

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOTECNIA

TESE

**Acessibilidade de Polens de Fabaceae e Poaceae e
Adequabilidade como Alimento para *Chrysoperla
externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae)**

Vinicius José Fernandes

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ACESSIBILIDADE DE POLENS DE FABACEAE E POACEAE E
ADEQUABILIDADE COMO ALIMENTO PARA *Chrysoperla externa*
(Hagen) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

VINICIUS JOSÉ FERNANDES

*Sob a Orientação da Professora
Elen de Lima Aguiar Menezes*

*e Co-orientação do Professor
José Guilherme Marinho Guerra*

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em**
Fitotecnia, no Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia.

Seropédica, RJ
Março de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F363a Fernandes, Vinicius José, 1981-
 Acessibilidade de Polens de Fabaceae e Poaceae e
 Adequabilidade como Alimento para *Chrysoperla externa*
 (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) / Vinicius José
 Fernandes. Petrópolis, 2023.
 144 f.: il.

Orientadora: Elen de Lima Aguiar Menezes.
Coorientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Crisopídeo. 2. Polinivoria. 3. Leguminosas e
Gramíneas. 4. Controle biológico conservativo. 5.
Princípios agroecológicos. I. Menezes, Elen de Lima
Aguiar, 1967, orient. II. Guerra, José Guilherme
Marinho, 1958, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. IV. Título.

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
Superior – Brazil (CAPES) – Finance Code 001.



HOMOLOGAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO Nº 14/2023 - DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)

Nº do Protocolo: 23083.053825/2023-54

Seropédica-RJ, 15 de agosto de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

VINICIUS JOSÉ FERNANDES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Fitotecnia**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

TESE APROVADA EM 17/03/2023.

BANCA EXAMINADORA:

Elen de Lima Aguiar Menezes (Orientador). Dr. UFRRJ

Cláudia Barbieri Ferreira Mendonça. Dr. Museu Nacional/UFRJ

Walter José Rodrigues Matrangolo. Dr. Embrapa Milho e Sorgo

Jarbas Marçal de Queiroz. Ph.D. UFRRJ

André Luis Santos Resende. Dr. UFRRJ

(Assinado digitalmente em 15/08/2023 15:53)
ANDRE LUIS SANTOS RESENDE
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptEF (12.28.01.00.00.49)
Matrícula: ####413#1

(Assinado digitalmente em 15/08/2023 13:18)
ELEN DE LIMA AGUIAR MENEZES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptEF (12.28.01.00.00.49)
Matrícula: ####238#4

(Assinado digitalmente em 16/08/2023 21:56)
JARBAS MARCAL DE QUEIROZ
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)
Matrícula: ####563#1

(Assinado digitalmente em 15/08/2023 14:25)
CLAUDIA BARBIERI FERREIRA MENDONÇA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.####.697-##

(Assinado digitalmente em 15/08/2023 13:12)
WALTER JOSÉ RODRIGUES MATRANGOLO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.####.356-##

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Olorum (Deus) e Oxalá (Jesus) por sempre confiarem em mim, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Agradeço aos meus guias protetores.

Aos meus pais Lucilea Candú Fernandes e Paulo Cesar Fernandes e irmão Carlos Henrique Fernandes, pela confiança, incentivo e carinho, que foram e são importantes desde o início da minha formação pessoal. Minha eterna gratidão.

Aos meus filhos Amora, Carlos Wilson e Aimée (Gatinhos), que sempre me acompanham na hora de estudar e nas horas que as minhas energias estavam descarregadas.

À minha esposa Barbara Rauta de Avelar, pelas várias ajudas nas montagens e avaliações dos experimentos, desde o início do meu doutorado. Por me dar amor, carinho, forças e apoio sempre que preciso. Obrigado por fazer parte da minha vida. Amo, você.

Aos discentes de graduação Jéssica, Aline e Robson que ajudaram na condução dos experimentos em meio a pandemia da Covid-19 e pós-pandemia, tornando os trabalhos menos exaustivo do que seria sem a ajuda deles.

Ao meu amigo Thiago Sampaio, que me ajudou na condução e ideias dos experimentos desde meu mestrado, pelas boas conversas e sempre disposto a me ajudar quando eu precisava.

À Caroline Rosa Cabral Ferreira, assistente de laboratório do Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP) do Departamento de Entomologia e Fitopatologia (DEnF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) (campus Seropédica, RJ), pela ajuda na criação dos crisopídeos antes e pós-pandemia da Covid-19, e agradáveis conversas.

Aos meus amigos Sr. Ary Santiago (auxiliar de agropecuária) e ao Sr. João (empresa terceirizada), do DEnF/UFRRJ no plantio, irrigação e capinas na área de cultivo das plantas objeto desse trabalho nos momentos pós-pandemia, tornando menos árdua essas tarefas.

Ao Dr. Caleb Califre Martins (Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, MA, Brasil) por sua disponibilidade, gentileza e atenção na identificação conclusiva do crisopídeo objeto do estudo (*Chrysoperla externa*).

À Dr^a. Janaina Ribeiro Costa Rouws (pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ) pela atenção, cordialidade, paciência e ajuda nas análises estatísticas que se fizeram necessárias, particularmente nos experimentos que envolveram modelagem dos dados.

Ao Dr. Segundo Sacramento Urquiaga Caballero (pesquisador da Embrapa Agrobiologia) pelas disponibilidades de colaboração na melhoria desse trabalho, particularmente no capítulo III, que sem sua colaboração não seria possível concretizar os estudos que envolveram análise isotópica.

Aos técnicos Eder Ferreira de Oliveira (Laboratório de Química Agrícola, Embrapa Agrobiologia), Roberto Gregio de Souza e Renato Moutinho da Rocha (Laboratório de Isótopos Estáveis John Day, Embrapa Agrobiologia), que se dispuseram em auxiliar nas análises dos elementos químicos e isótopos estáveis.

Ao Professor Dr. Eurípedes Barsanulfo Menezes, pela orientação desde minha graduação até o mestrado, por participar da equipe de controle de pragas na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) (campus Seropédica, RJ), pelos ensinamentos além da entomologia, por me ensinar a ter mais confiança, encarar as dificuldades da vida e por sua amizade.

A minha orientadora, Dr^a. Elen de Lima Aguiar Menezes (UFRRJ/IB/DEnF/CIMP), pela orientação nesta longa caminhada, por sua enorme paciência comigo, ao carinho por mim, aos grandes ensinamentos, aos apoios quando mais precisei, pela dedicação, responsabilidade como docente e pela grande amizade. Eterna gratidão.

Ao meu coorientador, Dr. José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ), pelo carinho, incentivo, ensinamentos e o grande apoio para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (UFRRJ) (campus Seropédica, RJ) e a todos os docentes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro (CAPES - Código de Financiamento 001) e pela concessão de bolsa de estudo de doutorado, sem a qual teria sido bem mais difícil chegar até aqui!

Eu não teria chegado aonde cheguei sem a ajuda de meu Deus
Pois sei que ele guia cada passo meu.

RESUMO GERAL

FERNANDES, Vinicius José. **Acessibilidade de polens de Fabaceae e Poaceae e adequabilidade como alimento para *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae).** 2023. 144p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Dentro dos princípios agroecológicos, os agroecossistemas devem privilegiar plantas de usos múltiplos e que otimizem processos biológicos. Fabaceae e Poaceae são reconhecidas como plantas para produção de fitomassa, plantas de cobertura do solo e adubos verdes, mas o potencial como plantas atrativas aos agentes de controle biológico (ACB) tem sido pouco explorado. As plantas atrativas podem prover abrigo e/ou fontes de alimