and bees (Hymenoptera) according to land-use in Maranhão state, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 60, 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.02.001>
- McNally, R., 1996. Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. *Aust. J. Ecol.* 21 (2), 224–228. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1996.tb00602.x>
- McNally, R., 2000. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between-and reconciliation of predictive and explanatory models. *Biodivers. Conserv.* 9 (5), 655–671. <https://doi.org/10.1023/A:1008985925162>
- Melesse, T., Singh, S.K., 2012. Effect of climatic factors on pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* Harris (Homoptera: Aphididae) population and its Management through planting dates and biopesticides in field pea (*Pisum sativum* L.). *J. Agric. Technol.* 8 (1), 125–132.
- Nafus, M.G., Tuberville, T.D., Buhlmann, K.A., Todd, B.D., 2017. Precipitation quantity and timing affect native plant production and growth of a key herbivore, the desert tortoise, in the Mojave Desert. *Clim Chang Responses* 4, 4. <https://doi.org/10.1186/s40665-017-0032-9>
- Nagy, R.K; Bell, L.W; Schellhorn, N.A; Zalucki, M.P., 2020. Role of grasslands in pest suppressive landscapes: how green are my pastures? *Austral Entomol.* 59, 227–237. <https://doi.org/10.1111/aen.12464>
- Pappas, M.L., Broufas, G.D., Koveos, D.S., 2008. Effect of relative humidity on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasine* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biol. Control.* 46 (2), 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.03.015>
- Pappas, M.L., Broufas, G., Koveos, D.S, 2011. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. *Jour. Entomol.* 8 (3), 301-326. <https://doi.org/10.3923/je.2011.301.326>
- Paredes, D., Mendes, S., Sousa, J.P., 2024. Habitat Diversity Increases *Chrysoperla carnea* s.l. (Stephens, 1836) (Neuroptera, Chrysopidae) Abundance in Olive Landscapes. *Agriculture* 14 (2), 298. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020298>
- Peer, M., Kratschmer, S., Bürgler, M., Hussain, R.I., Rabl, D., Walcher, R., Schernhammer, T., Maas, B., Schuller, N., Vogel, N., Heer, M., Zwatz, S., Krautzer, B., Moser, D., Frank, T., 2024. Development of insects in newly established grassland over six years: Increased conservation benefits through diverse plant communities. *Agric. Ecosyst. Environ.* 373, 109113. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109113>
- Penny, N.D., 2002. Family Chrysopidae. In: Penny ND. (Eds.) *A Guide to the Lacewings*

(Neuroptera) of Costa Rica. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 53, 187–227.

Pinheiro, F., Diniz, I.R., Coelho, D., Bandeira, M.P.S., 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>

Pinheiro, M.H.O., Azevedo, T.S., Ferreira, F.L., Monteiro, R., 2021. Vegetation patterns and the influence of rainfall after long-term fire suppression on a woody community of a Brazilian savanna. *An. Acad. Bras. Cienc.* 93, e20191405. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191405>

Porcel, M., Cotes, B., Castro, J., Campos, M., 2017. The effect of resident vegetation cover on abundance and diversity of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) on olive trees. *J. Pest. Sci.* 90, 195–206. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0748-5>

R Core Team, 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rêgo, A.S., Teodoro, A.V., Maciel, A.G.S., Sarmiento, R.A., 2013. Relative contribution of biotic and abiotic factors to the population density of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60, 479–484. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9667-9>

Silva, J.O.S., Costa, M.L.E., Paixão, B.S., Macêdo, J.D.B., Rodrigues, P.M.S., Lins-Neto, E.M.F., 2020. Natural Vs Managed Habitat: Effect Over the Seed-Predator *Pachymerus nucleorum* and Its Natural Enemies. *Neotrop. Entomol.* 49, 131–138. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00727-z>

Soares, N.S., Martins, C.C., Reigada, C., Neto, S.S., Zucchi, R.A., Savaris, M., 2024. Influence of height on the abundance and richness of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in an anthropically modified habitat. *Neotrop. Entomol.* 53, 1175–1184. <https://doi.org/10.1007/s13744-024-01198-7>

Tauber, C.A., Albuquerque, G.S., Tauber, M.J., 2011. Nomenclatorial changes and redescriptions of three of Navás *Leucochrysa* (*Nodita*) species (Neuroptera, Chrysopidae). *ZooKeys* 28 (92), 9–33. <https://doi.org/10.3897/zookeys.92.828>

Teodoro, A.V., Klein, A.M., Tschardtke, T., 2008. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125 (1–4), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.12.004>

Teodoro, T.B., 2012. Caracterização da Taxocenose de Chrysopidae (Insecta, Neuroptera) na Reserva Biológica de Sooretama, ES. Dissertação, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, pp. 75.

Toivonen, M., Huusela-Veistola, E., Herzon, I. 2018. Perennial fallow strips support biological pest control in spring cereal in Northern Europe. *Biol Control* 121, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.02.015>

Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Van Nouhuys, S., Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biol Control* 43 (3), 294–309. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.006>

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005. Landscape perspective on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8 (8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Uehara-Prado, M.; Fernandes, J.O.; Bello, A.M.; Machado, G.; Santos, A.J.; Vaz-De Mello, F.Z.; Freitas, A.V.L., 2009. Selecting terrestrial arthropods as indicators of smallscale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biol. Conserv.* 142 (6), 1220–1228. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.008>

Veddeler, D., Schulze C.H., Steffan-Dewenter I., Buchori D., Tscharntke, T., 2005. The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age. *Biodivers. Conserv.* 14, 3577–3592. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-0829-2>

Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N., Peña-Villacreses, G., de Lima, A., Herrera-Franco, G., 2022. Land Use and Land Cover in Tropical Forest: Global Research. *Forests* 13 (10), 1709. <https://doi.org/10.3390/f13101709>

Wolda, H., 1988. Insect Seasonality: why? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19, 1-18.

Woodcock, B.A., Pywell, R.F., Macgregor, N.A., Edwards, M.E., Redhead, J., Ridding, L.E., Batáry, P., Czerwiński, M., Duffield, S., 2021. Historical, local and landscape factors determine the success of grassland restoration for arthropods. *Agric., Ecosyst. Environ.* 308, 107271. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107271>

Yasuda, M., Yasuda T. 2016. Effects of converted grassland on Hemiptera assemblages in surrounding rice fields. *Grassland Science* 62, 21–28. <https://doi.org/10.1111/grs.12104>

Zimmermann, E.E., Chittaro, Y., Wider, S., Zemp, D.C., 2024. Composition and diversity of ground beetles within wooded pastures and alternative land-use systems in Swiss Jura mountains. *Agroforest. Syst.* 98, 2411–2430. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01036-0>

Tabela 1. Composição e abundância de espécies da família Chrysopidae amostradas em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023).

Tribo/ Espécies	Uso da terra* [Abundância Absoluta; Relativa (%)]				Abundância total	
	PA	PC	CI	CV	Absoluta	Relativa (%)
Tribo Chrysopini						
<i>Ceraeochrysa cubana</i>	-	-	-	1 (0,39)	1	0,08
<i>Ceraeochrysa everes</i>	5 (1,01)	5 (1,79)	-	2 (0,78)	12	0,95
<i>Ceraeochrysa sanchezi</i>	8 (1,62)	2 (0,72)	-	-	10	0,79
<i>Ceraeochrysa scapularis</i>	-	-	1 (0,42)	-	1	0,08
<i>Ceraeochrysa paraguaria</i>	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Ceraeochrysa claveri</i>	2 (0,41)	-	-	-	2	0,16
<i>Ceraeochrysa</i> sp1	-	1 (0,36)	-	-	1	0,08
<i>Chrysopodes (Chrysopodes) polygonica</i>	-	-	3 (1,27)	-	3	0,24
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp1	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp2	2 (0,41)	1 (0,36)	-	-	3	0,24
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp3	-	1 (0,36)	-	-	1	0,08
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp4	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp5	-	2 (0,72)	-	-	2	0,16
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp6	1 (0,20)	1 (0,36)	-	-	2	0,16
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp7	-	1 (0,36)	-	-	1	0,08
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp8	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
Tribo Leucochrysini						
<i>Leucochrysa (Leucochrysa) varia</i>	12 (2,43)	4 (1,43)	12 (5,06)	12 (4,71)	40	3,16
<i>Leucochrysa (Nodita) postica</i>	22 (4,46)	21 (7,53)	107 (45,15)	140 (54,90)	290	22,94
<i>Leucochrysa (Nodita) intermedia</i>	46 (9,33)	30 (10,75)	51 (21,52)	46 (18,04)	173	13,69
<i>Leucochrysa (Nodita) lenora</i>	9 (1,83)	10 (3,58)	15 (6,33)	8 (3,14)	42	3,32
<i>Leucochrysa (Nodita) lancala</i>	47 (9,53)	21 (7,53)	12 (5,06)	12 (4,71)	92	7,28
<i>Leucochrysa (Nodita) gossei</i>	9 (1,83)	8 (2,87)	10 (4,22)	14 (5,49)	41	3,24
<i>Leucochrysa (Nodita) cruentata</i>	23 (4,67)	30 (10,75)	9 (3,80)	3 (1,18)	65	5,14
<i>Leucochrysa (Nodita) vitatta</i>	272 (55,17)	123 (44,09)	7 (2,95)	5 (1,96)	407	32,20
<i>Leucochrysa (Nodita) rodriguezii</i>	-	-	2 (0,84)	-	2	0,16

Tabela 1. Continuação

<i>Leucochrysa (Nodita) forciformis</i>	-	1 (0,36)	1 (0,42)	2 (0,78)	4	0,32
<i>Leucochrysa (Nodita) camposi</i>	1 (0,20)	-	1 (0,42)	2 (0,78)	4	0,32
<i>Leucochrysa (Nodita) sp1</i>	-	-	-	1 (0,39)	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp2</i>	23 (4,67)	17 (6,09)	1 (0,42)	-	41	3,24
<i>Leucochrysa (Nodita) sp3</i>	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp4</i>	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp5</i>	-	-	-	1 (0,39)	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp6</i>	-	-	1 (0,42)	-	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp7</i>	-	-	1 (0,42)	-	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp8</i>	1 (0,20)	-	-	-	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp9</i>	1 (0,20)	-	1 (0,42)	-	2	0,16
<i>Leucochrysa (Nodita) sp10</i>	-	-	-	1 (0,39)	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp11</i>	3 (0,61)	-	-	1 (0,39)	4	0,32
<i>Leucochrysa (Nodita) sp12</i>	-	-	-	1 (0,39)	1	0,08
<i>Leucochrysa (Nodita) sp13</i>	-	-	1 (0,42)	1 (0,39)	2	0,16
<i>Leucochrysa (Nodita) sp14</i>	-	-	-	2 (0,78)	2	0,16
<i>Leucochrysa (Nodita) sp15</i>	-	-	1 (0,42)	-	1	0,08
Abundância	493	279	237	255	1264	
Riqueza	24	18	19	19	42	

* Usos da terra: Pastagens (PA), Policultivos (PC), Capoeiras intermediárias (CI) e Capoeiras velhas (CV).

Tabela 2. Composição e abundância de espécies da família Chrysopidae amostradas nos períodos chuvoso e seco (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023).

Espécie	Estação chuvosa (janeiro a junho)				Estação seca (julho a dezembro)				Total
	PA	PC	CI	CV	PA	PC	CI	CV	
Tribo Chrysopini									
<i>Ceraeochrysa cubana</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Ceraeochrysa everes</i>	1	2	-	-	4	3	-	2	12
<i>Ceraeochrysa sanchezi</i>	6	2	-	-	2	-	-	-	10
<i>Ceraeochrysa scapularis</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Ceraeochrysa paraguaria</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ceraeochrysa claveri</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Ceraeochrysa</i> sp1	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chrysopodes (Chrysopodes) polygonica</i>	-	-	3	-	-	-	-	-	3
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp1	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp2	2	-	-	-	-	1	-	-	3
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp3	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp4	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp5	-	2	-	-	-	-	-	-	2
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp6	-	1	-	-	1	-	-	-	2
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp7	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp8	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Tribo Leucochrysini									
<i>Leucochrysa (Leucochrysa) varia</i>	11	4	9	6	1	-	3	6	40
<i>Leucochrysa (Nodita) postica</i>	13	16	55	68	9	5	52	72	290
<i>Leucochrysa (Nodita) intermedia</i>	15	11	5	8	31	19	46	38	173
<i>Leucochrysa (Nodita) lenora</i>	7	4	9	7	2	6	6	1	42
<i>Leucochrysa (Nodita) lancala</i>	34	12	3	2	13	9	9	10	92
<i>Leucochrysa (Nodita) gossei</i>	3	4	2	-	6	4	8	14	41
<i>Leucochrysa (Nodita) cruentata</i>	12	12	2	2	11	18	7	1	65
<i>Leucochrysa (Nodita) vitatta</i>	186	82	-	2	86	41	7	3	407
<i>Leucochrysa (Nodita) rodriguezi</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	2

Tabela 2. Continuação

<i>Leucochrysa (Nodita) forciformis</i>	-	1	-	-	-	-	1	2	4
<i>Leucochrysa (Nodita) camposi</i>	1	-	-	-	-	-	1	2	4
<i>Leucochrysa (Nodita) sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp2</i>	15	11	1	-	8	6	-	-	41
<i>Leucochrysa (Nodita) sp3</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp4</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp5</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp6</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp7</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp8</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp9</i>	-	-	-	-	1	-	1	-	2
<i>Leucochrysa (Nodita) sp10</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp11</i>	-	-	-	1	3	-	-	-	4
<i>Leucochrysa (Nodita) sp12</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Leucochrysa (Nodita) sp13</i>	-	-	-	1	-	-	1	-	2
<i>Leucochrysa (Nodita) sp14</i>	-	-	-	1	-	-	-	1	2
<i>Leucochrysa (Nodita) sp15</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Abundância	314	166	94	101	179	113	143	154	

* Usos da terra: Pastagens (PA), Policultivos (PC), Capoeiras intermediárias (CI) e Capoeiras velhas (CV).

Legendas das figuras

Figura 1. Sítios de estudo: (A) Pastagens e (B) Policultivo.

Figura 2. Sítios de estudo: (A) Capoeira intermediária e (B) Capoeira velha.

Figura 3. Diagrama de dominância de Whitaker mostrando a abundância total de crisopídeos amostrados em pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023).

Figura 4. Diagrama de rank-abundância mostrando a abundância de espécies de crisopídeos em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023).

Figura 5. Diagrama de Venn evidenciando as espécies exclusivas e compartilhadas de crisopídeos amostrados em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023).

Figura 6. Abundância da comunidade de crisopídeos amostrados em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Figura 7. Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrados em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Figura 8. Curvas de saturação de espécies (global, $n=24$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão.

Figura 9. Curvas de saturação de espécies ($n=12$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados no período chuvoso em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão.

Figura 10. Curvas de saturação de espécies ($n=12$ meses) baseadas em amostras padronizadas para o número de indivíduos de crisopídeos amostrados no período seco em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV)

localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). As barras de erro representam o erro-padrão.

Figura 11. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em pastagens.

Figura 12. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em policultivos.

Figura 13. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em capoeiras intermediárias.

Figura 14. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independentes (% da variância explicada) de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) para a abundância (a) e riqueza (b) da comunidade de crisopídeos em capoeiras velhas.



Figura 1



Figura 2

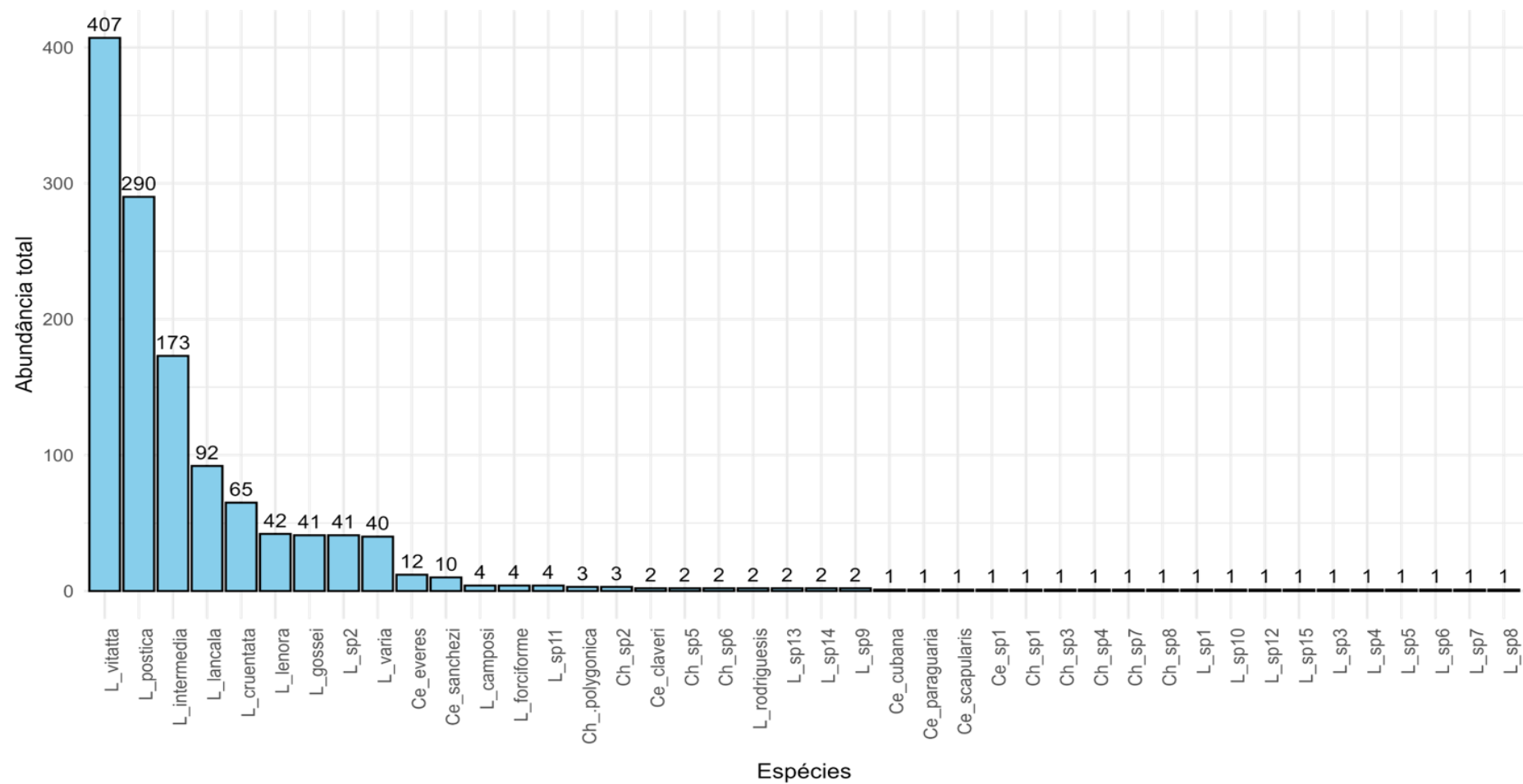
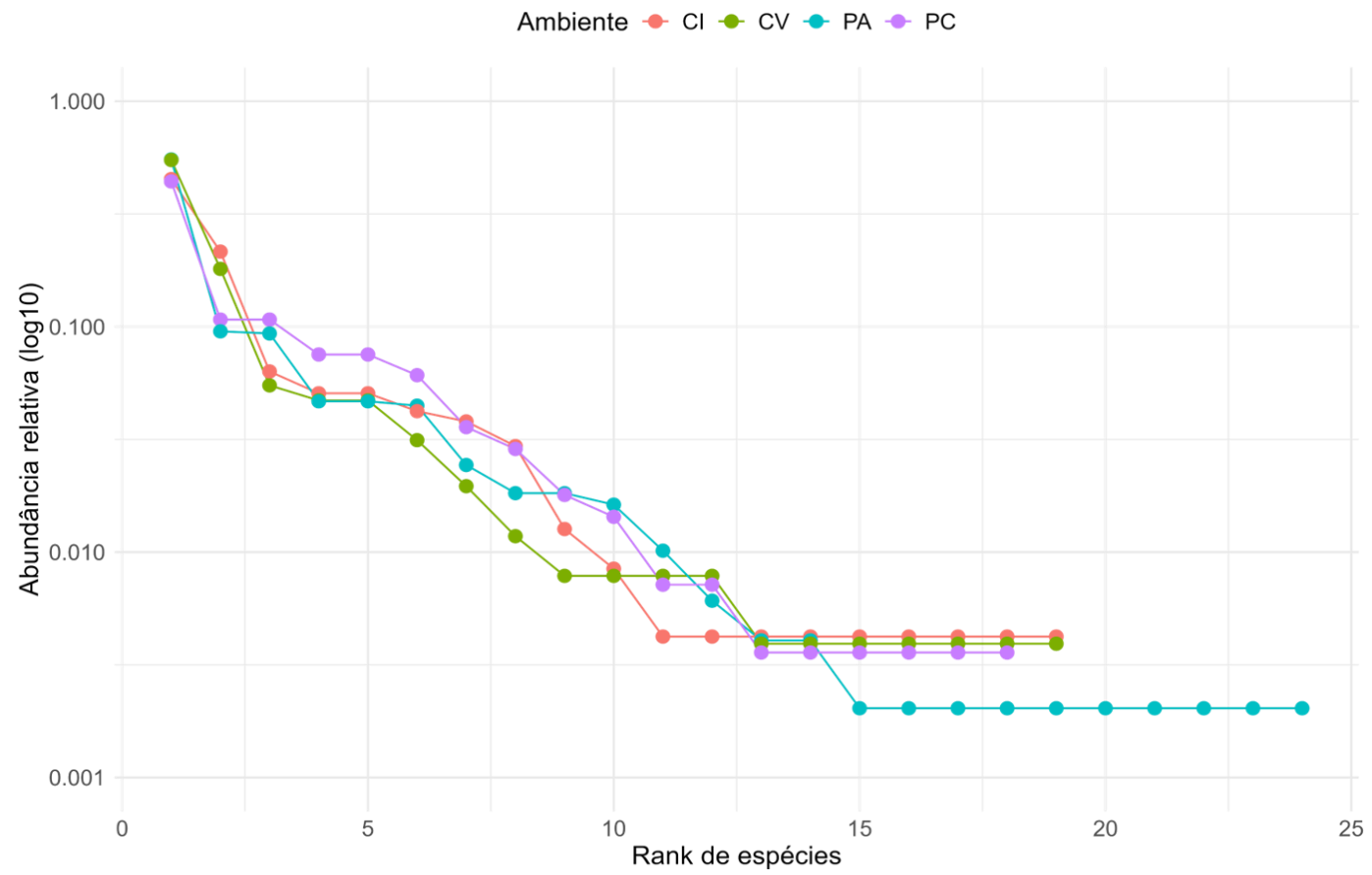


Figura 3

**Figura 4**

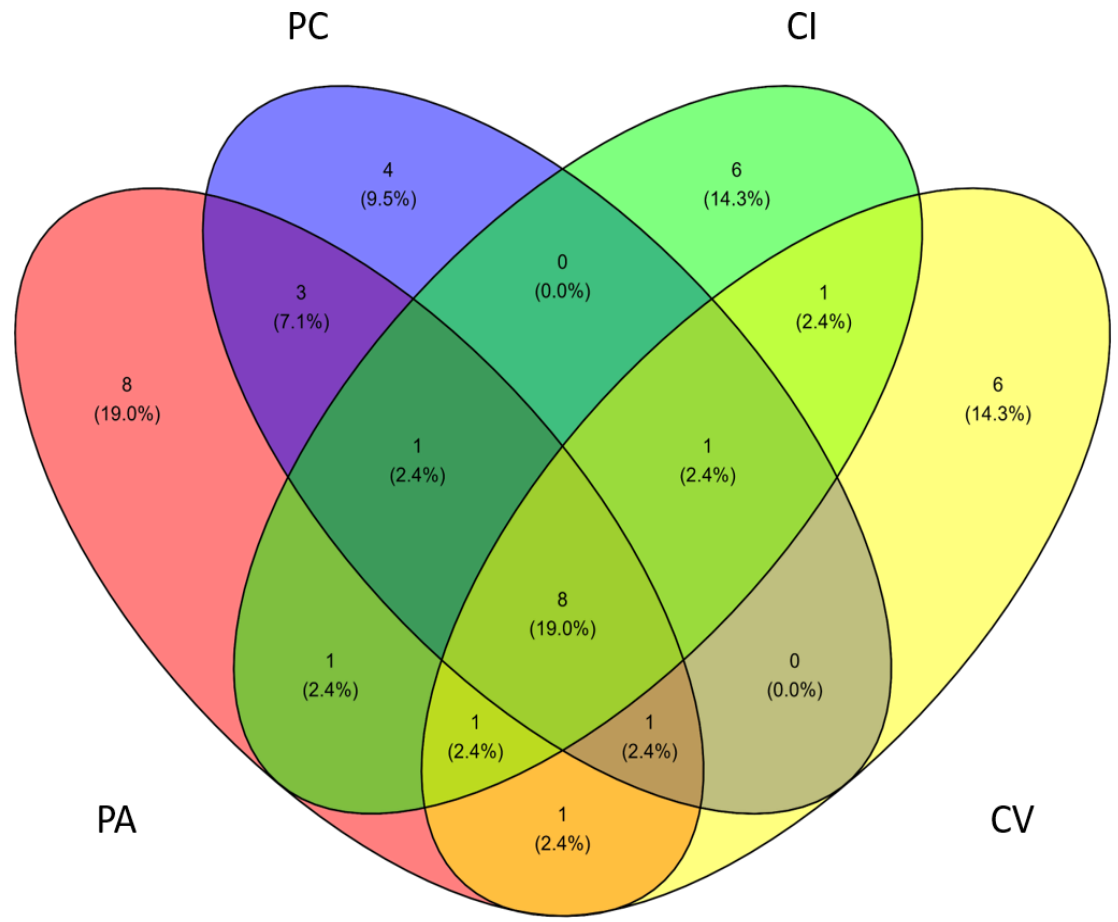


Figura 5

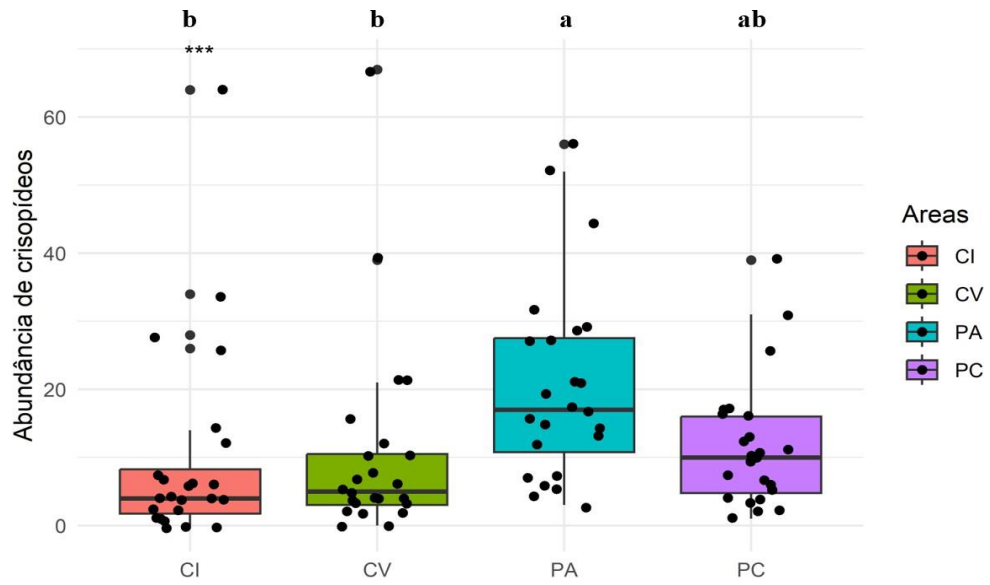


Figura 6

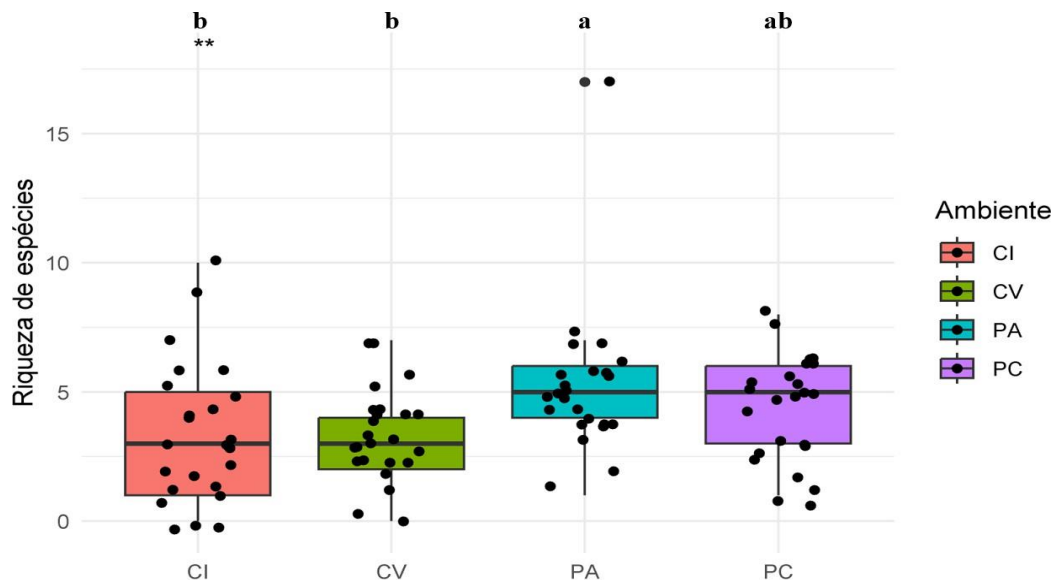
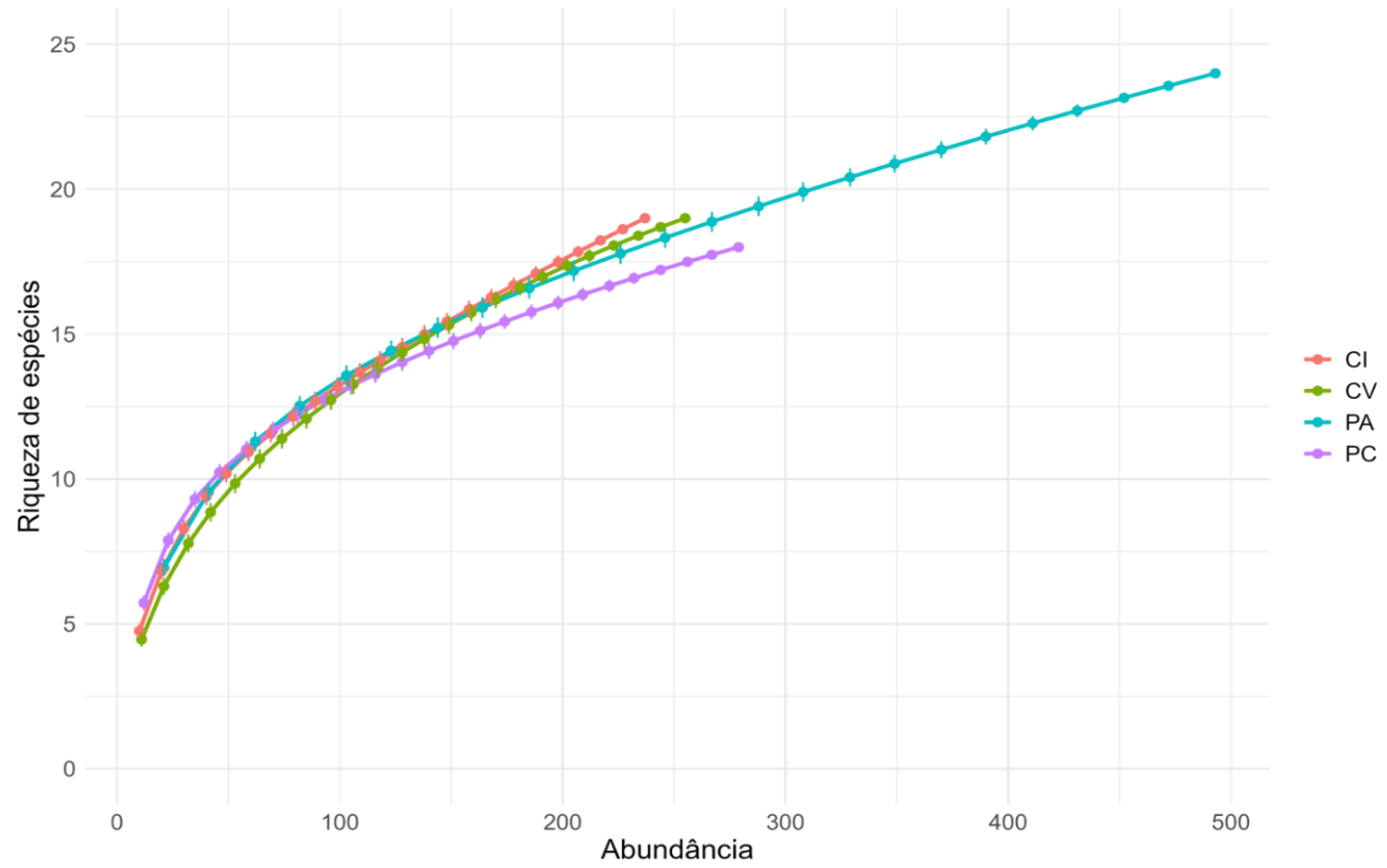
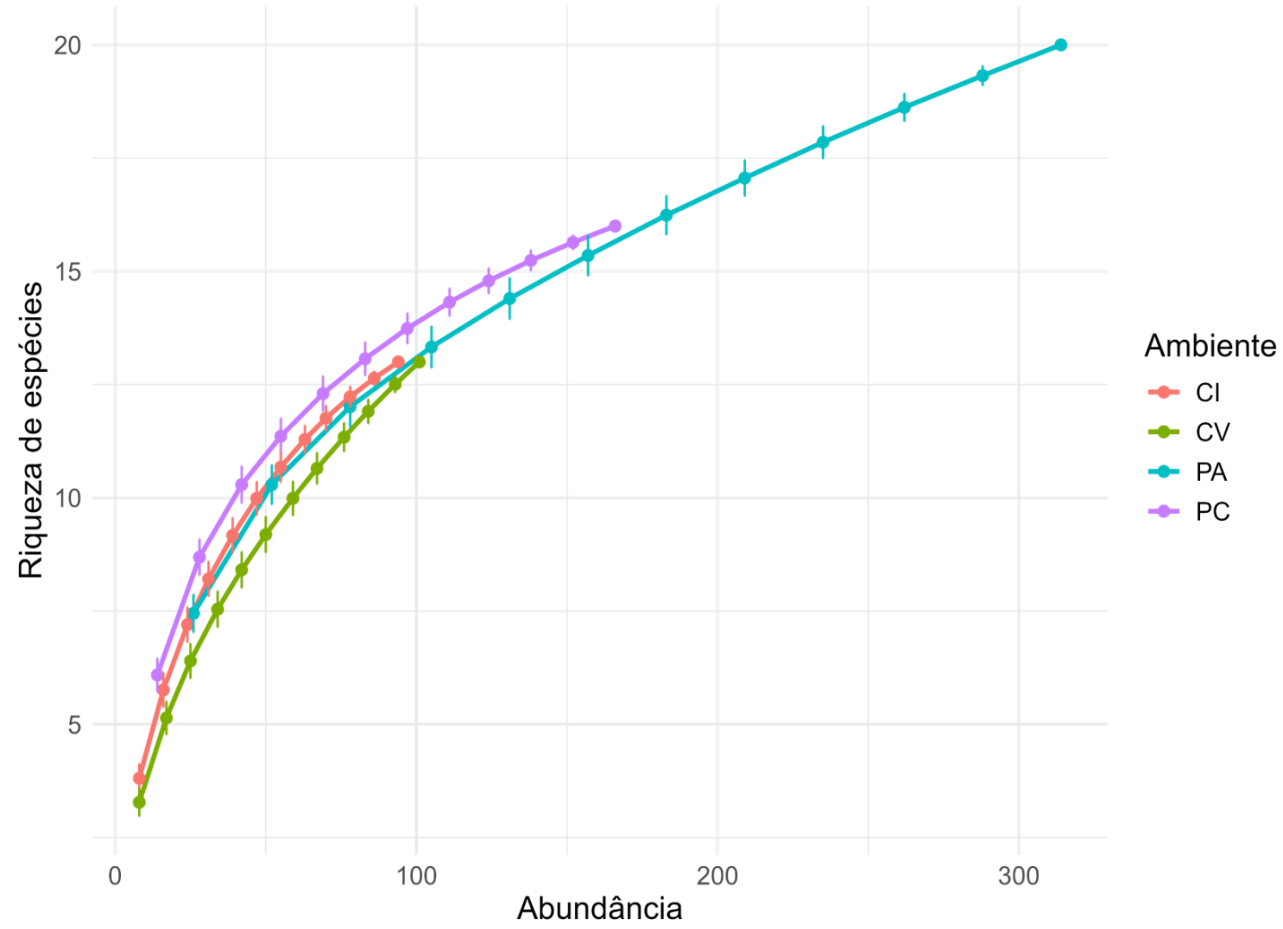


Figura 7

**Figura 8**

**Figura 9**

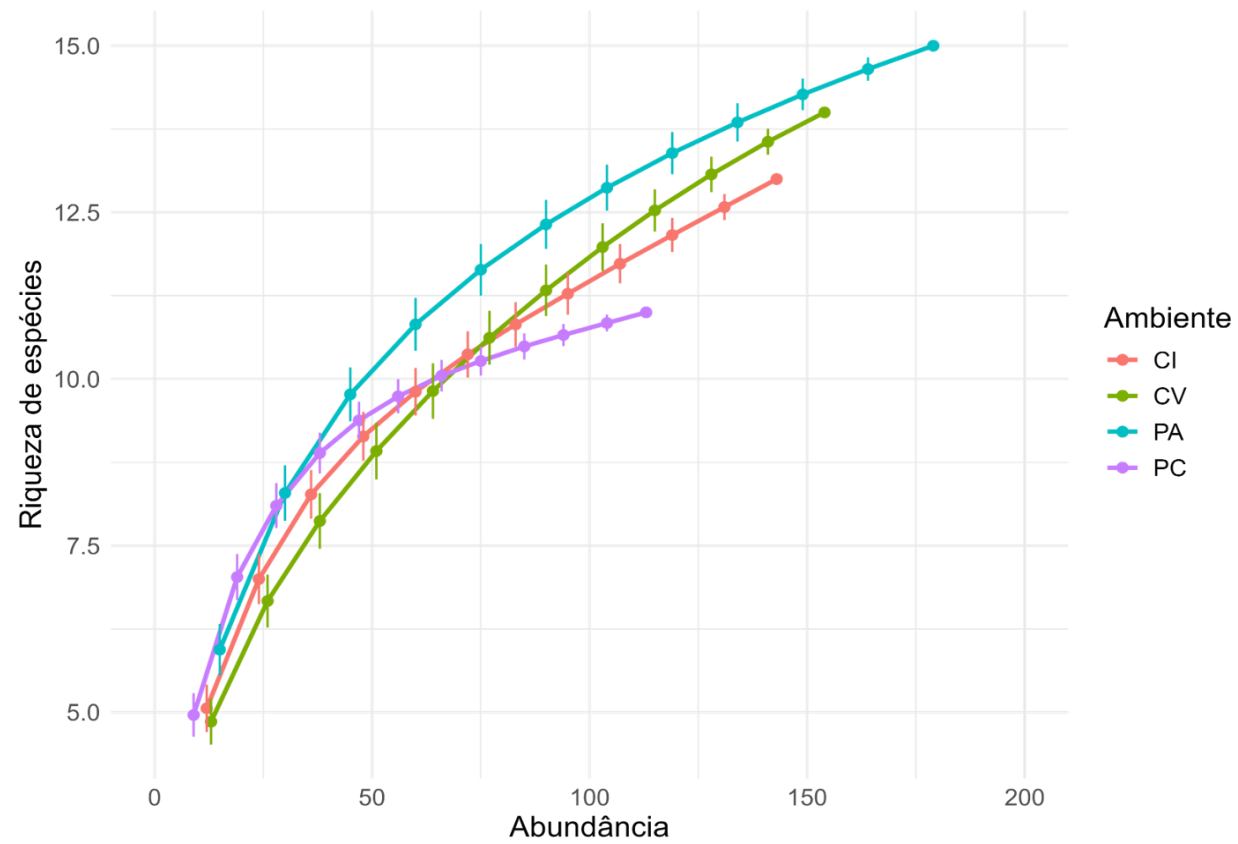
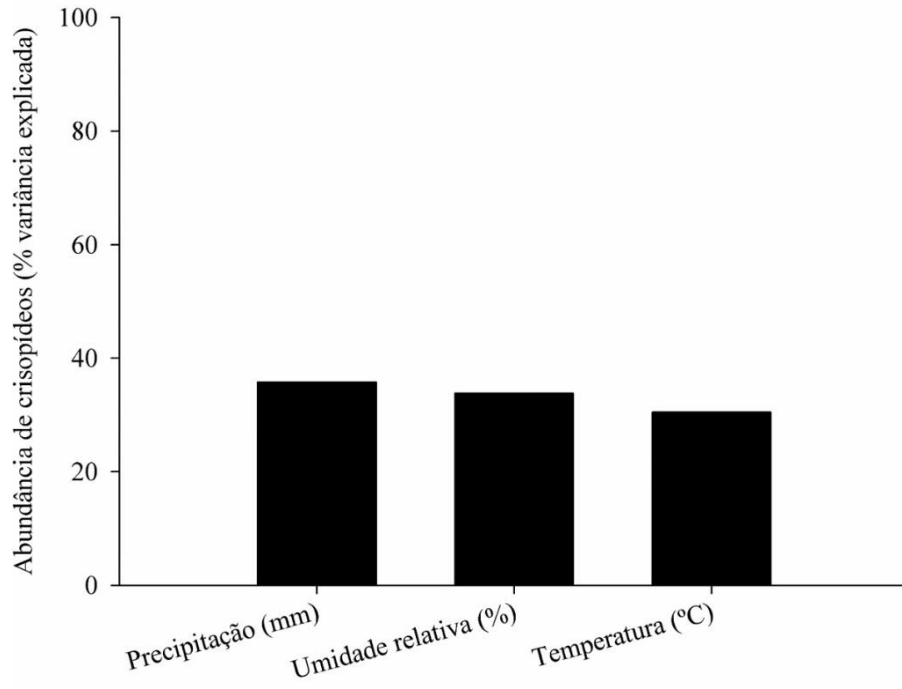
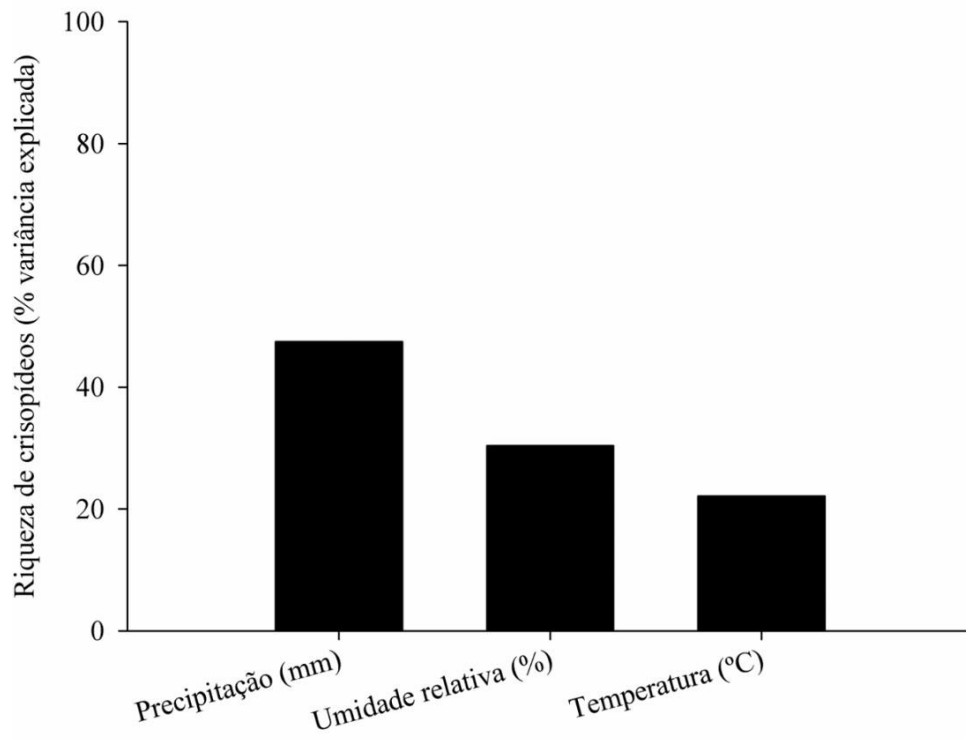
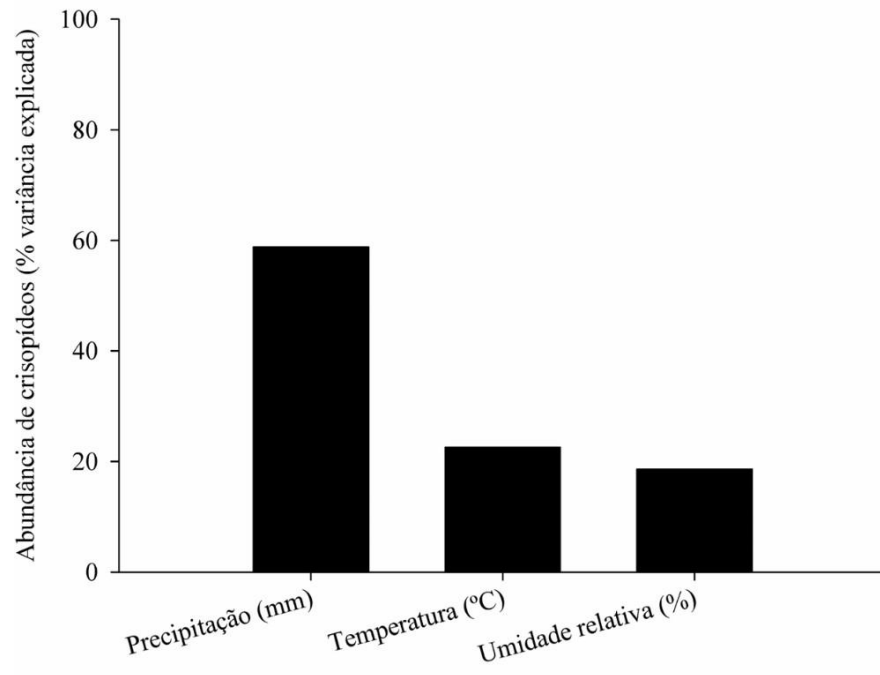
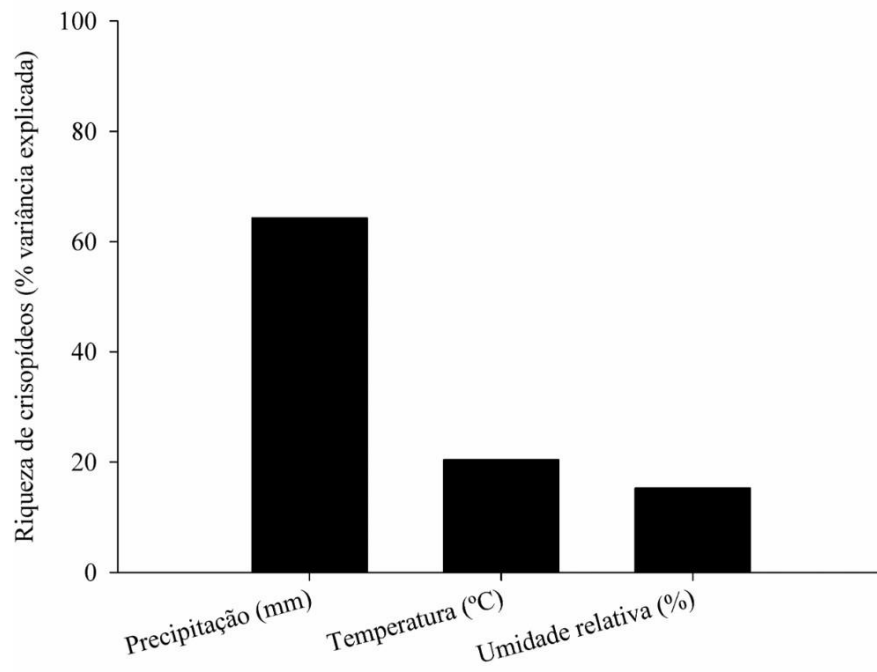
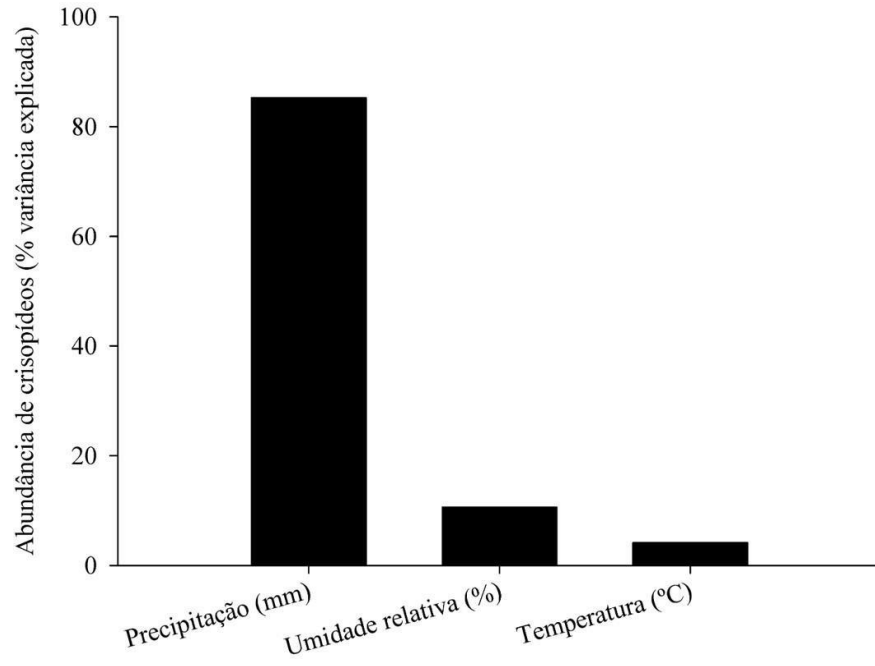
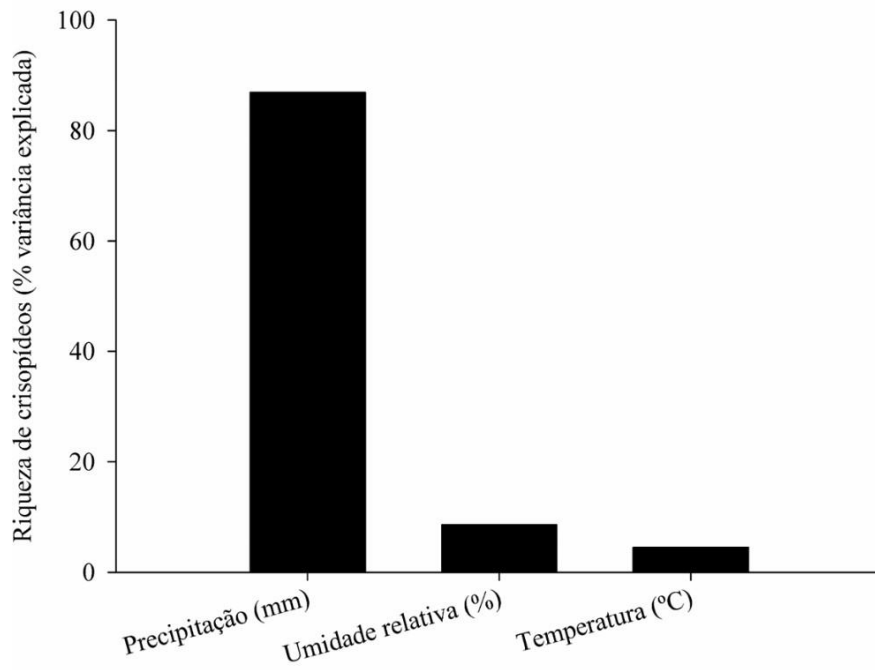
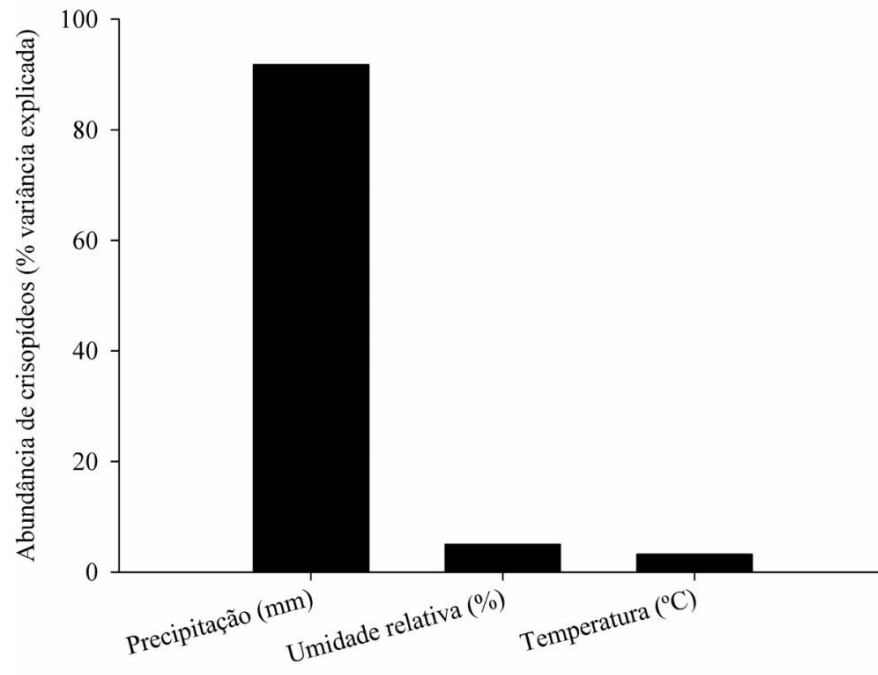
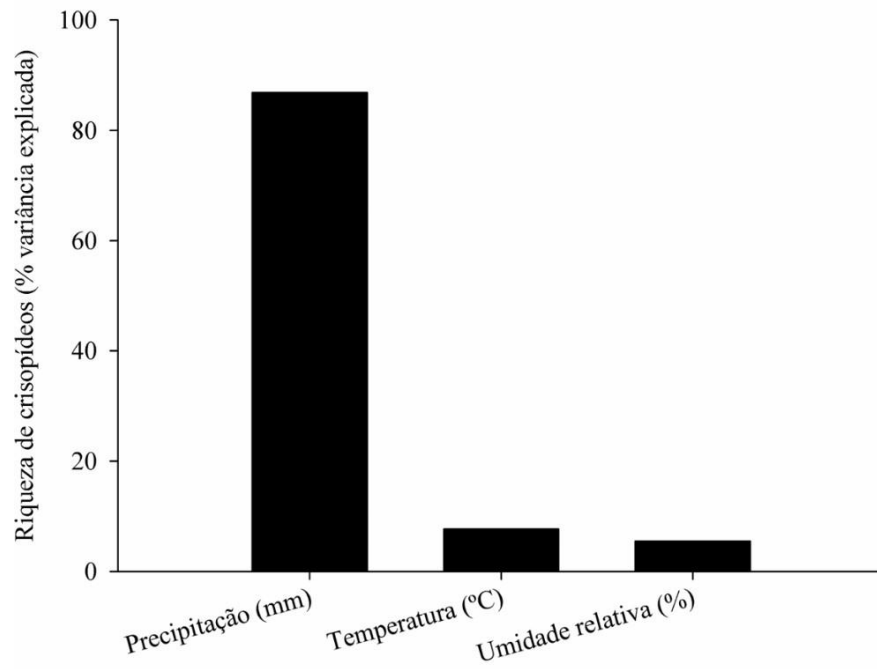


Figura 10

**Figura 11a****Figura 11b**

**Figura 12a****Figura 12b**

**Figura 13a****Figura 13b**

**Figura 14a****Figura 14b**

CAPÍTULO III

COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE E DO USO DA TERRA NA RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE

Artigo redigido para submissão à *Agriculture, Ecosystems & Environment*

**COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE E
DO USO DA TERRA NA RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE
CRISOPÍDEOS DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE**

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS^{1*}, FABRÍCIO DE OLIVEIRA
REIS¹, ADRIANO SOARES RÊGO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, São
Luís, Maranhão, Brasil

E-mail, ORCID:

annecaroline.bsantos@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-7191-1077>

fareoli@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-1781-3695>

regoadrianosoares@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

*Autor correspondente: Anne C. B. dos Santos: annecaroline.bsantos@gmail.com

Resumo

As paisagens tropicais são caracterizadas por diversos tipos de uso da terra como agroecossistemas e remanescentes de florestas em diferentes graus de antropização. Diversos organismos que vivem em remanescentes florestais interagem com agroecossistemas, porém a contribuição destas áreas para a conservação da biodiversidade ainda é pouco conhecida na Amazônia Oriental Maranhense. A comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) tem um papel chave no funcionamento de agroecossistemas e ambientes florestais e tem sido utilizada como bioindicadora da qualidade ambiental. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar a composição faunística, diversidade e influência da sazonalidade nos padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em relação ao uso da terra. Quatro tipos de uso da terra foram selecionados pastagens não manejadas, policultivos, capoeiras com nível intermediário de sucessão ecológica (20 anos de idade), e capoeiras velhas (60 anos de idade). O método de captura dos crisopídeos foi por meio do uso de armadilhas atrativas. Foram capturados 1.264 adultos de Chrysopidae, distribuídos em três gêneros (*Ceraeochrysa* Adams, *Chrysopodes* Navás e *Leucochrysa* McLachlan) e 42 morfoespécies, pertencentes às tribos Chrysopini e Leucochrysini. O tipo de uso da terra permitiu categorizar os níveis de dominância, abundância, frequência e constância para a comunidade de crisopídeos. A maior ocorrência de crisopídeos ocorreu na área de pasto, seguida pelas áreas de policultivo, capoeira velha e capoeira intermediária. Os valores de diversidade para cada uso da terra indicaram diferenças nas comunidades amostradas. Adicionalmente, houve influência da sazonalidade nos padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos. Os resultados indicam que a composição faunística de crisopídeos variou de acordo com os tipos de uso da terra. A diversidade de espécies também variou entre os ambientes amostrados. O perfil de diversidade revelou diferenças entre os ambientes em termos de riqueza de espécies e equabilidade. Adicionalmente, houve influência da sazonalidade nos padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos.

Palavras-chave: Chrysopini; Diversidade; Efeito do habitat; Entomofauna; Inimigo natural; Leucochrysini.

Abstract

Tropical landscapes are characterized by diverse types of land use such as agroecosystems and forest remnants with varying anthropization levels. Several species inhabiting forest remnants interact with agroecosystems, but their contribution to biodiversity conservation is unclear in the Eastern Amazonian of Maranhão. The lacewing community (Neuroptera: Chrysopidae) plays a key role in the functioning of agroecosystems and forest environments and has been used as a bioindicator of environmental quality. In this context, the objective of this study was to determine the faunal composition, diversity, and influence of seasonality on the patterns of richness and abundance of the lacewing community (Neuroptera: Chrysopidae) in relation to land use. Four types of land use present in the region were selected: unmanaged pastures, polycultures, secondary forests with an intermediate level of ecological succession (20 years old), and old secondary forests (60 years old). The lacewings were captured using attractive traps. A total of 1,264 adults of Chrysopidae were captured, distributed in three genera (*Ceraeochrysa* Adams, *Chrysopodes* Navás and *Leucochrysa* McLachlan) and 42 morphospecies, belonging to the tribes Chrysopini and Leucochrycini. The type of land use allowed categorizing the levels of dominance, abundance, frequency and constancy for the lacewing community. The highest occurrence of lacewings occurred in the pasture area, followed by the areas of polycultivation, old fallows and intermediate fallows. The diversity values for each land use indicated differences in the sampled communities. Additionally, there was an influence of seasonality on the patterns of richness and abundance of the lacewing community. The results indicate that the faunal composition of lacewings varied according to the types of land use. Species diversity also varied among the sampled environments. The diversity profile revealed differences among the environments in terms of species richness and evenness. Additionally, there was an influence of seasonality on the patterns of richness and abundance of the lacewing community.

Keywords: Chrysopini; Diversity; Entomofauna; Habitat effect; Leucochrycini; Natural enemy.

Introdução

Neuroptera é uma ordem cosmopolita com cerca de seis mil espécies e está atualmente distribuída em 15 famílias, no Brasil há registro de 432 espécies (Machado et al., 2024). Chrysopidae é a segunda maior família de Neuroptera, possuindo aproximadamente 1400 espécies descritas e encontradas em todos os continentes, com exceção da Antártida (Oswald e Machado, 2018).

A ordem Neuroptera é distribuída por todos os estados brasileiros, exceto Alagoas. Os dois estados com a maior biodiversidade de neurópteros são Amazonas e São Paulo, com 132 e 124 espécies, respectivamente. Entre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica é a região mais diversa com 227 espécies conhecidas, seguida pela Amazônia com 192 espécies (Machado e Martins, 2022). O conhecimento dos aspectos ecológicos dos Neuroptera em ambientes florestais pode contribuir para o uso desses insetos como predadores de pragas e na preservação de habitats (Sarmiento Cordero et al., 2021).

A composição e configuração da paisagem são conhecidas por influenciar a abundância de inimigos naturais e, portanto, o controle biológico potencial que eles fornecem (Fahrig et al., 2011; Soares et al., 2024). Esses ambientes fragmentados, compostos por remanescentes de vegetação nativa cercadas por áreas antropizadas, podem influenciar diretamente a diversidade e abundância de insetos (Brockhoff et al., 2008).

Como as alterações antropogênicas variam no tempo e espaço em diferentes habitats, torna-se difícil prever quais características da história de vida de inimigos naturais são mais adaptadas às mudanças no uso da terra. Especificamente para membros da família Chrysopidae, tais estudos são preponderantes para a adoção de medidas conservacionistas nos mais variados habitats de interesse bioecológico de modo a garantir a manutenção e preservação de importantes serviços ambientais essenciais aos ecossistemas naturais ou manejados. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar a composição faunística, diversidade e

influência da sazonalidade nos padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Crhysopidae) em relação ao uso da terra.

Material e Métodos

Sítios de estudo

As amostragens foram realizadas em sítios de estudo localizados no Assentamento Tico-Tico, situado na zona rural do Município de Matões do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m), Maranhão, Brasil.

Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados: (i) pastagens de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf) não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex. Spreng) (Figura 1); (ii) policultivos compostos por cultivos de mandioca, abóbora, maxixe, milho e arroz (agroecossistemas) (Figura 1); (iii) capoeiras com nível intermediário de sucessão ecológica (com aproximadamente 20 anos de idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo-arbustivas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth)) (Figura 2); (iv) capoeiras velhas oriundas da fase de pousio da agricultura de corte e queima (com cerca de 60 anos de idade e constituídas por leguminosas arbóreas, sabiá, palmeira babaçu, tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), dentre outras espécies) (Figura 2).

Para cada tipo de uso da terra foram selecionadas 5 áreas (repetições), totalizando 20 sítios de estudo. A distância mínima entre os sítios de estudo foi de 800m.

Coleta dos crisopídeos

As expedições para amostragem de Chrysopidae nos sítios de estudo foram realizadas mensalmente durante o período de 24 meses (maio de 2021 a abril de 2023). O método de

captura dos crisopídeos foi por meio do uso de armadilhas atrativas (Teodoro, 2012). As armadilhas consistem de garrafas PET (volume de dois litros) com abertura lateral (3 x 3 cm, distantes 10 cm da base da garrafa) contendo solução fermentada de melado de cana-de-açúcar diluído em água a 5% e preparada com cinco dias de antecedência. As armadilhas foram fixadas durante a primeira expedição e permaneceram até o último mês de amostragem dos crisopídeos.

Nos locais de amostragem, as armadilhas foram dispostas em “varais” (linhas de náilon), suspensas na altura de quatro metros e fixadas no tronco de espécies arbóreas presentes nos ambientes florestais (capoeiras) ou em palmeiras babaçu localizadas na delimitação do espaço amostral dos crisopídeos nos pastos ou policultivos. Em cada tipo de uso da terra foram instaladas 20 armadilhas atrativas, totalizando 400 armadilhas.

As armadilhas foram preenchidas com 300 ml da solução atrativa, e o tempo de ação das armadilhas foi de três dias por expedição. As armadilhas foram distribuídas a partir de 50 metros de distância das margens das pastagens, policultivos ou capoeiras, de modo a evitar efeito de borda. Após as coletas dos crisopídeos, as armadilhas atrativas foram lavadas e mantidas nos sítios de estudo sem a solução de melado de cana-de-açúcar até a coleta seguinte. Após a coleta, os crisopídeos adultos foram transferidos para frascos com álcool 70% para conservação e levados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para posterior identificação.

Identificação dos crisopídeos

O reconhecimento das espécies de Chrysopidae foi realizado por meio de consulta a chaves dicotômicas (Adams e Penny, 1985; Brooks e Barnard, 1990; Freitas e Penny, 2001; Penny, 2002; Tauber et al., 2011), usando-se características morfológicas externas e da genitália interna dos adultos, assim como descrições originais das espécies descritas na literatura.

Ademais, os espécimes foram comparados com o banco de dados de imagens digitalizadas dos tipos (cedido por Gilberto Soares Albuquerque, UENF-RJ) depositados no Museum National d’Histoire Naturelle (MNHN), Paris, França; Museum of Comparative Zoology (MCZ), Harvard University, Cambridge, MA, EUA; Museo de La Plata (MLP), La Plata, Argentina; Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MBR), Buenos Aires, Argentina; Fundación Miguel Lillo (FML), San Miguel de Tucumán, Argentina e The Natural History Museum, conhecido formalmente como British Museum of Natural History (BMNH), Londres, Inglaterra. Os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram preservados em álcool 70% no interior de flaconetes de vidro transparente com tampa e batoque (Mylabor®) (10 mL) com suas respectivas genitálias imersas em glicerina líquida (P.A.) (Isifar®) no interior de microtubos de plástico (1,5 mL) (Eppendorf®). Os espécimes identificados foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Análise estatística

Dados de amostragens foram analisados com base em índices faunísticos, a saber, constância, frequência, abundância e dominância, selecionando as espécies de crisopídeos predominantes nas áreas de estudo (Silveira Neto et al., 1995; Soares et al., 2024). Adicionalmente, foi calculada a riqueza de espécies, índice de Shannon (H), índice de riqueza (Margalef – α) e o índice de uniformidade (E) com o uso do programa ANAFAU (Silveira Neto et al., 1995). Dados discrepantes foram avaliados usando a análise gráfica de resíduos (Atkinson, 1985), com as espécies classificadas em categorias específicas chamadas superdominantes, superabundantes e superfrequentes.

Foi construído um perfil de diversidade para comparar a comunidade de crisopídeos amostrada nos pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas. O perfil de

diversidade fornece uma maneira mais completa de comparar a diversidade de diferentes comunidades do que apenas um índice de diversidade (Melo, 2008). O perfil de diversidade utiliza uma série de valores de α (parâmetro de ordem de diversidade) para calcular a diversidade de uma comunidade com diferentes pesos atribuídos à abundância das espécies. O perfil permite comparar a riqueza de espécies ($\alpha = 0$) e a equabilidade (equitatividade), em valores intermediários e altos de α , em um único gráfico. É sensível à riqueza de espécies (quantidade de espécies diferentes) e à equabilidade (distribuição das abundâncias entre as espécies). À medida que o valor de α aumenta, as espécies menos abundantes têm um peso menor na medida de diversidade, e as espécies mais abundantes dominam o cálculo (baseado nas séries de Renyi ou Hill) (Melo, 2008). O perfil de diversidade foi construído por meio dos pacotes “ggplot2”, “reshape2” e “vegan”.

Dados de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos foram analisados previamente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos resíduos e pelo teste de Hartley para testar a homogeneidade das variâncias. No entanto, os dados não atenderam aos pressupostos das análises paramétricas sendo necessário utilizar o teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) para identificar diferenças significativas entre os usos da terra (pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas). Em seguida, procedeu-se com o teste de comparações múltiplas de Dunn, com correção de Bonferroni, (pacote `Dunn.test`) para comparar as áreas entre si. Diagramas de caixa (Box-plot) foram gerados com os dados de riqueza e abundância em cada uso da terra (ambientes) por meio dos pacotes “ggplot2” e “ggpubr”. Todas as análises estatísticas e gráficos foram conduzidas no programa R (R Core Team, 2024; versão 4.4.1).

Resultados

A comunidade de crisopídeos amostrada ($n=24$ meses) nas pastagens, policultivos,

capoeiras intermediárias e capoeiras velhas compreendeu 1264 indivíduos e 42 espécies (Tabelas 1, 2 e 3), distribuídas em três gêneros: *Ceraeochrysa* Adams, *Chrysopodes* Navás e *Leucochrysa* McLachlan (Tabelas 1 e 2). O gênero *Leucochrysa* foi o mais diverso com 26 espécies (Tabelas 1 e 2). *Ceraeochrysa* e *Chrysopodes* apresentaram 7 e 9 espécies, respectivamente (Tabelas 1 e 2).

O tipo de uso da terra permitiu categorizar os níveis de dominância, abundância, frequência e constância para a comunidade de crisopídeos (Tabelas 1 e 2). *Leucochrysa* (*Nodita*) *vittata* Freitas e Penny, foi a espécie predominante nos pastos e policultivos (Tabela 1), enquanto *Leucochrysa* (*Nodita*) *intermedia* (Schneider) e *Leucochrysa* (*Nodita*) *postica* (Navás) tiveram maior ocorrência nas capoeiras intermediárias e velhas (Tabela 2). Portanto, *L. (N.) vittata*, *L. (N.) intermedia* e *L. (N.) postica* foram categorizadas como: superdominante, superabundante, super frequente e constante (Tabelas 1 e 2).

Por outro lado, *Ceraeochrysa paraguaria* (Navás), *Ceraeochrysa cubana* (Hagen); *Ceraeochrysa scapularis* (Banks), *Ceraeochrysa* sp.1; *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) sp.1; *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) sp.3; *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) sp.4; *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) sp.7; *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) sp.8; *Leucochrysa* (*Nodita*) *forciforme* Freitas e Penny, *Leucochrysa* (*Nodita*) *camposi* Navás; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.1; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.3; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.4; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.5; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.6; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.7; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.8; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.9; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.10; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.11, *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.12; *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.15, foram as espécies únicas (singleton), pois foram coletadas apenas uma vez, atingindo os parâmetros (não dominante, raro, pouco frequente e acidental) (Tabelas 1 e 2).

A maior ocorrência de crisopídeos foi observada nas áreas de pastagens (493 indivíduos), seguida pelas áreas de policultivos (279 indivíduos), capoeiras velhas (255 indivíduos) e capoeiras

intermediárias (237 indivíduos) (Tabelas 1, 2 e 3). A comunidade de crisopídeos presentes nos pastos foi mais diversa com elevados índices de Shannon e Margalef (Tabela 3), com ocorrência de 24 espécies coletadas (Tabelas 1 e 3). Os usos da terra com a segunda maior diversidade foram as capoeiras velhas e intermediárias com 19 espécies, respectivamente (Tabelas 2 e 3). Policultivos tiveram a menor diversidade ($n=18$), com baixos índices de Shannon e Margalef (Tabelas 1 e 3). Em relação a uniformidade, os policultivos e pastagens tiveram os menores índices (Tabela 3).

O perfil de diversidade permitiu comparar a comunidade de crisopídeos nos pastos, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas (Figura 1). Os valores de diversidade para cada uso da terra indicam diferenças nas comunidades de crisopídeos. Ambientes com curvas mais altas no gráfico têm maior diversidade: pastagens, capoeiras intermediárias e velhas e policultivos, respectivamente. Curvas decrescentes indicam que as comunidades têm muitas espécies raras e algumas espécies muito abundantes, enquanto curvas mais planas indicam uma distribuição de abundâncias mais uniforme. Portanto, à medida que o α aumenta foi notado que as capoeiras intermediárias e policultivos apresentam maior equabilidade em relação às capoeiras velhas e pastos e, conseqüentemente, menor diversidade (Figura 1).

No período chuvoso, houve diferença na abundância de crisopídeos amostrados nos diferentes tipos de uso da terra ($H=19,3$, $gl=3$, $n=48$, $p=0,00024$) (Figura 2). Pastagens apresentaram maior abundância (média±erro-padrão: $26,17\pm 4,82$; mediana: 20) em comparação às capoeiras intermediárias (média±erro-padrão: $7,83\pm 5,15$; mediana: 3) ou capoeiras velhas (média±erro-padrão: $8,42\pm 5,36$; mediana: 3,5) (Figura 2). No entanto, os policultivos (média±erro-padrão: $13,83\pm 3,55$; mediana: 9) não diferiram dos pastos e capoeiras (intermediárias e velhas) em termos de abundância absoluta (Figura 2).

No período seco, não houve diferença na abundância de crisopídeos amostrados nos sítios de estudo ($H=1,96$, $gl=3$, $n=48$, $p=0,5804$) (Figura 3). Pastagens apresentaram abundância de $14,92\pm 2,73$ (média±erro-padrão) e 14 (mediana) indivíduos. Policultivos: $9,42\pm 1,43$

(média±erro-padrão) e 10 (mediana) indivíduos. Capoeiras intermediárias: 11,92±3,26 (média±erro-padrão) e 6,5 (mediana) indivíduos. Capoeiras velhas: 12,83±2,98 (média±erro-padrão) e 10 (mediana) indivíduos (Figura 3).

Em relação à riqueza de espécies de crisopídeos, houve diferença entre os tipos de uso da terra amostrados no período chuvoso ($H=14,21$, $gl = 3$, $n=48$, $p= 0,002626$) (Figura 4). Foi observada maior riqueza de espécies de crisopídeos nas pastagens (média±erro-padrão: 6,00±1,09; mediana: 5) em contraste as capoeiras intermediárias (média±erro-padrão: 2,50±0,73; mediana: 3) ou velhas (média±erro-padrão: 2,33±0,63; mediana: 3) (Figura 4). Capoeira intermediárias ou velhas não diferiram na riqueza (Figura 4). Não houve diferença dos policultivos (média±erro-padrão: 4,67±0,71; mediana: 5) com as áreas de pasto e capoeiras (Figura 4).

No período seco, não houve diferença na riqueza de crisopídeos amostrados nos diferentes tipos de uso da terra ($H=0,82$, $gl=3$, $n=48$, $p=0,8434$) (Figura 5). Pastagens apresentaram abundância de 4,58±0,45 (média±erro-padrão) e 4 (mediana) indivíduos. Policultivos 4,00±0,44 (média±erro-padrão) e 5 (mediana) indivíduos (Figura 5). Capoeiras intermediárias: 4,33±0,78 (média±erro-padrão) e 4,5 (mediana) indivíduos. Capoeiras velhas 4,16±0,39 (média±erro-padrão) e 4 (mediana) indivíduos (Figura 5).

Discussão

O gênero *Leucochrysa* se destacou como o mais diverso nas pastagens, policultivos e capoeiras (intermediárias e velhas). Os níveis de dominância, abundância, frequência e constância de algumas espécies, tais como *L. (N.) vittata*, *L. (N.) intermedia* e *L. (N.) postica*, mudaram com o uso da terra, demonstrando que os diferentes habitats da região afetam o nível populacional desses crisopídeos. Vários habitats podem oferecer maior quantidade de nichos e possibilidades de exploração de recursos (Matos et al., 2016; Silva et al., 2020) favorecendo

assim, favorecer a manutenção de populações de crisopídeos (Porcel et al., 2017; Bozdoğan, 2020; Paredes et al., 2024; Soares et al., 2024).

Vários fatores (vegetação, idade da floresta, estrutura espacial, práticas agrícolas e manejo de culturas) influenciam a distribuição espacial de uma entomofauna (Su e Woods, 2001; Vodka e Cizek, 2013; Bozdoğan, 2020). Agroecossistemas, geralmente apresentam alta abundância de presas e recursos florais em certas épocas do ano, o que pode favorecer as populações de artrópodes, incluindo os predadores (Tscharntke et al., 2005, 2007). Enquanto capoeiras podem fornecer recursos escassos nos cultivos agrícolas, como cobertura vegetal permanente, locais de abrigo e fontes alternativas de pólen e néctar para as espécies que interagem com os plantios (Tscharntke et al., 2007; Sobek et al., 2009; Matos et al., 2016). Assim, diferentes tipos de uso da terra em uma região podem se complementar, contribuindo para a manutenção de insetos e, conseqüentemente, dos serviços ambientais fornecidos por esses organismos (Tscharntke et al., 2005, 2007; Matos et al., 2016).

Os perfis de diversidade para a comunidade de crisopídeos nos diferentes ambientes analisados revelam variações na diversidade e equabilidade das espécies ao longo do parâmetro de ordem de diversidade (α). De maneira geral, observa-se que as áreas de pasto apresentaram maior diversidade. Esse resultado sugere que os pastos, apesar de serem agroecossistemas aparentemente homogêneos, oferecem condições favoráveis para uma maior riqueza de crisopídeos na região de estudo. Uma possível explicação para esse padrão pode estar associada ao método de amostragem e à disponibilidade de recursos nesses ambientes, como maior incidência de luz e presença de vegetação herbácea, que podem favorecer a presença de presas e microhabitats adequados para diferentes espécies de crisopídeos (Freitas e Penny, 2001; Oliveira et al., 2012; Soares et al., 2024). Por outro lado, as capoeiras intermediárias e velhas, apesar de possuírem maior complexidade estrutural, apresentaram uma diversidade levemente inferior à dos pastos, o que pode indicar a presença de espécies mais especializadas ou restrições

ambientais que limitam a colonização por algumas espécies de crisopídeos. Já os policultivos, que exibiram os menores valores de diversidade, possivelmente sofrem com perturbações frequentes, como o manejo agrícola, que pode impactar negativamente a comunidade ao reduzir a disponibilidade de habitats adequados e influenciar a dinâmica populacional desses insetos. Esse padrão reforça que a diversidade da comunidade de crisopídeos pode ser influenciada não apenas pela heterogeneidade estrutural do ambiente, mas também pela estabilidade ecológica e pela oferta de recursos disponíveis em cada tipo de uso da terra.

Embora contraste com estudos anteriores que demonstram a relação entre complexidade ambiental e diversidade biológica (Jost, 2006; Chao et al., 2014), os resultados obtidos indicam que a maior diversidade ambiental não garante, necessariamente, uma maior riqueza de espécies de crisopídeos. Em contrapartida, essa riqueza parece estar mais associada à menor interferência antrópica no uso da terra, uma vez que pastos não manejados e capoeiras, sejam elas jovens ou maduras, apresentam uma fauna de crisopídeos mais diversificada do que policultivos, que sofrem perturbações frequentes devido ao manejo agrícola. Altieri et al., (2003) destacaram que diversos fatores, como estímulos químicos e visuais, variações microclimáticas, preferências alimentares e até mesmo o vigor da planta hospedeira, podem influenciar tanto a escolha do habitat por herbívoros e inimigos naturais quanto seu comportamento de busca. Além disso, os autores ressaltam a importância de uma abordagem cautelosa e flexível ao interpretar esses padrões, uma vez que as respostas desses organismos à diversidade vegetal não são homogêneas e nem sempre podem ser explicadas apenas pela variação na diversidade.

A prevalência de *L. (N.) vittata* em pastos e policultivos pode ser atribuída a vários fatores, como o método de amostragem, interações com outras populações de artrópodes, presença de árvores frutíferas na periferia desses sistemas de uso da terra e outras vegetações do entorno e preferência por algumas plantas hospedeiras. Por exemplo, *Ch. externa* é influenciada pela presença de grãos de pólen de espécies de várias famílias de plantas, bem

como pelas condições climáticas (Fernandes et al., 2023). No entanto, alguns estudos demonstraram que a maior ocorrência de espécies de predadores generalistas de Neuroptera está principalmente associada ao fornecimento constante de presas no ambiente (Lara et al., 2010). Como os crisopídeos são predadores e reguladores de espécies de pragas em agroecossistemas (Carvalho e Souza, 2000), é importante destacar o potencial de *L. (N.) vittata* e das espécies mais abundantes deste estudo como agente de controle biológico nesses ambientes.

A sazonalidade influenciou nos padrões de riqueza e abundância de crisopídeos nos sítios de estudo, sobretudo no período chuvoso. Mudanças sazonais em variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica), são conhecidas por afetarem artrópodes (Wolda, 1988; Pinheiro et al., 2002; Teodoro et al., 2008, 2009; Resende et al., 2014; Katono et al., 2021; Matos et al., 2016). Na região de estudo houve pouca oscilação na temperatura e umidade relativa ($32^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $73\pm 2\%$, respectivamente) ao longo das amostragens da comunidade de Chrysopidae nos usos da terra estudados. No entanto, a precipitação pluviométrica provou ser um mecanismo-chave que aumenta a riqueza e abundância de crisopídeos, respondendo por elevadas frações da variância explicada desses dois indicadores ecológicos (Santos et al., 2025; dados não publicados). Portanto, é importante aumentar o conhecimento acerca da ecologia de comunidades de Chrysopidae na Amazônia Oriental Maranhense de modo a entender melhor os fatores que influenciam sua distribuição entre habitats, seus ciclos e sua disponibilidade para contribuir com o controle biológico em ambientes agrícolas e florestais.

Conclusão

Os resultados indicam que a composição faunística de crisopídeos variou de acordo com os tipos de uso da terra. A diversidade de espécies também variou entre os

ambientes amostrados. O perfil de diversidade revelou diferenças entre os ambientes em termos de riqueza de espécies e equabilidade. Adicionalmente, houve influência da sazonalidade nos padrões de riqueza e abundância da comunidade de crisopídeos.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a primeira autora deste artigo. Agradecemos ao Dr. Adriano Soares Rêgo pelas identificações dos crisopídeos amostrados em campo. Aos produtores do Assentamento Tico-Tico, localizado no município de Matões do Norte, pela disponibilização dos sítios de estudo. Esta pesquisa foi apoiada pelo Edital FAPEMA nº 002/2019 – UNIVERSAL (Processo 01123/19).

Referências

- Adams, P.A., Penny, N.D., 1985. Neuroptera of the Amazon Basin, part 11a. Introduction and Chrysopini. *Acta Amaz.* 15 (3), 413-479. <https://doi.org/10.1590/1809-43921985153479>
- Altieri, MA.; Silva, EN.; Nicholls, CIO., 2003. papel da biodiversidade no manejo de pragas. Ribeirão Preto: Holos, 226p.
- Atkinson, AC., 1985. Plots, transformations and regression. Clarendon Press, Oxford
- Bozdoğan, H., 2020. Diversity of lacewing assemblages (Neuropterida: Neuroptera) in different forest habitats and agricultural areas in the East Mediterranean area of Turkey. *Entomol. Res.* 50, 163-173. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12426>
- Brockhoff, EG., Jactel, H., Parrotta, JA., Quine, CP., 2008. Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity? *Biodivers. Conserv.* 17, 925–951. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x>
- Brooks, SJ., Barnard, PC., 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)* 59, 117-286. doi: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:83600505>
- Carvalho CF., Souza B., 2000. Metodos de criacao e producao de crisopideo. In: Bueno VHP. (ed). *Controle biologico de pragas: producao massal e controle de qualidade*, 1st edn. Universidade Federal de Lavras, Lavras, pp. 77–115
- Chao, A., Chiu, C. H., & Jost, L. (2014). Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 45, 297–324. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540>
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, FG., Crist, TO., Fuller, RJ., Sirami, C., Siriwardena, GM., Martin, JL., 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecol. Lett.* 14 (2), 101-112. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>
- Fernandes VJ, Aguiar-Menezes EL, Guerra JGM, Mendonca CBF, Goncalves- Esteves V, Costa-Rouws JR, Souza TS., 2023. Effects of Fabaceae and Poaceae pollen accessibility and traits on the pollinivory of adult *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotrop Entomol* 52:1–11. <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01072-y>
- Freitas, S., Penny, ND., 2001. The green lacewings of Brazil (Neuroptera: Chrysopidae). *Proc. Calif. Acad. Sci.* 52 (4), 245-395.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Katono, K., Macfadyen, S., Omongo, CA., Odong, TL., Colvin, J., Karungi, J., Otim, MH., 2021. Influence of cassava morphological traits and environmental conditions on field populations of *Bemisia tabaci*. *Insects* 12, 604. <https://doi.org/10.3390/insects12070604>

- Lara, RIR., Perioto, NW., Freitas, S., 2010. Diversity of hemerobiids (Neuroptera) and associations with preys in coffee plants. *Pesq. Agropec. Bras.* 45, 115–123. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200001>
- Machado, RJP., Martins, CC., 2022. The extant fauna of Neuroptera (Insecta) from Brazil: diversity, distribution and history. *Rev. Bras. Entomol.* 66, e20220083. <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0083>
- Machado, RJP.; Martins, CC; Freitas, S.; Penny, ND., 2024. Neuroptera Linnaeus, 1758, p. 552-567. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.De; Casari, S.; Constantino, R. (Eds). *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, p. 880.
- Matos, M.C.B., Silva, S.S., Teodoro, A.V, 2016. Seasonal population abundance of the assembly of solitary wasps and bees (Hymenoptera) according to land-use in Maranhão state, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 60, 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.02.001>
- Melo, AS., 2008. What do we win ‘confundng’ species richness and evenness in a diversity index? *Biota. Neotrop.* 8(3), 21-27.
- Oliveira, AS., Auad, AM., Souza, B., Fonseca, MG., Resende, TT., 2012. Population dynamics of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) in a silvopastoral system. *Int Journal Biodivers. Conserv.* 4, 179-182. <https://doi.org/10.5897/IJBC11.138>
- Oswald, J.D, Machado, R.J.P., 2018. Biodiversity of the Neuropterida (Insecta: Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera). *Insect Biodivers. Sci. Soc.* 2, 627-672. <https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch21>
- Paredes, D., Mendes, S., Sousa, J.P., 2024. Habitat Diversity Increases *Chrysoperla carnea* s.l. (Stephens, 1836) (Neuroptera, Chrysopidae) Abundance in Olive Landscapes. *Agriculture* 14 (2), 298. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020298>
- Penny, ND., 2002. Family Chrysopidae. In: Penny ND. (Eds.) *A Guide to the Lacewings (Neuroptera) of Costa Rica*. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 53, 187–227.
- Pinheiro, F., Diniz, I.R., Coelho, D., Bandeira, M.P.S., 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>
- Porcel, M., Cotes, B., Castro, J., Campos, M., 2017. The effect of resident vegetation cover on abundance and diversity of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) on olive trees. *J. Pest. Sci.* 90, 195–206. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0748-5>
- R Core Team, 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Resende, ALS., Souza, B., Aguiar-Menezes, EL., Oliveira, RJ., Maria Emilia Souzalima Campos, MESL., 2014. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. *Arq. Inst. Biol.* 8(3), 257-263.

Santos, A.C.B., Rêgo, A.S., Reis, F.O., 2025. Land use systems and environmental factors in the richness and abundance of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in the Eastern Amazon of Maranhense. *Agric, Ecosyst & Environ.* (Ainda não publicado).

Sarmiento-Cordero, M.A., Rodríguez-Vélez, B., Huerta-Martínez, F.M., Uribe-Mú, C.A., Contreras-Ramos, A., 2021. Community structure of Neuroptera (Insecta) in a Mexican lime orchard in Colima. Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 92, 1–10.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3399>

Silva, J.O.S., Costa, M.L.E., Paixão, B.S., Macêdo, J.D.B., Rodrigues, P.M.S., Lins-Neto, E.M.F., 2020. Natural Vs Managed Habitat: Effect Over the Seed-Predator *Pachymerus nucleorum* and Its Natural Enemies. *Neotrop. Entomol.* 49, 131-138.
<https://doi.org/10.1007/s13744-019-00727-z>

Silveira Neto, S., Monteiro, R.C., Zucchi, R.A., Moraes, R.C.B., 1995. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. *Sci. Agric.* 52, 09-15.
<https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000100003>

Soares, NS., Martins, CC., Reigada, C., Neto, SS., Zucchi, RA., Savaris, M., 2024. Influence of height on the abundance and richness of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in an anthropically modified habitat. *Neotrop. Entomol.* 53, 1175–1184.
<https://doi.org/10.1007/s13744-024-01198-7>

Sobek, S., Tschardtke, T., Scherber, C., Schiele, S., Steffan-Dewenter, I., 2009. Canopy vs. understory: does tree diversity affect bee and wasp communities and their natural enemies across forest strata? *Forest Ecol. Manage.* 258, 609–615.

Su, J.C., Woods, S.A., 2001. Importance of sampling along a vertical gradient to compare the insects fauna in managed forests. *Entomol. Soc. Am.* 30, 400-408.
<https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.400>

Tauber, C.A., Albuquerque, G.S., Tauber, M.J., 2011. Nomenclatorial changes and redescription of three of Navás *Leucochrysa* (*Nodita*) species (Neuroptera, Chrysopidae). *ZooKeys* 28 (92), 9-33. <https://doi.org/10.3897/zookeys.92.828>

Teodoro, A.V., Klein, A.M., Tschardtke, T., 2008. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125 (1-4), 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.12.004>

Teodoro, A.V., Klein, A.M., Tschardtke, T., 2009. Temporally mediated responses of the diversity of coffee mites to agroforestry management. *J. Appl. Entomol.* 133, 659–665.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01422.x>

Teodoro, T.B., 2012. Caracterização da Taxocenose de Chrysopidae (Insecta, Neuroptera) na Reserva Biológica de Sooretama, ES. Dissertação, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, pp.75.

Tschardtke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005. Landscape perspective on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8 (8), 857–874. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Van Nouhuys, S., Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biol. Control* 43 (3), 294-309.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.006>

Vodka, Š., Cizek, L., 2013. The effects of edge-interior and understorey canopy gradients on the distribution of saproxylic beetles in a temperate lowland forest. *For. Ecol. Manag.* 304, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.007>

Wolda, H., 1988. Insect Seasonality: why? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19, 1-18.

Tabela 1. Análise faunística da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (pastagens e policultivos) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023).

	Pasto					Policultivo				
	Nº de Indivíduos	¹ Dom.	² Abund.	³ Freq.	⁴ Const.	Nº de Indivíduos	¹ Dom.	² Abund.	³ Freq.	⁴ Const.
<i>Ceraeochrysa everes</i>	5	ND	c	F	Y	5	ND	c	F	Z
<i>Ceraeochrysa sanchezi</i>	8	D	c	F	Y	2	ND	r	PF	Z
<i>Ceraeochrysa paraguaria</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Ceraeochrysa claveri</i>	2	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Ceraeochrysa</i> sp1	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp1	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp2	2	ND	r	PF	Z	1	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp3	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp4	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp5	-	-	-	-	-	2	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp6	1	ND	r	PF	Z	1	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp7	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Chrysopodes (Chrysopodes)</i> sp8	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Leucochrysa) varia</i>	12	D	c	F	Y	4	ND	d	PF	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) postica</i>	22	D	ma	MF	W	21	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) intermedia</i>	46	D	ma	MF	W	30	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) lenora</i>	9	D	c	F	Y	10	D	c	F	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) lancala</i>	47	D	ma	MF	W	21	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) gossei</i>	9	D	c	F	Y	8	D	c	F	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) cruentata</i>	23	D	ma	MF	W	30	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) vitatta</i>	272	SD	sa	SF	W	123	SD	sa	SF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) forciforme</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) camposi</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp2	23	D	ma	MF	W	17	D	ma	MF	Y
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp3	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp4	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp8	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp9	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp11	3	ND	d	PF	Z	-	-	-	-	-

Dominância: superdominante (SD), dominante (D), não dominante (ND); ²Abundância: superabundante (sa), muito abundante (ma), abundante (a), comum (c), dispersa (d), rara (r); ³Frequência: pouco frequente (PF), frequente (F), muito frequente (MF), super frequente (SF); ⁴Constância: Constante (W), Acessória (Y), Acidental (Z).

Tabela 2. Análise faunística da comunidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023).

Espécie	Capoeira Intermediária					Capoeira Velha				
	Nº de indivíduos	¹ Dom.	² Abund.	³ Freq.	⁴ Const.	Nº de indivíduos	¹ Dom.	² Abund.	³ Freq.	⁴ Const.
<i>Ceraeochrysa cubana</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Ceraeochrysa everes</i>	-	-	-	-	-	2	ND	c	F	Z
<i>Ceraeochrysa scapularis</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Chrysopodes (Chrysopodes) polygonica</i>	3	ND	c	F	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Leucochrysa) varia</i>	12	D	ma	MF	W	12	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) postica</i>	107	SD	sa	SF	W	140	SD	sa	SF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) intermedia</i>	51	SD	sa	SF	W	46	SD	sa	SF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) lenora</i>	15	D	ma	MF	Y	8	D	ma	MF	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) lancala</i>	12	D	ma	MF	W	12	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) gossei</i>	10	D	ma	MF	W	14	D	ma	MF	W
<i>Leucochrysa (Nodita) cruentata</i>	9	D	ma	MF	W	3	ND	c	F	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) vitatta</i>	7	D	c	F	Y	5	ND	c	F	Y
<i>Leucochrysa (Nodita) rodriguezi</i>	2	ND	d	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita) forciforme</i>	1	ND	r	PF	Z	2	ND	c	F	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) camposi</i>	1	ND	r	PF	Z	2	ND	c	F	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp1</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp2</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita) sp5</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp6</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita) sp7</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita) sp9</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-
<i>Leucochrysa (Nodita) sp10</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp11</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp12</i>	-	-	-	-	-	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp13</i>	1	ND	r	PF	Z	1	ND	r	PF	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp14</i>	-	-	-	-	-	2	ND	c	F	Z
<i>Leucochrysa (Nodita) sp15</i>	1	ND	r	PF	Z	-	-	-	-	-

¹Dominância: superdominante (SD), dominante (D), não dominante (ND); ²Abundância: superabundante (sa), muito abundante (ma), abundante (a), comum (c), dispersa (d), rara (r); ³Frequência: pouco frequente (PF), frequente (F), muito frequente (MF), super frequente (SF); ⁴Constância: Constante (W), Acessória (Y), Acidental

Tabela 3. Riqueza de espécies, Índice de Shannon (H), Índice de riqueza (Margalef – α) e Índice de uniformidade (E) na comunidade de crisopídeos verdes (Neuroptera: Chrysopidae) amostradas em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil, (2021-2023).

Área	Nº de indivíduos	Espécies (n)	H	α	E
Pasto	493	24	2,3691 (2,3600 – 2,3780)	4,0755	0,7556
Policultivo	279	18	2,2541 (2,2433 – 2,2649)	3,1684	0,7956
Capoeira Intermediária	237	19	2,3269 (2,3055 – 2,3482)	3,6618	0,8213
Capoeira Velha	255	19	2,3485 (2,3225 – 2,3744)	3,7788	0,8289
Total	1264	-	-	-	-

Legendas das figuras

Figura 1. Perfis de diversidade para amostras de quatro comunidades biológicas distribuídas em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e capoeiras velhas) usando a Série de Hill. Para o parâmetro $\alpha = 0$, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra. Para α tendendo a 1, o valor de diversidade é equivalente ao Índice de Shannon (base neperiana) e pode ser obtido por $e^{(N^1)}$, onde $e = 2,718282$. Para $\alpha = 2$, o valor é igual ao obtido com o inverso do Índice de Simpson ($1/D$). Para $\alpha = 3$, índice de Gini-Simpson; $\alpha = 4$, índice de Tsallis (HCDT); $\alpha = 5$, índice de Renyi.

Figura 2. Abundância da comunidade de crisopídeos amostrada no período chuvoso em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Figura 3. Abundância da comunidade de crisopídeos amostrada no período seco em pastagens (PA), policultivos (PC), capoeiras intermediárias (CI) e capoeiras velhas (CV) localizadas no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na abundância da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Figura 4. Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrada no período chuvoso em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Figura 5. Riqueza da comunidade de crisopídeos amostrada no período seco em sistemas de uso da terra (pastagens, policultivos, capoeiras intermediárias e velhas) localizados no Assentamento Tico-Tico, Matões do Norte, Maranhão, Brasil (2021-2023). Quartis e limites inferior e superior são apresentados no box-plot. Diferentes letras minúsculas denotam diferença estatística na riqueza da comunidade de crisopídeos de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

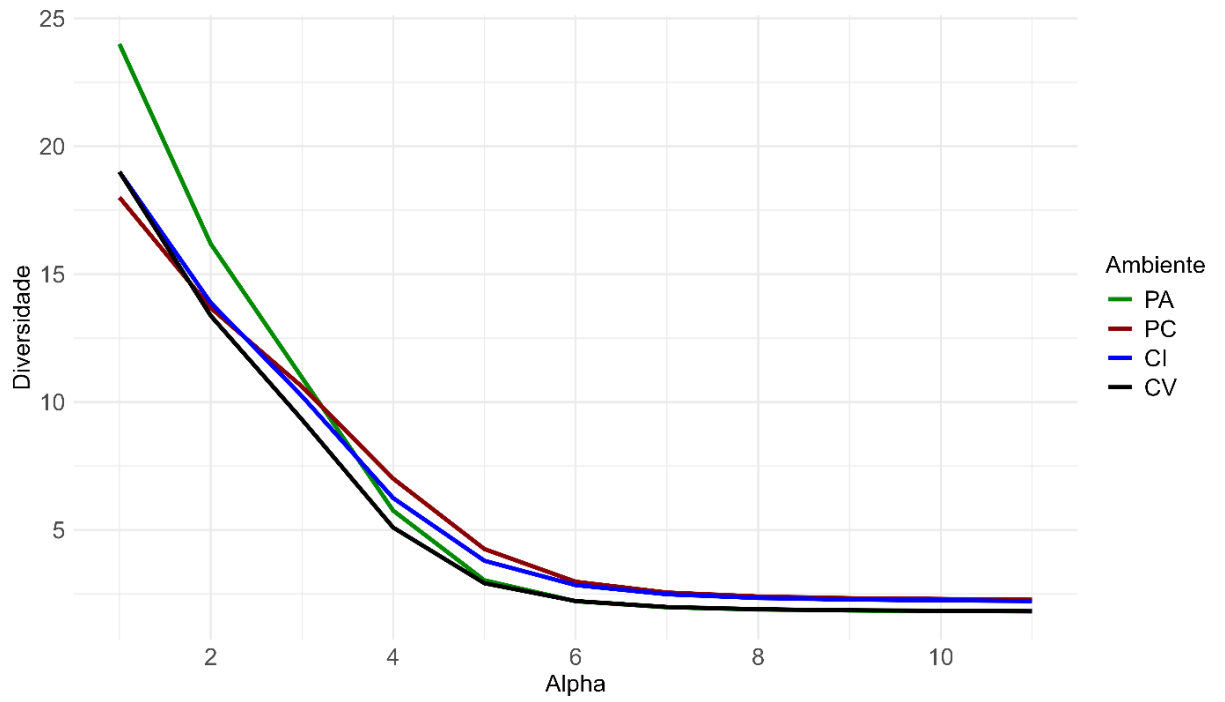


Figura 1

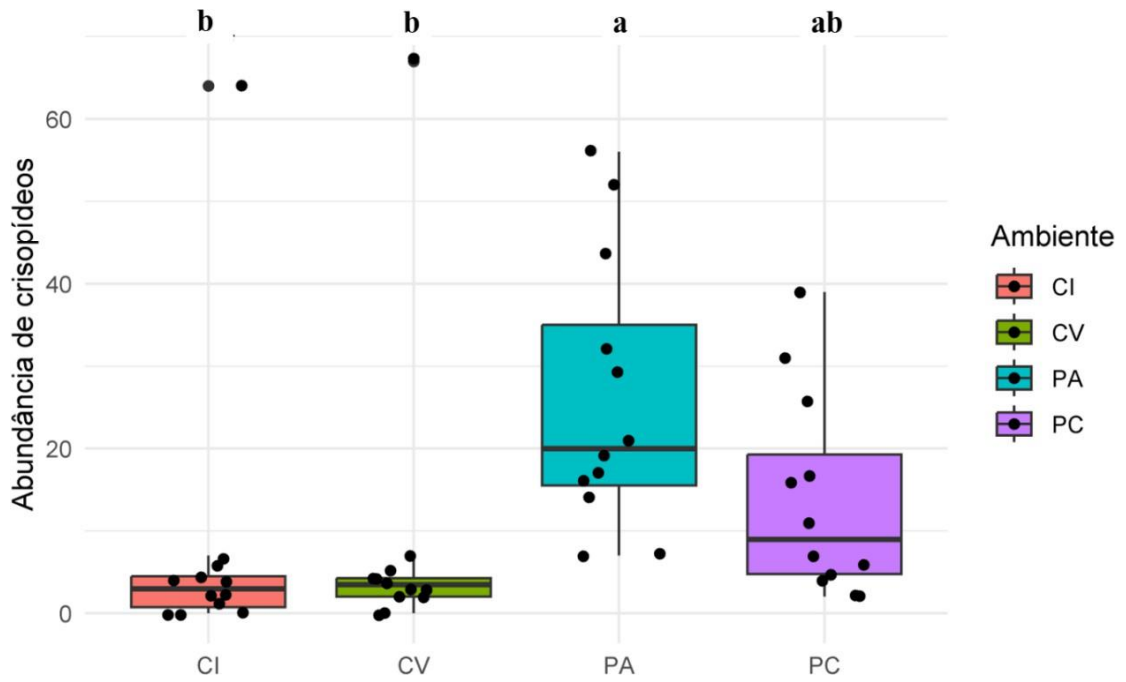


Figura 2

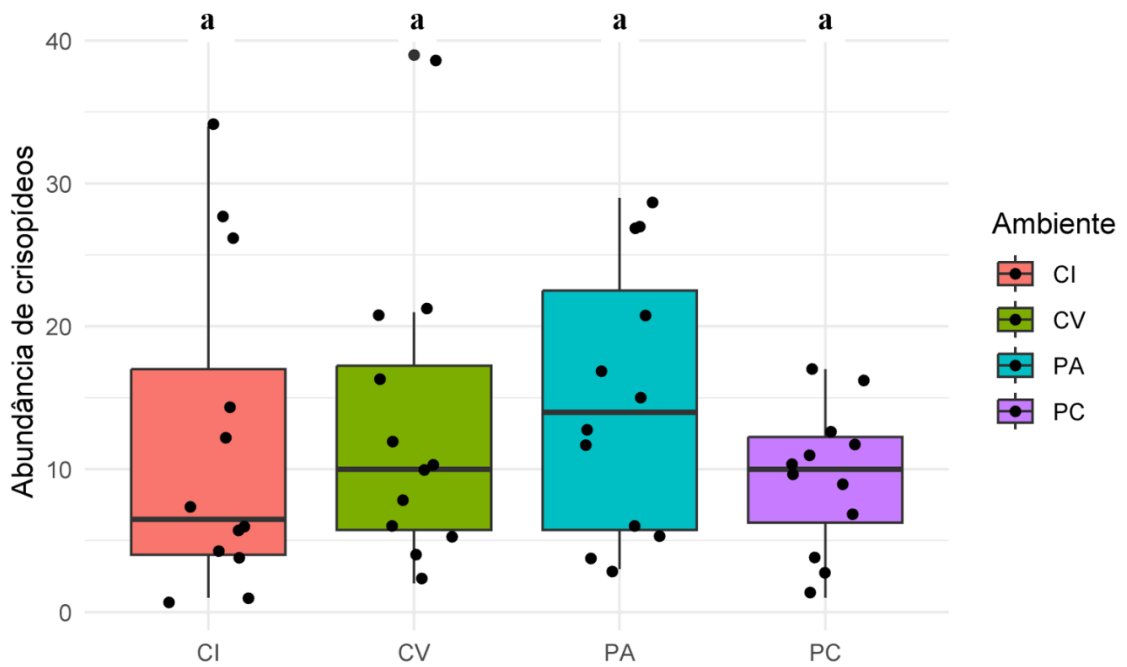


Figura 3

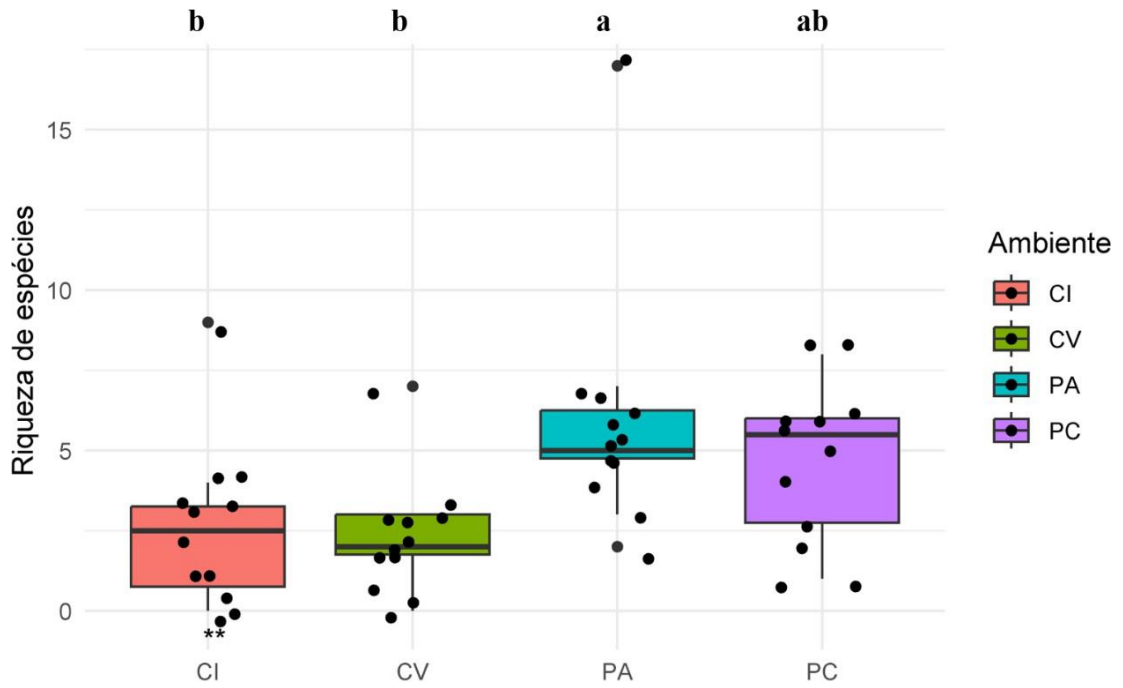


Figura 4

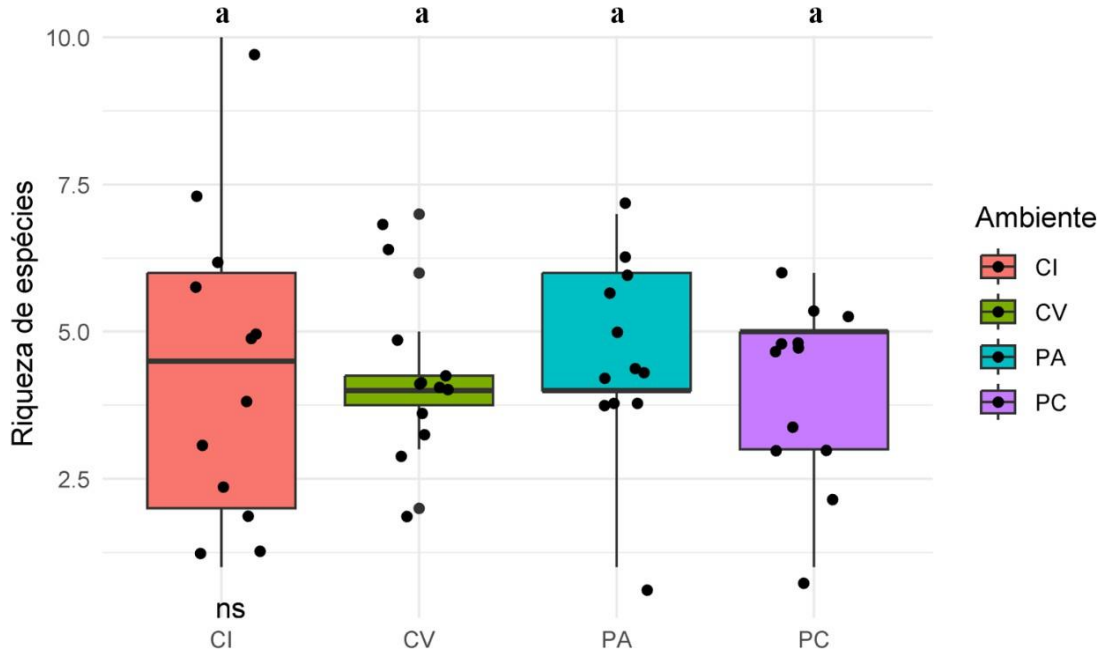


Figura 5

CAPÍTULO IV

REDESCRIBÇÃO DE *Leucochrysa (Nodita) vittata* FREITAS & PENNY (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE

Artigo redigido para submissão à Zootaxa


**REDESCRIBÇÃO DE *Leucochrysa (Nodita) vittata* FREITAS & PENNY
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) DA AMAZÔNIA ORIENTAL MARANHENSE**

ANNE CAROLINE BEZERRA DOS SANTOS^{1*}, FABRÍCIO DE OLIVEIRA REIS¹,
ADRIANO SOARES RÊGO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís,
Maranhão, Brasil

E-mail, ORCID:

annecaroline.bsantos@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-7191-1077>

fareoli@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-1781-3695>

regoadrianosoares@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

*Autor correspondente: Anne C. B. dos Santos: annecaroline.bsantos@gmail.com

Resumo

O gênero *Leucochrysa* McLachlan é constituído por ampla diversidade de espécies encontradas em variados habitats, principalmente da região Neotropical. Em relação à taxonomia de *Leucochrysa*, ainda existem dificuldades na correta caracterização de seus representantes, o que muitas vezes impede a realização de estudos bioecológicos tanto básicos como aplicados com esse grupo. O objetivo deste trabalho foi registrar e redescrever *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (Neuroptera: Chrysopidae) da Amazônia Oriental Maranhense. Os espécimes estudados foram identificados por meio de chave dicotômica baseada em caracteres morfológicos externos e da genitália de adultos e descrição original do holótipo de *L. (N.) vittata*. Para o estudo da genitália, foi removida a região apical do abdome de machos e fêmeas, a qual foi imersa inicialmente em KOH (10%) para clareamento, seguido pelo tratamento com fucsina ácida para tingimento das estruturas quitinizadas; esse material foi preservado imerso em glicerina líquida em tubos de Eppendorf. Caracteres morfométricos foram utilizados para avaliar os diferentes padrões na morfologia das asas anteriores e posteriores de *L. (N.) vittata*. Com base nesses parâmetros, *L. (N.) vittata* foi registrada pela primeira vez no Maranhão e, posteriormente, realizada a redescricao (machos e fêmeas) dessa espécie nativa, com a incorporação de novos caracteres diagnósticos da genitália do macho. Adicionalmente, foi modificada a chave dicotômica proposta por Freitas & Penny com adição de caracteres taxonômicos da genitália do macho de *L. (N.) vittata*. Com o registro e redescricao de *L. (N.) vittata*, encontrada em fragmentos florestais e agroecossistemas da Amazônia Oriental Maranhense, expande-se consideravelmente a área de ocorrência dessa espécie no Brasil. Tendo em vista que todos os aspectos do controle biológico dependem de uma base taxonômica sólida e que a correta identificação viabiliza a comunicação entre pesquisadores bem como o acesso à literatura científica, o presente estudo contribui para o progresso da taxonomia do gênero *Leucochrysa*.

Palavras-chave: Crisopídeo; Leucochrysiní; Morfologia; Taxonomia.

Abstract

The genus *Leucochrysa* McLachlan comprises a wide diversity of species, which occur in various habitats mainly in the Neotropics. Regarding the taxonomy of *Leucochrysa*, to date there are still difficulties in the correct characterization of its representatives, which often prevent both basic and applied bioecological studies with this taxon. The aim of this work was to record and redescribe *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (Neuroptera: Chrysopidae) from the eastern Amazonian of the Maranhão. The studied specimens were identified using a dichotomous key based on external morphological characters and genitalia and original description of *L. (N.) vittata* in the literature. To study the genitalia, the apical region of the abdomen of males and females was removed and initially immersed in KOH (10%) for bleaching, followed by treatment with acid fuchsin to stain the chitinized structures; this material was preserved immersed in liquid glycerin in Eppendorf tubes. Morphometric characters were used to evaluate the different patterns in the external morphology and internal genital structures of the specimens. Morphometric characters were used to evaluate the different patterns in the morphology of the fore and hind wings of *L. (N.) vittata*. Based on these parameters, *L. (N.) vittata* was recorded for the first time in Maranhão and, subsequently, the redescription (males and females) of this native species was carried out, with the incorporation of new diagnostic characters from the male's genitalia. Additionally, the dichotomous key proposed by Freitas and Penny was modified with the addition of taxonomic characters from the male genitalia of *L. (N.) vittata*. With the registration and redescription of *L. (N.) vittata*, found in forest fragments and agroecosystems of the eastern Amazonian of the Maranhão, the area of occurrence of this species in Brazil has expanded considerably. Considering that all aspects of biological control depend on a solid taxonomic basis and that correct identification enables communication between researchers as well as access to scientific literature, the present study contributes to the progress of the taxonomy of the genus *Leucochrysa*.

Keywords: Chrysopid; Leucochrysinini, Morphology; Taxonomy.

Introdução

O controle biológico constitui, ao lado da taxonomia, um dos pilares essenciais para a implementação de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). A implantação e o desenvolvimento de um programa de controle biológico devem ser baseados em estudos taxonômico (Parra *et al.* 2002). Nessa perspectiva, o sucesso de qualquer programa de controle biológico depende, acima de tudo, da identificação precisa das espécies, tanto do inimigo natural quanto da praga-alvo (Parra *et al.* 2023).

Os representantes da família Chrysopidae (Neuroptera), conhecidos como crisopídeos, desempenham um papel crucial no controle biológico, atuando como predadores de diversos artrópodes-praga (Ramírez-Ahuja *et al.* 2020, Koutsoula *et al.* 2023). Além disso, são indicadores da qualidade ambiental e dos ecossistemas (Stelzl & Devetak 1999; Soares *et al.* 2024). Os crisopídeos são inimigos naturais polípagos, cujas larvas são predadoras e os adultos com uma dieta variada (Venzon *et al.* 2021). A predominância do comportamento predatório desses insetos os torna essenciais para a estabilidade de agroecossistemas (Rafael *et al.* 2024). *Leucochrysa* McLachlan, 1868, é o maior e mais complexo gênero dentro da família Chrysopidae no mundo, com 200 espécies descritas e muitas outras aguardando descrição (Tauber *et al.* 2008ab). Em relação à sistemática dos adultos de *Leucochrysa* neotropicais, ainda se observam dificuldades na correta identificação de representantes desse gênero (Tauber *et al.* 2008b). A literatura tem reportado inúmeras complicações na sistemática de *Leucochrysa* spp., tais como: gênero relativamente grande, com aproximadamente 200 espécies alocadas em dois subgêneros, *Leucochrysa* e *Nodita*; diferenças muito sutis na anatomia externa de várias espécies; descrições originais de muitas espécies realizadas com base apenas em caracteres morfológicos externos, sem considerar a estrutura da genitália interna de adultos; grande número de espécies crípticas; grande variação intraespecífica (por exemplo, polimorfismo no padrão de manchas

tegumentares e coloração dos adultos); grande número de sinonímias; dificuldade para localizar e acessar os tipos nomenclaturais e, precariedade do estado de conservação de vários tipos de *Leucochrysa* em coleções entomológicas (Tauber 2004; Mantoanelli *et al.* 2006; Tauber *et al.* 2008ab, 2013a).

Nos últimos 20 anos, houve avanços consideráveis no entendimento da história de vida e da sistemática de diversas espécies neotropicais de Chrysopidae (Silva *et al.* 2007; Tauber 2007, 2008ab, 2011ab, 2012, 2013ab; Silva *et al.* 2013). No entanto, a maioria dos gêneros neotropicais dessa família ainda carece de caracterizações, uma vez que muitas espécies novas precisam ser descritas e a biologia de grande parte delas é praticamente desconhecida (Rêgo 2015).

Com algumas exceções registradas na literatura (Freitas & Penny 2001; Tauber 2004, 2007; Tauber *et al.* 2008ab; 2011ab; 2013ab; Mantoanelli *et al.* 2011), a maioria das descrições de espécies do gênero *Leucochrysa*, especialmente aquelas de Longinos Navás e Nathan Banks, da primeira metade do século XX, é considerada mínima a moderadamente informativa, contribuindo pouco para a identificação específica (Rêgo 2015). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi registrar e redescrever *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (Neuroptera: Chrysopidae) da Amazônia Oriental Maranhense.

Material e métodos

Espécimes selecionados para estudo

O táxon estudado (*Leucochrysa*) foi selecionado com base na disponibilidade de espécimes coletados em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras de diferentes idades) e agroecossistemas (pastagens e policultivos) em levantamentos anteriores (Santos *et al.*, 2025; dados não publicados) e armazenados no Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Os espécimes de *Leucochrysa* estavam morfotipados, constando apenas

como “cf.” (a confirmar).

Identificação de *Leucochrysa (Nodita) vittata*

Os espécimes foram identificados usando chave dicotômica e descrição original para espécies brasileiras de crisopídeos (Freitas & Penny 2001), usando-se características morfológicas externas e da genitália interna dos adultos. Os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram preservados em álcool 70% no interior de flaconetes de vidro transparente com tampa e batoque (Mylabor®) (10 mL) com suas respectivas genitálias imersas em glicerina líquida (P.A.) (Isofar®) no interior de microtubos de plástico (1,5 mL) (Eppendorf®). Os espécimes identificados foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Redescrição de *Leucochrysa (Nodita) vittata*

A redescrição e medições dos caracteres taxonômicos de *L. (N.) vittata* foram realizadas com o auxílio de microscópio óptico (PrimoStar, Carl Zeiss), microscópio estereoscópico (Stemi 350, Carl Zeiss) e com auxílio do software ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>). Para a redescrição e medições de *L. (N.) vittata* foram utilizados 20 espécimes (10 machos e 10 fêmeas). Para o estudo da genitália foi removida a região apical do abdome de machos e fêmeas, a qual foi imersa em KOH (10%) para clareamento e remoção dos restos de gordura de seu interior. Posteriormente, essas estruturas foram coradas com fucsina ácida e preservadas em glicerina no interior de micro Eppendorf de plástico (1,5 ml).

Os seguintes indicadores morfométricos externos foram mensurados para avaliar os diferentes padrões na morfologia alar de machos e fêmeas de *L. (N.) vittata*:

a) Asas: comprimento, largura e razão comprimento: largura das asas anteriores e posteriores. As medidas da largura da asa anterior foram realizadas em quatro posições ($\frac{1}{4}$ basal

e ¼ distal à distância da origem da articulação alar, metade da asa e na maior largura da asa);

b) Células das asas anteriores: comprimento da primeira célula intramediana (im_1); comprimento e largura da segunda célula intramediana (im_2); comprimento das células intracubitais (icu_1 , icu_2 e icu_3); comprimento e largura da terceira célula medial (m_3); comprimento e largura da maior célula radial (r); número de veias gradiformes internas (gi) e externas (ge); número de células Banksianas superiores (b_1) e inferiores (b'_1); altura e largura das células #2 e #3 (células delimitadas pelo setor radial e pela gradiforme interna); área radial;

c) Células das asas posteriores: comprimento e largura das células icu_1 , icu_2 , b_1 , b'_1 e r_n (última célula radial); número de gradiformes internas (gi) e externas (ge); número de células Banksianas superiores (b_1) e inferiores (b'_1).

Para o estudo da morfologia da genitália de machos e fêmeas de *L. (N.) vittata* foram descritas as seguintes estruturas:

a) Genitália do macho (Rêgo 2015).

(1) *Gonarcus* (gcs): estrutura longa e arqueada situada medialmente;

(2) *Gonocornus* (gnc): par de cornos médio-laterais fundidos ao *gonarcus*;

(3) *Gonosaccus* (gs): saco membranoso que envolve as estruturas do *gonarcus*;

(4) *Mediuncus* (md): estrutura unida medialmente ao *gonarcus*, geralmente longa e estreita, com ápice agudo e geralmente curvado ventralmente;

b) Genitália da fêmea (Rêgo 2015).

(1) Espermateca (esp): estrutura esclerotizada localizada internamente entre os segmentos abdominais 7-8;

(2) Duto da glândula espermática (de): tubo geralmente longo, estreito e muito quitinizado, que se origina na parte anterior da espermateca. No ápice deste duto se encontra a glândula espermatecal, que é frequentemente franjada;

(3) Duto bursal (db): tubo geralmente longo e quitinizado que se origina na parte

- (4) posterior da espermateca;
- (5) Invaginação ventral (iv): depressão ventral da espermateca;
- (6) Vela da espermateca (ve): estrutura tubular que se estende ventralmente desde o centro da espermateca;
- (7) Subgenitália (sg): estrutura anteriormente bilobada, às vezes com uma curta projeção medial, posicionada no ápice de um longo tubo membranoso posterior à S7.

Diagnose diferencial

Foi realizada a análise comparativa das características morfológicas externas (cabeça, tórax e abdome; Fig. 1) e da genitália interna de machos e fêmeas de *L. (N.) vittata*, a fim de identificar as características exclusivas da espécie. Tais informações foram usadas para comparar *L. (N.) vittata* com outras espécies do gênero *Leucochrysa* que podem ser proximamente relacionadas. Além disso, foi modificada a chave dicotômica de Freitas & Penny (2001), incorporando informações da genitália do macho de *L. (N.) vittata*.

Resultados

Redescrição de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny 2001

Material tipo: A série de parátipos (machos e fêmeas) de *L. (N.) vittata* foi designada a partir de espécimes coletados durante expedições realizadas no assentamento Tico-Tico (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m), localizado na zona rural do Município de Matões do Norte, Estado do Maranhão.

Diagnose (♂ e ♀): Cabeça de coloração verde-pálido; pronoto alongado, de coloração verde-pálido com um par de manchas transversais mediais paralelas castanho-escuras; prescuto com um par de manchas transversais mediais castanho-escuras que se estendem até as regiões anterior e látero-dorsal; escuto com manchas castanho-escuras difusas;

escutelo com um par de manchas paralelas castanho-escuras na região medial e manchas castanho-escuras na região látero-dorsal; metanoto com um par de manchas circulares castanho-escuras na região anterior, faixa castanho-escura na região posterior; genitália da fêmea é simples com subgenitália ampla; por sua vez a genitália do macho é muito quitinizada, bem como todos os processos articulados que compõem o complexo do *gonarcus*.

Descrição do adulto (σ e ♀): cabeça, tórax e abdome (n=10, para machos e fêmeas).

Cabeça (Fig. 2): coloração verde-pálido; vértice verde-pálido com um par de manchas transversais mediais paralelas castanho-escuras e sem cerdas; entre o vértice e os olhos há presença de uma pequena faixa longitudinal castanho-escura; fossa antenal castanho-escura, sem cerdas. Mancha castanho-escura em formato de Y entre as antenas; escapo verde-pálido nas margens laterais e faixa dorso medial castanho-escura; pedicelo verde-pálido com cerdas castanho-escuras; antenas pálidas, com cerdas castanho-escuras; fronte, clipeo e palpos labiais verde-pálidos; palpos maxilares variando entre verde-pálido a castanho-escuro; gena e labro castanho-escuros.

Tórax: pronoto alongado, de coloração verde-pálido com um par de manchas transversais mediais paralelas castanho-escuras; na região látero-dorsal do pronoto há presença de pequenas manchas castanho-escuras com cerdas curtas, hialinas e pouco abundantes; prescuto com um par de manchas transversais mediais castanho-escuras que se estendem até as regiões anterior e látero-dorsal; escuto com manchas castanho-escuras difusas; escutelo com um par de manchas paralelas castanho-escuras na região medial e manchas castanho-escuras na região látero-dorsal; metanoto com um par de manchas circulares castanho-escuras na região anterior, faixa castanho-escura na região posterior, mancha castanho-escura que ocupa cerca de 50% do metanoto, um par de manchas circulares na região látero-dorsal; pernas verde-pálido: coxa, trocanter, fêmur, tíbia e tarso verde-pálidos e pós-tarso castanho-escuro com um par de garras laterais simples, base larga e quadrada; cerdas castanho-escuras (Fig. 2).

Asas (Figs 3 e 4; Tab.1 e 2):

a) Anterior esquerda ♀ (Fig. 3; Tab. 1): comprimento: 12,59-14,45 mm; largura: 3,74- 4,58 mm (metade da asa); largura máxima da asa: 4,14-5,04 mm; largura basal (1/4 da asa) e distal (1/4 da asa): 2,87-3,50 e 4,01-4,82 mm, respectivamente; razão comprimento: largura máxima: 2,75-3,05 mm. Número de veias costais: 22 a 26; primeira célula intramediana (im_1) com formato triangular e alongado e comprimento de 0,78-0,98 mm. Segunda célula intramediana (im_2) com comprimento e largura de 0,85-1,02 e 0,68-0,91 mm, respectivamente. Terceira célula mediana (m_3) com comprimento e largura de 1,40-1,60 e 0,75-0,90 mm, respectivamente. Área radial com uma série de 9 a 11 células fechadas. Comprimento e largura da maior célula radial (r_4) de 0,82-1,68 e 0,58-1,33 mm, respectivamente. Número de células Banksianas superiores (células b) e inferiores (células b') iguais a quatro. Duas séries de veias gradiformes; 6 gradiformes internas e 6-7 gradiformes externas. Todas as medidas de comprimento e largura das células #2 e #3 (livres da Pseudomedia-PsM), ambas delimitadas pelo setor radial (Rs) e pelas gradiformes internas (gi), com diferentes padrões morfométricos em suas células. Célula #2: 1,36-1,69 mm de comprimento e 0,72-0,79 mm de largura; Célula #3: 1,36-1,68 mm de comprimento e 0,62-0,73 mm de largura. Três células intracubitais: icu_1 e icu_2 (fechadas), icu_3 (aberta), com as seguintes medidas de comprimento: 0,79-0,97, 0,75-0,84 e 0,61-0,71 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escura.

b) Anterior direita ♀ (Fig. 3; Tab 1): comprimento: 12,30-14,06 mm; largura: 3,73-4,35 mm (metade da asa); largura máxima da asa: 4,19-4,80 mm; largura basal (1/4 da asa) e distal (1/4 da asa): 2,89-3,51 e 4,00-4,65 mm, respectivamente; razão comprimento: largura máxima: 2,94-3,07 mm. Número de veias costais: 22 a 26; primeira célula intramediana (im_1) com formato triangular e alongado e comprimento de 0,76-0,95 mm. Segunda célula intramediana (im_2) com comprimento e largura de 0,80-0,98 e 0,69-0,86 mm, respectivamente.

Terceira célula mediana (m_3) com comprimento e largura de 1,38-1,68 e 0,72-0,86 mm, respectivamente. Área radial com uma série de 10 a 11 células fechadas. Comprimento e largura da maior célula radial (r_4) de 0,83-0,90 e 1,10-1,34 mm, respectivamente. Número de células Banksianas superiores (células b) e inferiores (células b') iguais a quatro. Duas séries de veias gradiformes; 5-6 gradiformes internas e 7-8 gradiformes externas. Todas as medidas de comprimento e largura das células #2 e #3 (livres da Pseudomedia-PsM), ambas delimitadas pelo setor radial (Rs) e pelas gradiformes internas (gi), com diferentes padrões morfométricos em suas células. Célula #2: 1,37-1,66 mm de comprimento e 0,71-0,81 mm de largura; Célula #3: 1,30-1,64 mm de comprimento e 0,64-0,70 mm de largura. Três células intracubitais: icu_1 e icu_2 (fechadas), icu_3 (aberta), com as seguintes medidas de comprimento: 0,83-0,89, 0,69-0,82 e 0,43-0,67 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escuro.

c) Posterior esquerda ♀ (Fig 4; Tab. 2): duas séries de gradiformes: 3-4 gradiformes internas, 5-6 gradiformes externas; comprimento e largura da nona célula radial (r_9): 0,50-1,12 e 0,33-0,52 mm, respectivamente; número de células Banksianas superiores (b): 3; número de células Banksianas inferiores (b'): 3; comprimento e largura de b_1 : 0,89-1,13 e 0,31-0,43 mm, respectivamente; comprimento e largura de b'_1 : 0,86-1,08 e 0,60-0,66 mm, respectivamente; duas células intracubitais: icu_1 (fechada) e icu_2 (aberta), a primeira com comprimento e largura de 0,95-1,14 e 0,28-0,36 mm, respectivamente e a segunda com comprimento e largura de 0,83-1,10 e 0,95-1,46 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escuro.

d) Posterior direita ♀ (Fig. 4; Tab. 2): duas séries de gradiformes: 3-4 gradiformes internas, 5-6 gradiformes externas; comprimento e largura da nona célula radial (r_9): 0,70-1,81 e 0,38-0,53 mm, respectivamente; número de células Banksianas superiores (b): 3; número de células Banksianas inferiores (b'): 3; comprimento e largura de b_1 : 0,91-1,06 e 0,32-0,44 mm, respectivamente; comprimento e largura de b'_1 : 0,90-1,08 e 0,58-0,68 mm, respectivamente; duas células intracubitais: icu_1 (fechada) e icu_2 (aberta), a primeira com comprimento e largura de 0,97-1,12 e 0,30-0,38 mm, respectivamente e a segunda com comprimento e largura de 0,81-

1,46 e 0,69-1,44 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escuro.

e) Anterior esquerda ♂ (Fig. 3; Tab. 1): comprimento: 12,60-14,00 mm; largura: 3,72- 4,37 mm (metade da asa); largura máxima da asa: 4,12-4,79 mm; largura basal (1/4 da asa) e distal (1/4 da asa): 2,84-3,39 e 4,02-4,69 mm, respectivamente; razão comprimento: largura máxima: 2,88-3,11 mm. Número de veias costais: 21 a 26; primeira célula intramediana (im_1) com formato triangular e alongado e comprimento de 0,77-0,92 mm. Segunda célula intramediana (im_2) com comprimento e largura de 0,85-0,96 e 0,72-0,83 mm, respectivamente. Terceira célula mediana (m_3) com comprimento e largura de 1,37-1,61 e 0,62-0,85 mm, respectivamente. Área radial com uma série de 9 a 11 células fechadas. Comprimento e largura da maior célula radial (r_4) de 0,75-1,04 e 1,03-1,24 mm, respectivamente. Número de células Banksianas superiores (células b): 4; número de células Banksianas inferiores (células b'): 3-4. Duas séries de veias gradiformes; 5-6 gradiformes internas e 6-7 gradiformes externas. Todas as medidas de comprimento e largura das células #2 e #3 (livres da Pseudomedia-PsM), ambas delimitadas pelo setor radial (Rs) e pelas gradiformes internas (gi), com diferentes padrões morfométricos em suas células. Célula #2: 1,29-1,56 mm de comprimento e 0,65-0,80 mm de largura; Célula #3: 1,33-1,62 mm de comprimento e 0,62-0,71 mm de largura. Três células intracubitais: icu_1 e icu_2 (fechadas), icu_3 (aberta), com as seguintes medidas de comprimento: 0,76-0,91, 0,64-0,82 e 0,59-0,71 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho- escura.

f) Anterior direita ♂ (Fig. 3; Tab. 1): comprimento: 12,64-14,26 mm; largura: 3,81-4,36 mm (metade da asa); largura máxima da asa: 4,18-4,66 mm; largura basal (1/4 da asa) e distal (1/4 da asa): 2,93-3,49 e 4,00-4,62 mm, respectivamente; razão comprimento: largura máxima: 2,90-3,06 mm. Número de veias costais: 21 a 26; primeira célula intramediana (im_1) com formato triangular e alongado e comprimento de 0,79-0,98 mm. Segunda célula intramediana (im_2) com comprimento e largura de 0,68-0,97 e 0,72-0,86 mm, respectivamente.

Terceira célula mediana (m_3) com comprimento e largura de 1,37-1,81 e 0,74-0,86 mm, respectivamente. Área radial com uma série de 9 a 11 células fechadas. Comprimento e largura da maior célula radial (r_4) de 0,78-0,89 e 1,30-1,34 mm, respectivamente. Número de células Banksianas superiores (células b) e inferiores (células b') iguais a quatro. Duas séries de veias gradiformes; 5-6 gradiformes internas e 5-7 gradiformes externas. Todas as medidas de comprimento e largura das células #2 e #3 (livres da Pseudomedia-PsM), ambas delimitadas pelo setor radial (Rs) e pelas gradiformes internas (gi), com diferentes padrões morfométricos em suas células. Célula #2: 1,33-1,58 mm de comprimento e 0,71-0,78 mm de largura; Célula #3: 1,32-1,61 mm de comprimento e 0,65-0,71 mm de largura. Três células intracubitais: icu_1 e icu_2 (fechadas), icu_3 (aberta), com as seguintes medidas de comprimento: 0,75-0,91, 0,65-0,80 e 0,53-0,72 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escuro.

g) Posterior esquerda ♂ (Fig. 4; Tab. 2): duas séries de gradiformes: 3-4 gradiformes internas, 5-6 gradiformes externas; comprimento e largura da nona célula radial (r_9): 0,47-1,20 e 0,31-0,49 mm, respectivamente; número de células Banksianas superiores (b): 3; número de células Banksianas inferiores (b'): 3; comprimento e largura de b_1 : 0,91-1,09 e 0,29-0,39 mm, respectivamente; comprimento e largura de b'_1 : 0,91-1,05 e 0,34-0,68 mm, respectivamente; duas células intracubitais: icu_1 (fechada) e icu_2 (aberta), a primeira com comprimento e largura de 0,91-1,11 e 0,33-0,38 mm, respectivamente e a segunda com comprimento e largura de 0,78- 0,97 e 1,17-1,49 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escuro.

h) Posterior direita ♂ (Fig. 4; Tab. 2): duas séries de gradiformes: 3-5 gradiformes internas, 5-6 gradiformes externas; comprimento e largura da nona célula radial (r_9): 0,59-1,19 e 0,33-0,51 mm, respectivamente; número de células Banksianas superiores (b): 3; número de células Banksianas inferiores (b'): 3; comprimento e largura de b_1 : 0,89-1,81 e 0,31-0,41 mm, respectivamente; comprimento e largura de b'_1 : 0,92-1,05 e 0,59-0,69 mm, respectivamente; duas células intracubitais: icu_1 (fechada) e icu_2 (aberta), a primeira com comprimento e largura

de 0,93-1,22 e 0,26-0,36 mm, respectivamente e a segunda com comprimento e largura de 0,72- 0,94 e 1,18-1,53 mm, respectivamente. Estigma com coloração castanho-escura.

Abdome ♀ (Fig.5): coloração verde-pálido nas margens laterais e ventral do abdome. Tergitos (T1 ao T9+ect.) castanho-escuros, arredondados nas margens anterior e posterior, com maior densidade de cerdas longas e finas em T7, T8 e, principalmente, em T9+ectoprocto. Cerdas de comprimento médio e finas; microcerdas esparsas e pequenas ao longo do abdome. Ápice de S7, região anal e gonapófise lateral com densas cerdas longas e finas castanho-escuras; ausência de manchas nos esternitos. Gonapófise lateral alongada, dorsal e ventralmente arredondada. *Callus cerci* arredondado.

Genitália ♀ (Figs. 6, 7, 8 e 9): A genitália da fêmea é simples com subgenitália grande, bilobulada apicalmente e com uma longa projeção voltada para a região ventral do abdome, estendendo-se logo abaixo do T8 e T9 + ectoprocto; crumena em formato de parábola; base esclerotizada; ducto da espermateca delgado e franjado na região anterior; invaginação ventral mesial longa (profunda) e cônica; vela da espermateca levemente esclerotizada; a espermateca apresenta uma constrição entre as câmaras superior e inferior; ducto bursal longo e dobrado com presença de cerdas.

Abdome ♂ (Fig. 10): coloração verde-pálido nas margens laterais e ventral do abdome. Tergitos (T1 ao T9+ect.) castanho-escuros, arredondados nas margens anterior e posterior, com maior densidade de cerdas longas e finas em T7, T8 e, principalmente, em T9+ectoprocto. Esternitos esclerotizados com cerdas de comprimento médio e finas; microcerdas esparsas ao longo do abdome. O esternito S8+9 é fundido, apresenta numerosas cerdas castanho-escuras de tamanhos variados; ausência de manchas em todos os esternitos. *Callus cerci* arredondado.

Genitália ♂ (Figs. 11 e 12): A genitália do macho é quitinizada, bem como todos os processos articulados que compõem o complexo do *gonarcus*; a forma do *gonarcus* é arqueada

e ampla, a partir do qual se observa um par de *gonocornus*; *gonocornus* longos e muito quitinizados, projetados dorsalmente em direção ao ápice do *mediuncus*; os apódemas do *gonarcus* apresentam curvatura acentuada; *mediuncus* esclerotizado e alongado; ápice do *mediuncus* agudo, dirigido ventralmente e flanqueado por lobos laterais; *gonosaccus* grande, membranoso com gonocerdas na superfície ventral; *hypandrium internum* alongado e em forma de “V”, ápice arredondado e muito esclerotizado; *gonapsis*, *entoprocessus*, *tignum*, *pseudopênis*, *espinela* e *gonocristas* ausentes.

Larva e biologia: desconhecidos na literatura.

Distribuição geográfica: Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil (Freitas & Penny, 2001).

O presente estudo reporta pela primeira vez a ocorrência de *L. (N.) vittata* coletada em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras) e agroecossistemas (pastos e policultivos) localizados no município de Matões do Norte, Maranhão, Brasil.

Material examinado: Espécimes coletados no Assentamento Tico-Tico, município de Matões do Norte, Maranhão (3° 36' 44,70'' S, 44° 34' 07,51'' O, elevação 44 m). Pasto (3♀, 5♂; 26/05/23), Policultivo (3♀, 2♂; 23/06/23), Capoeira velha (4♀, 3♂; 28/07/23).

Coletores: Santos, A. C. B., Rêgo, A. S. e Rodrigues, I. C. A.

Varição intraespecífica: polimorfismo no padrão de manchas tegumentares do mesonoto, articulação alar e coloração dos adultos.

Material depositado: Os espécimes identificados foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Modificação da chave-dicotômica de Freitas & Penny.

Para auxiliar na identificação acurada de *L. (N.) vittata* encontrada em fragmentos de floresta e agroecossistemas, foi necessário modificar e expandir a chave dicotômica proposta por Freitas & Penny (2001, p. 285) para *L. (N.)* encontradas no Brasil. As modificações seguem abaixo:

1. Escapo com uma mancha longitudinal 2
- 1'. Escapo com duas manchas, completamente escuras ou de outra forma 20
2. Escapo com mancha longitudinal dorsal, pronoto alongado, coloração verde-pálido com um par de manchas mediais paralelas castanho-escuras; *gonarcus* arqueado e amplo, *gonocornus* longos projetados dorsalmente; bico do *mediuncus* agudo, flanqueado por lobos laterais; *gonosaccus* com gonocerdas na superfície ventral
L. (N.) vittata
- 2'. Escapo com mancha lateral longitudinal..... 3

Discussão

O presente trabalho amplia o número de caracteres diagnósticos para *L. (N.) vittata*, haja vista que a descrição original estava incompleta, realizada apenas com uma única fêmea que foi designada como holótipo por Freitas & Penny (2001). A redescrição de *L. (N.) vittata* confirma os caracteres descritos para o holótipo e adiciona novas informações da morfologia externa e da genitália do macho. O primeiro registro e a redescrição de *L. (N.) vittata*, obtida em fragmentos florestais e agroecossistemas da Amazônia Maranhense, contribuem para a caracterização mais assertiva e estabilização da sistemática dessa espécie.

Em relação à sistemática dos adultos de *Leucochrysa* neotropicais, ainda se observam dificuldades na correta identificação de representantes desse gênero (Tauber *et al.* 2008ab). A literatura tem reportado inúmeras complicações na sistemática de *Leucochrysa* spp., tais como: gênero relativamente grande, com aproximadamente 200 espécies alocadas em dois subgêneros, *Leucochrysa* e *Nodita*; diferenças muito sutis na anatomia externa de várias espécies; descrições originais de muitas espécies realizadas com base apenas em caracteres morfológicos externos, sem considerar a estrutura da genitália interna de adultos; grande número de espécies crípticas; grande variação intraespecífica (por exemplo,

polimorfismo no padrão de manchas tegumentares e coloração dos adultos); grande número de sinonímias; dificuldade para localizar e acessar os tipos nomenclaturais, precariedade do estado de conservação de vários tipos de *Leucochrysa* em coleções entomológicas (Tauber 2004; Mantoanelli *et al.* 2006; Tauber *et al.* 2008ab; Tauber *et al.* 2013ab). Todos esses fatores mencionados também geram dificuldades para definir e descrever as novas espécies que vêm sendo descobertas com o incremento dos levantamentos nos diversos biomas brasileiros.

Dentre as espécies de *Leucochrysa* descritas, foi observado que *L. (N.) vittata* é proximamente relacionada com *Leucochrysa (Nodita) scomparini* Freitas & Penny (2001). Ao realizar a comparação das características morfológicas externas de *L. (N.) vittata* e *L. (N.) scomparini* foi possível determinar uma série de características compartilhadas e suas variações, as quais podem levar a uma identificação incorreta, principalmente quando se considera apenas a morfologia externa como critério diagnóstico para separar essas espécies. Por exemplo, há padrões de manchas tegumentares presentes na cabeça e no mesonoto que são comuns em *L. (N.) vittata* e *L. (N.) scomparini* (Freitas & Penny 2001). No entanto, um conjunto de características muito sutis, mas consistentes, diferencia as duas espécies entre si, tais como: escapo de *L. (N.) scomparini* apresenta faixas escuras na região dorso-lateral e uma mancha medial adicional, enquanto o de *L. (N.) vittata* apresenta uma faixa escura ou castanho-escura na região dorso-medial. As principais diferenças encontram-se na genitália da fêmea, onde o duto bursal de *L. (N.) vittata* apresenta uma sutil curvatura, enquanto o de *L. (N.) scomparini* apresenta-se demasiadamente sinuoso; na região anterior da espermateca, *L. (N.) scomparini* apresenta duas câmaras separadas entre si por constrições, característica ausente em *L. (N.) vittata* (Freitas & Penny 2001).

Conclusão

Leucochrysa (Nodita) vittata foi registrada pela primeira vez no Maranhão. Além disso, sua área de distribuição é ampliada consideravelmente haja vista que o holótipo de *L. (N.) vittata* é oriundo de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. Os espécimes (machos e fêmeas) avaliados apresentaram características morfológicas (internas e externas) úteis para a identificação de *L. (N.) vittata*. A incorporação dos caracteres da genitália do macho aliada à modificação da chave de identificação visa facilitar a utilização desta espécie no controle biológico de pragas.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a primeira autora deste artigo. Ao Dr. Adriano Soares Rêgo pelas identificações dos crisopídeos amostrados em campo. Aos produtores do Assentamento Tico-Tico, localizado no município de Matões do Norte, pela disponibilização dos sítios de estudo. A FAPEMA pelo apoio financeira, pelo Edital FAPEMA nº 002/2019 – UNIVERSAL (Processo 01123/19).

Referências

- Freitas, S. & Penny, N.D. (2001) The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 52 (19) 245- 395.
- Koutsoula, G., Stamkopoulou, A., Pekas, A., Wäckers, F., Broufas, G. & Pappas, M. L. (2023). Predation efficiency of the green lacewings *Chrysoperla agilis* and *C. mutata* against aphids and mealybugs in sweet pepper. *Bulletin of Entomological Research*, 113, 162–168.
- Mantoanelli, E., Albuquerque, G.S., Tauber, C.A. & Tauber, M.J. (2006) *Leucochrysa* (*Leucochrysa*) *varia* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae): larval descriptions, developmental rates, and adult color variation. *Annals of the Entomological Society of America*, 99 (1), 7-18.
- Mantoanelli, E., Tauber, C.A., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2011) Larvae of four *Leucochrysa* (*Nodita*) species (Neuroptera: Chrysopidae: Leucochrysinini) from Brazil's Atlantic Coast. *Annals of the Entomological Society of America*, 4 (6), 1233-1259.
- Parra, J.R.P., Botelho, P.S.M., Corrêa-Ferreira, B.S. & Bento, J.M.S. (2002) *Controle biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores*. Manole, São Paulo, pp.116- 203.
- Parra, J.R.P., Pinto, A.S., Nava, D.E., Oliveira, R.C. & Diniz, A.J.F. (2023). Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), Piracicaba, 87-193.
- Rafael, J.A., Melo, G.A.R., Carvakho, C.J.B., Casari, S.A. & Constantino, R. (2024) *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Manaus: Editora INPA, pp. 45-54.
- Ramírez-Ahuja, M.L., Garza-González, E., Talamas, E.J., Gómez-Govea, M.A., Rodríguez-Pérez, M.A., Zambrano-Robledo, P., Rebollar-Tellez, E. & Rodríguez-Sanchez, I. (2020). Parasitoids of *Chrysopidae* Eggs in Sinaloa Mexico. *Insects*, 11 (12), 849. <https://doi.org/10.3390/insects11120849>
- Rêgo, A.S. (2015) *Descrição e análise da variabilidade de um complexo de espécies de Leucochrysa (Nodita) (Neuroptera, Chrysopidae) da Mata Atlântica, com base em caracteres de adultos*, Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, pp.139
- Santos, A.C.B., Rêgo, A.S. & Reis, F.O. (2025) Land use systems and environmental factors in the richness and abundance of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in the Eastern Amazon of Maranhense. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (Ainda não publicado).
- Stelzl, M. & Devetak, D. (1999) Neuroptera in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74, 305–321. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00040-7)
- Silva, P.S., Albuquerque, G.S., Tauber, C.A. & Tauber, M.J. (2007) Life history of a widespread Neotropical predator, *Chrysopodes* (*Chrysopodes*) *lineafrons* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, 41(1), 33-41.
- Silva, P.S., Tauber, C.A., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2013) Larvae of five horticulturally important species of *Chrysopodes* (Neuroptera: Chrysopidae): shared generic

features, descriptions and keys. *Zookeys*, 262, 39-92.

Soares, N.S., Martins, C.C., Reigada, C., Neto, S.S., Zucchi, R.A. & Savaris, M. (2024) Influence of height on the abundance and richness of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in an anthropically modified habitat. *Neotropical Entomology*, 53, 1175–1184. <https://doi.org/10.1007/s13744-024-01198-7>

Tauber, C.A. (2004) A Systematic Review of the Genus *Leucochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) in the United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 97 (6), 1129-1158.

Tauber, C.A. (2007) Review of *Berchmansus* and *Vieira* and Description of Two New Species of *Leucochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100 (2), 110-138.

Tauber, C. A., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2012) The neotropical genus *Titanochrysa* (Neuroptera, Chrysopidae): larval descriptions, biological notes, a new species, and taxonomic changes. *Zootaxa*, 3514, 1-26.

.Tauber, C.A., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2008a) A new species of *Leucochrysa* and a redescription of *Leucochrysa (Nodita) clepsydra* Banks (Neuroptera: Chrysopidae). *Zootaxa*, 1781 (1), 1-19.

Tauber, C.A.; Tauber, M.J. & Albuquerque, G.S. (2008b) A new genus and species of green lacewings from Brazil (Neuroptera: Chrysopidae: Leucochrysinini). *Annals of the Entomological Society of America*, 101 (2), 314-326.

Tauber, C.A., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2011a) Nomenclatorial changes and redescriptions of three of Navás' *Leucochrysa (Nodita)* species (Neuroptera, Chrysopidae). *ZooKeys*, 92, 9-33.

Tauber, C.A., Mantoanelli, E., Albuquerque, G.S., Reguilón, C., Olazo, E.G. & Tauber, M.J. (2011b) A taxonomically significant polymorphism in *Leucochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae): Nomenclature, larval and adult descriptions, and biological notes. *Zootaxa*, 3130 (1), 1-29.

Tauber, C.A., Sosa, F. & Albuquerque, G.S. (2013a) Two common and problematic Leucochrysinine species - *Leucochrysa (Leucochrysa) varia* (Schneider) and *L. (L.) pretiosa* (Banks) (Neuroptera, Chrysopidae): redescriptions and synonymies. *ZooKeys*, 310, 57-101.

Tauber, C.A., Sosa, F., Albuquerque, G.S. & Tauber, M.J. (2013b) Adults and larvae of two *Leucochrysa (Leucochrysa)* species (Neuroptera, Chrysopidae): descriptions, biological notes, and relationships. *Zootaxa*, 3750, 101–129

Venzon, M., Pallini, A., Neves, W.S., Júnior, T.J.P., Bettiol, W. & Vilela, E.F. (2021) *Controle Alternativo de Pragas e Doenças: Opção ou Necessidade?* Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, pp. 152.

Lista de figuras

Figura 1. Vista frontal (A) e lateral (B) da cabeça e vista dorsal (C e D) dos tagmas de *Leucochrysa* spp. Adaptado de Freitas & Penny (2001).

Figura 2. Vista frontal da cabeça e apêndices cefálicos (A) e vista dorsal da cabeça e tórax (B) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny.

Figura 3. Estrutura da asa anterior (direita e esquerda) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀).

Figura 4. Estrutura e indicadores morfométricos da asa posterior (direita e esquerda) de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀).

Figura 5. Segmentos terminais do abdome da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral.

Figura 6. Vista da subgenitália e da genitália (A) e detalhe da genitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B).

Figura 7. Vista anterior (A) e lateral (B) da genitália de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny.

Figura 8. Ápice da subgenitália evidenciando a crumena (A) e detalhe da subgenitália e genitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B).

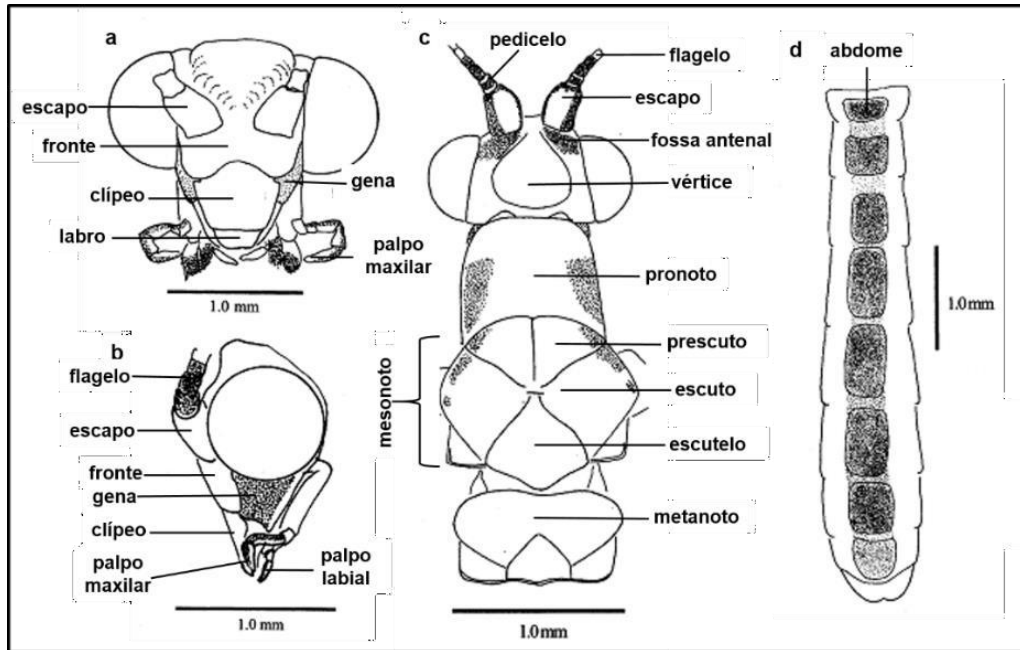
Figura 9. Vista frontal (A) e lateral (B) da subgenitália da fêmea de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny.

Figura 10. Segmentos terminais do abdome do macho de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral.

Figura 11. Genitália do macho (A) e *hipandrium internum* de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny em vista lateral (B).

Figura 12. Vista frontal (A) e lateral (B) da genitália do macho de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny.

Figura 13 – *Leucochrysa (Nodita) vittata*, nova espécie.



Fonte: Freitas e Penny (2001)

Figura 1

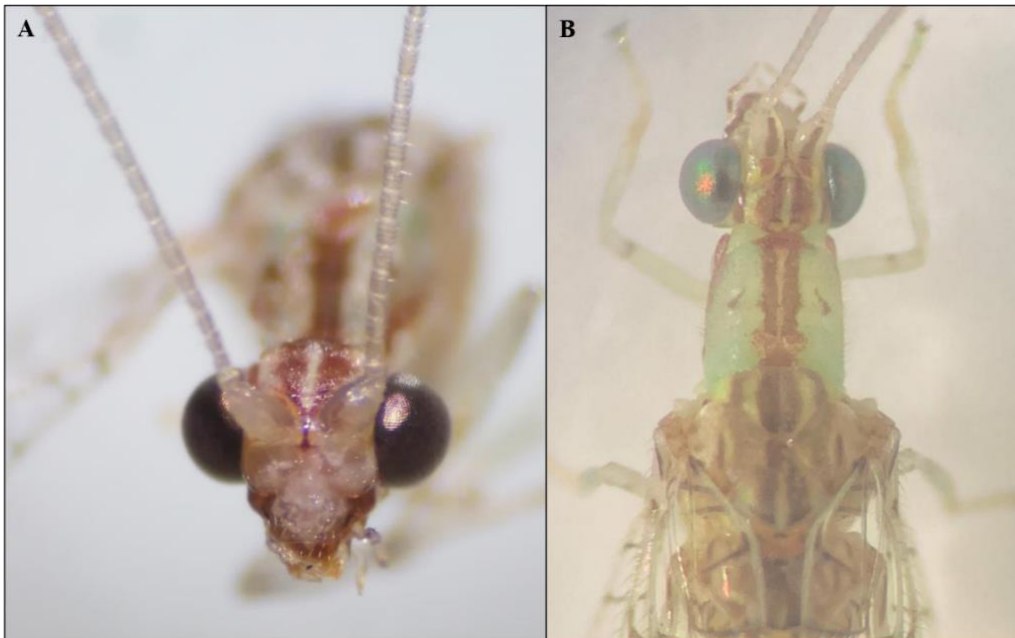
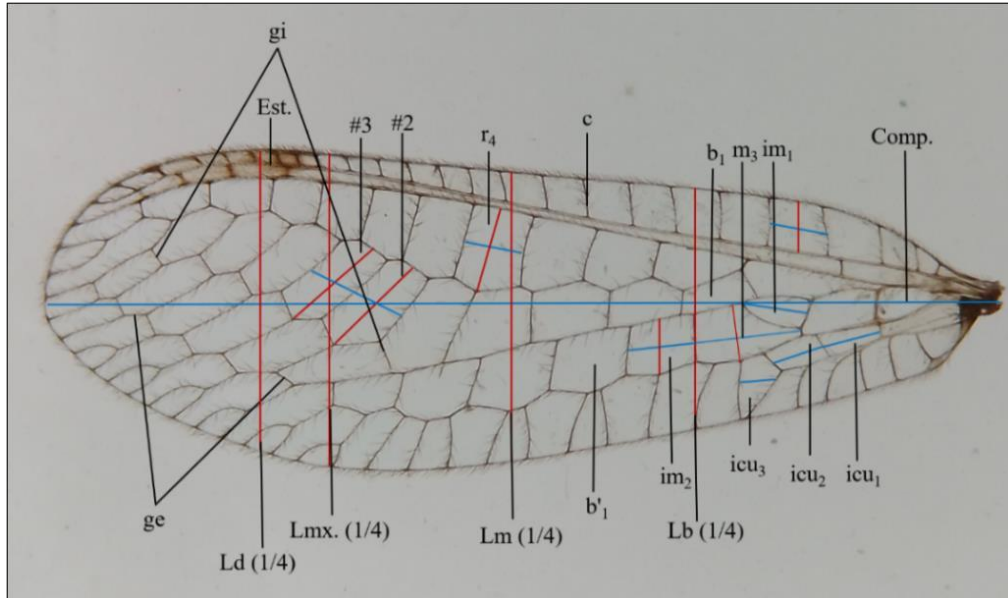
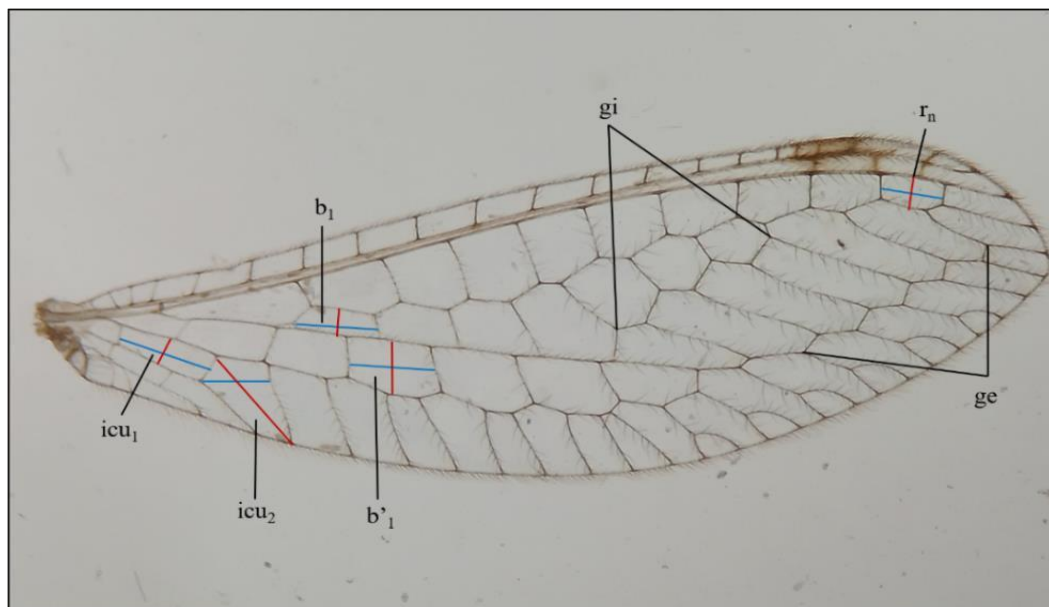


Figura 2



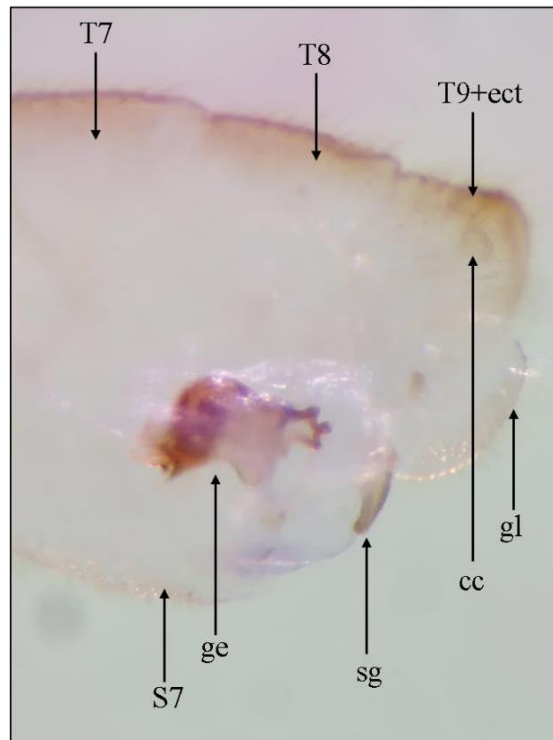
Abreviações: **b#**, células Banksianas superiores; **b'#**, células Banksianas inferiores; **C**, comprimento total (azul); **c**, veia transversal costal; **Est.**, Estigma; **gi**, gradiformes internas; **ge**, gradiformes externas; **icu₁₋₃**, células intracubitais; **im#**, células intramedianas; **Lb (1/4)**, largura da margem basal (vermelho); **Ld (1/4)**, largura da margem distal (vermelho); **Lm (1/2)**, largura mediana (vermelho); **Lmx**, largura máxima (vermelho); **m₃**, terceira célula medial; **r₄**, célula radial.

Figura 3



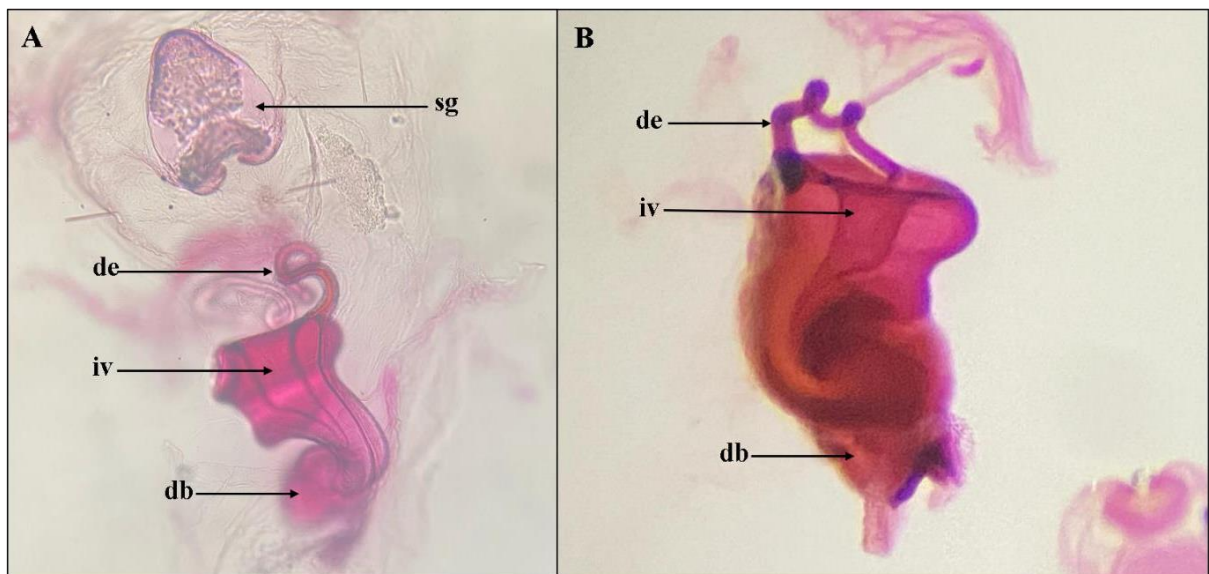
Abreviações: **b₁**, primeira célula Banksiana superior, comprimento (azul) e largura (vermelho); **b'₁**, primeira célula Banksiana inferior, comprimento (azul) e largura (vermelho); **gi**, gradiformes internas; **ge**, gradiformes externas; **icu#**, células intracubitais, comprimento (azul) e largura (vermelho); **r_n**, célula radial, comprimento (azul) e largura (vermelho).

Figura 4



Abreviações: **cc**, *callus cerci*; **ge**, genitália; **gl**, gonapófise lateral; **sg**, subgenitália; **S7**, quinto ao sétimo esternito; **T7-T8**, sétimo e oitavo tergito; **T9+ect**, nono tergito e ectoprocto (fundidos).

Figura 5



Abreviações: **db**, duto bursal; **de**, duto da espermateca; **iv**, invaginação ventral; **sg**, subgenitália.

Figura 6

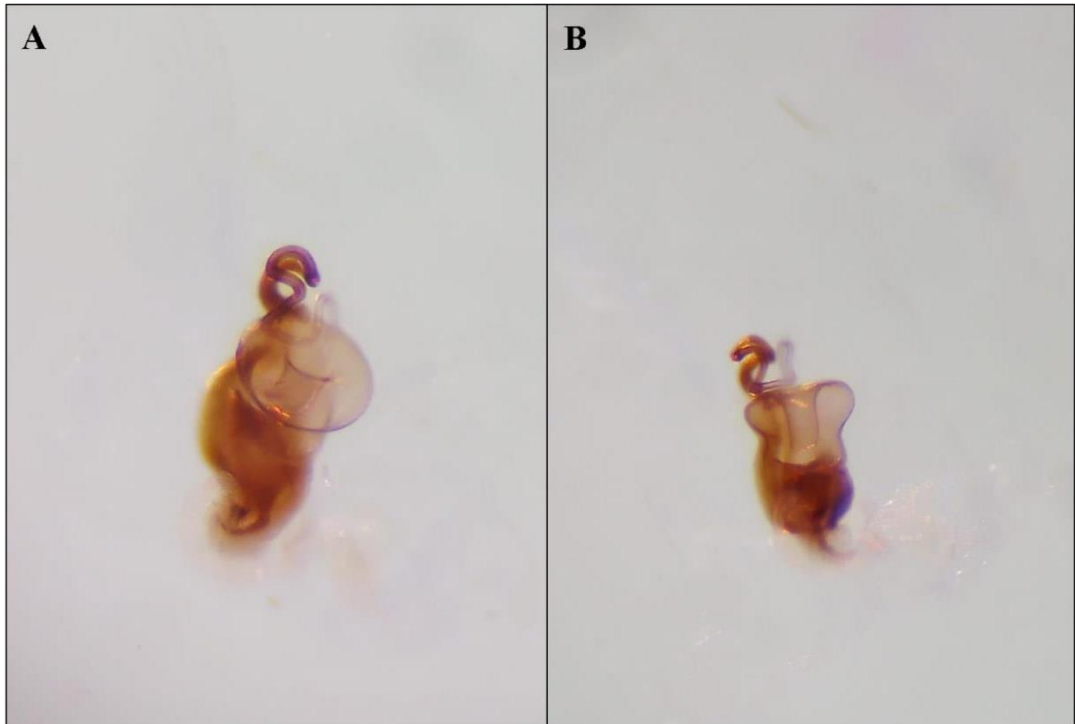
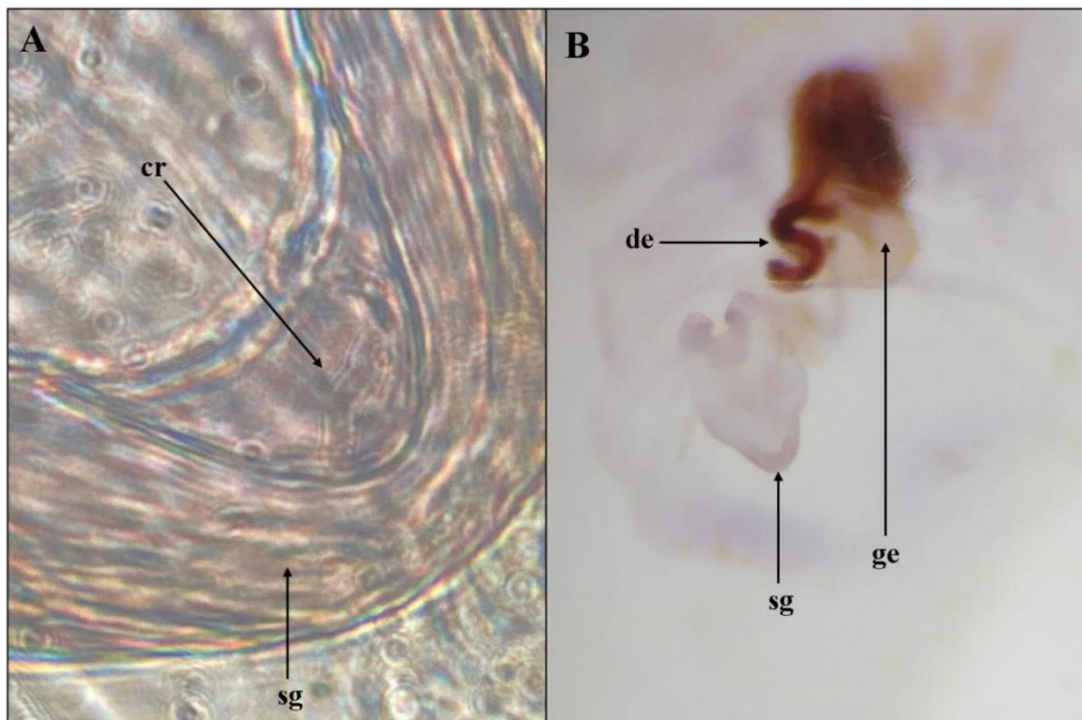


Figura 7

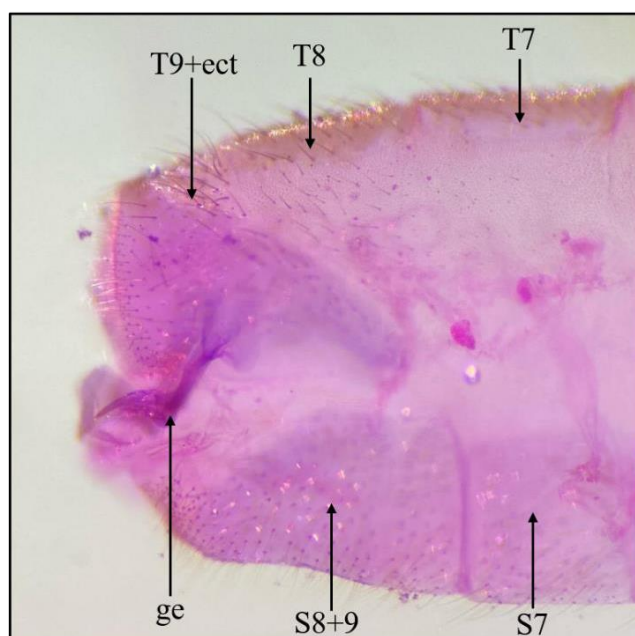


Abreviações: **cr**, crumena; **db**, duto da espermateca; **ge**, genitália; e **sg**, subgenitália.

Figura 8

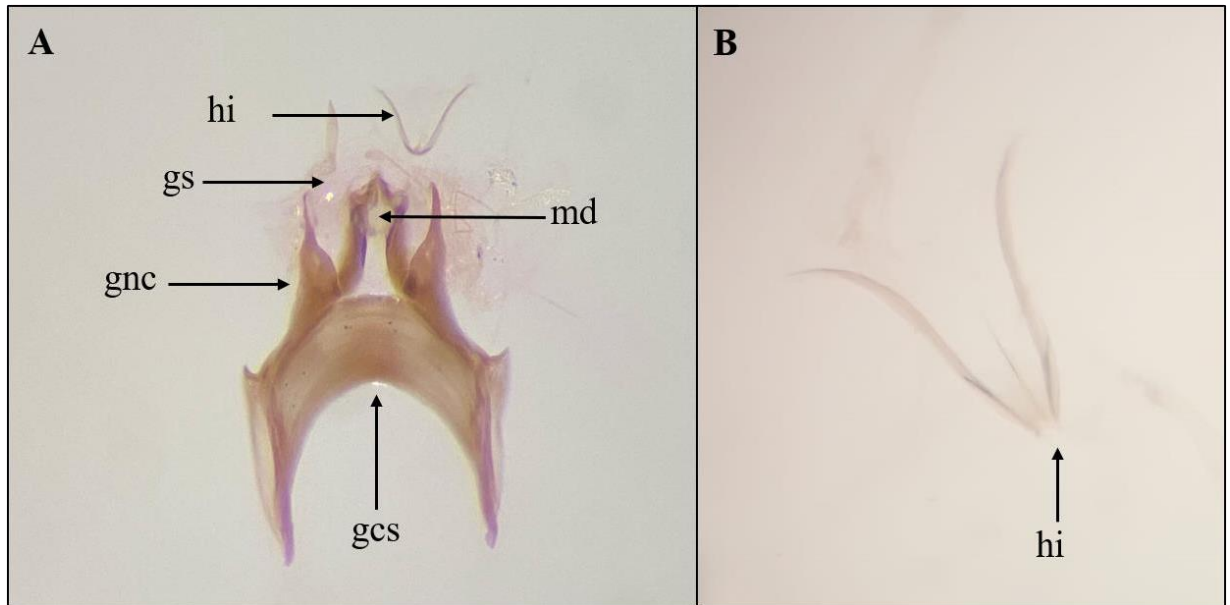


Figura 9



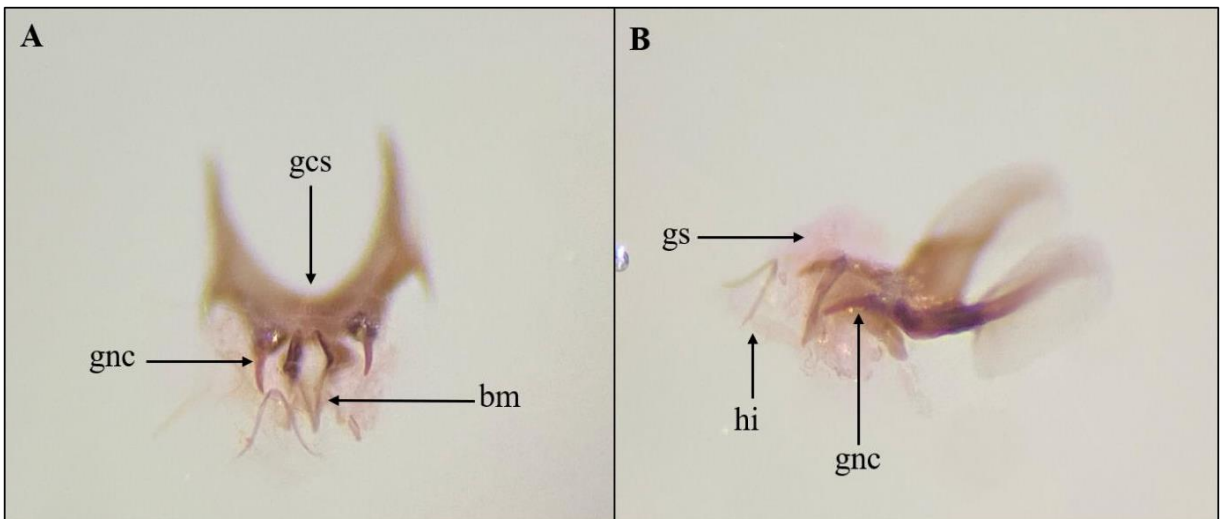
Abreviações: **ge**, genitália; **gl**, gonapófise lateral; **S8+9**, oitavo e novo esternito (fundidos); **S7**, sétimo esternito; **T7-T8**, sétimo e oitavo tergito; **T9+ect**, nono tergito e ectoprocto (fundidos).

Figura 10



Abreviações: **hi**, *hypandrium internum*; **gs**, *gonosaccus*; **gnc**, *gonocornus*; **gcs**, *gonarcus*; **md**, *mediuncus*.

Figura 11



Abreviações: **hi**, *hypandrium internum*; **gs**, *gonosaccus*; **gnc**, *gonocornus*; **gcs**, *gonarcus*; **bm**, bico do *mediuncus*.

Figura 12

Tabela 1. Indicadores morfométricos das asas anteriores de machos e fêmeas de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀).

Indicador morfométrico	<i>L. (N.) vittata</i>			
	Intervalo de variação (mm)			
	Asa anterior direita		Asa anterior esquerda	
	♂ (n=10)	♀ (n=10)	♂ (n=10)	♀ (n=10)
Comprimento	12,64-14,26	12,30-14,06	12,60-14,00	12,59-14,45
Largura 1/4 basal	2,93-3,49	2,89-3,51	2,84-3,39	2,87-3,50
Largura 1/4 distal	4,00-4,62	4,00-4,65	4,02-4,69	4,01-4,82
Largura 1/2 da asa	3,81-4,36	3,73-4,35	3,72-4,37	3,74-4,58
Largura máxima	4,18-4,66	4,19-4,80	4,12-4,79	4,14-5,04
Razão comprimento/largura	2,90-3,06	2,94-3,07	2,88-3,11	2,75-3,05
Comprimento im ₁	0,79-0,98	0,76-0,95	0,77-0,92	0,78-0,98
Comprimento icu ₁	0,75-0,91	0,83-0,89	0,76-0,91	0,79-0,97
Comprimento icu ₂	0,65-0,80	0,69-0,82	0,64-0,82	0,75-0,84
Comprimento icu ₃	0,53-0,72	0,43-0,67	0,59-0,71	0,61-0,71
Comprimento im ₂	0,68-0,97	0,80-0,98	0,85-0,96	0,85-1,02
Largura im ₂	0,72-0,86	0,69-0,86	0,72-0,83	0,68-0,91
Comprimento m ₃	1,37-1,81	1,38-1,68	1,37-1,61	1,40-1,60
Largura m ₃	0,74-0,86	0,72-0,86	0,62-0,85	0,75-0,90
Comprimento r ₄	0,78-0,89	0,83-0,90	0,75-1,04	0,82-1,68
Largura r ₄	1,30-1,34	1,10-1,34	1,03-1,24	0,58-1,33
Comprimento #2	1,33-1,58	0,71-0,81	1,29-1,56	0,72-0,79
Largura #2	0,71-0,78	1,37-1,66	0,65-0,80	1,36-1,69
Comprimento #3	1,32-1,61	0,64-0,70	1,33-1,62	0,62-0,73
Largura #3	0,65-0,71	1,30-1,64	0,62-0,71	1,36-1,68
Nº veias costais	21-26	22-26	21-26	22-26
Área radial	9-11	10-11	9-11	9-11
Nº b ₁	4	4	4	4
Nº b' ₁	4	4	3-4	4
g.i	5-6	5-6	5-6	6
g.e	5-7	7-8	6-7	6-7

Abreviações: Área radial: nº de células radiais; b: célula Banksiana superior; b': célula Banksiana inferior; gi: gradiformes internas; ge: gradiformes externas; im₂: 2ª célula intramediana; m₃: 3ª célula mediana; icu #1-3: 1ª, 2ª e 3ª células intracubitais; r₄: maior célula radial; #2-3: comprimento da 2ª e 3ª células delimitadas por Rs e gi; im₁: primeira célula intramediana; ♂: macho; ♀: fêmea.

Tabela 2. Indicadores morfométricos das asas posteriores de machos e fêmeas de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (♂ e ♀).

Indicador morfométrico	<i>L. (N.) vittata</i>			
	Intervalo de variação (mm)			
	Asa posterior direita		Asa posterior esquerda	
	♂ (n=10)	♀ (n=10)	♂ (n=10)	♀ (n=10)
Comprimento icu ₁	0,93-1,22	0,97-1,12	0,91-1,11	0,95-1,14
Largura icu ₁	0,26-0,36	0,30-0,38	0,33-0,38	0,28-0,36
Comprimento icu ₂	0,72-0,94	0,81-1,46	0,78-0,97	0,83-1,10
Largura icu ₂	1,18-1,53	0,69-1,44	1,17-1,49	0,95-1,46
Comprimento b ₁	0,89-1,81	0,91-1,06	0,91-1,09	0,89-1,13
Largura b ₁	0,31-0,41	0,32-0,44	0,29-0,39	0,31-0,43
Comprimento b' ₁	0,92-1,05	0,90-1,08	0,91-1,05	0,86-1,08
Largura b' ₁	0,59-0,69	0,58-0,68	0,34-0,68	0,60-0,66
Comprimento r ₉	0,59-1,19	0,70-1,81	0,47-1,20	0,50-1,12
Largura r ₉	0,33-0,51	0,38-0,53	0,31-0,49	0,33-0,52
g.i	3-5	3-4	3-4	3-4
g.e	5-6	5-6	5-6	5-6
n° b ₁	3	3	3	3
n° b' ₁	3	3	3	3

Abreviações: b: célula Banksiana superior; b': célula Banksiana inferior; gi: gradiformes internas; ge: gradiformes externas; icu #1-2: 1^a e 2^a células intracubitais; r₉: última célula radial; ♂: macho; ♀: fêmea.

ANEXO

Descrição do holótipo de *Leucochrysa (Nodita) vittata* Freitas & Penny (2001).

Leucochrysa (Nodita) vittata Freitas & Penny 2001: 310 [descrição]

Tipo: Holótipo - fêmea, depositado no Museu de Zoologia/USP (MZUSP), São Paulo, Brasil, rotulado “Rib. Preto, SP, 02/11/91, Vieira, D. A.”

Diagnose (♀): Esta espécie tem uma aparência bastante atípica para este subgênero. Normalmente, quaisquer marcas escuras do pronoto têm a forma de listras e manchas laterais, às vezes acompanhadas de listras oblíquas. As listras submediais do pronoto parecem ser exclusivas desta espécie. Em muitos aspectos, *L. (N.) vittata* se assemelha a *L. (N.) scomparini* com listras submediais mais estendidas e exageradas. Ambas as espécies têm extensas manchas escuras na cabeça e no mesonoto. Um escurecimento mais extenso das listras abdominais encontrado em *L. (N.) vittata* criaria a condição observada em *L. (N.) scomparini*. No entanto, existem algumas diferenças significativas entre as espécies. O metaescutelo de *L. (N.) vittata* é pálido, enquanto o de *L. (N.) scomparini* é escuro. A faixa escura do escapo é dorsolateral em *L. (N.) scomparini* e dorsomedial em *L. (N.) vittata* enquanto *L. (N.) scomparini* tem uma mancha medial adicional. As diferenças mais distintas estão na genitália feminina, onde *L. (N.) scomparini* tem uma espermoteca com botão bem enrolado e ducto não glandular, enquanto *L. (N.) vittata* tem uma espermoteca maior e sem nó e um ducto espermático glandular. *Leucochrysa (N.) vittata* também possui uma série de gradiformes internas, da asa posterior, que percorre próximo ao setor radial, enquanto a de outras espécies é mais equidistante entre Rs e as nervuras gradiformes externas. O nome “vittatus” vem do latim *vitta* que significa fita, faixa ou listra e *atus*, referindo-se ao número incomum de listras marrons na cabeça e no tórax.

Cabeça: Verde pálido. Gena marrom. Fronte pálida, sem manchas. Palpos maxilar e labial pálidos (figura 15 A, D). Vértice pálido com par de listras paralelas escuras surgindo na área medial, afilando ântero-medialmente para a ponta entre as bases das antenas; par lateral de listras escuras ao longo da margem dos olhos até a margem posterior do vértice. Escapo com

faixa marrom dorso-medial continuando brevemente na fossa; pedicelo e flagelo pálidos.

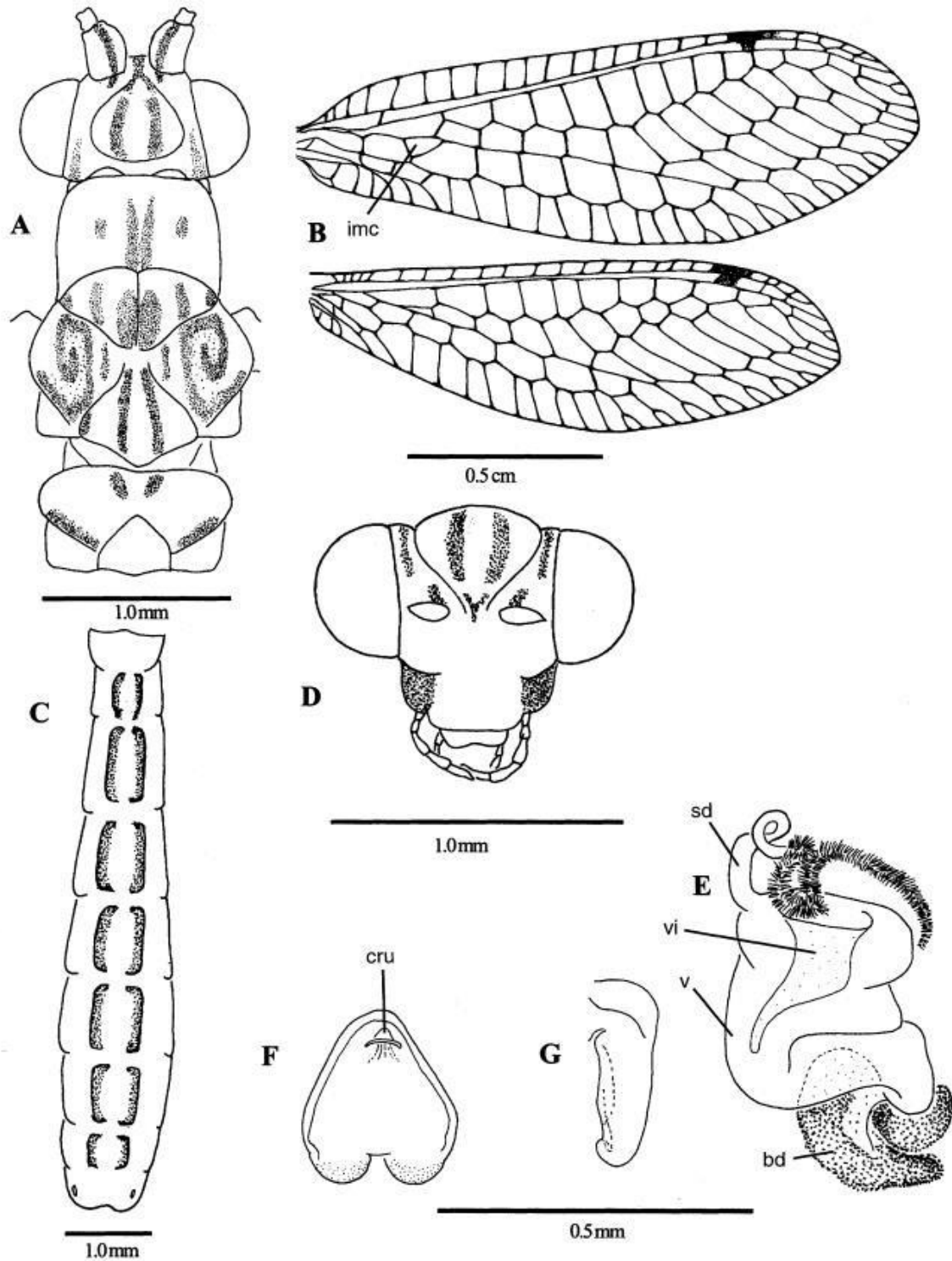
Tórax: Pronoto com listras marrons submediais e pequena mancha lateral de cada lado, a meio caminho da margem posterior. Mesoprescuto com três marcas escuras em cada lado, continuadas no mesoscuto e mesoescutelo, que possuem faixas laterais adicionais. Metanoto pálido com par submedial de manchas escuras e faixa escura oblíqua pósterolateral. Pleura e metacoxas marrons, metafêmur pálido, castanho, faixas marrons apicalmente (figura 15 A, D).

Asas: Pterostigma de ambas as asas escuro na base. Venação verde, exceto junções das dez primeiras veias transversais costais e todas as veias transversais distais, veias transversais radiais distais ao estigma, veias longitudinais na junção com as veias transversais e três células de Rs no comprimento médio escuras. Gradiformes (interna e externa) paralelas nas asas anteriores. Venação das asas posteriores marcada como nas asas anteriores. Série de gradiformes internas mais próxima do setor radial (Rs) do que nas asas anteriores (figura 15 B). Comprimento da asa anterior (1,59 cm): largura (0,53 cm) = proporção (3,00). Comprimento da asa posterior (1,43 cm): largura (0,43 cm) = proporção (3,33).

Abdome: Verde pálido. Tergitos 2-8 com par de listras marrons submediais (figura 15 C). Fêmea: Espermateca curta, larga, com constrição entre as câmaras superior e inferior; região da vela levemente esclerotizada, moderadamente curta; impressão ventral curta. Duto da espermateca largo, suavemente ondulado e com paredes glandulares; mais longo que a espermateca. Bursa pequena. Glândula acessória bursal não visualizada. Subgenitália amplamente arredondada, lobos dorsais profundamente incisados medialmente; lobo pósteromedial com amplo recuo e lábio transversal (figura 15 E, F, G).

Material examinado: Conhecido apenas pelo holótipo.

Figura 13. *Leucochrysa (Nodita) vittata*, nova espécie. A. Cabeça e tórax, vista dorsal; B. Asas; C. Abdome, vista dorsal; D. Cabeça, vista frontal; E. Espermateca; F. Subgenitália, vista dorsal; G. Subgenitália, vista lateral.



Fonte: Freitas & Penny (2001)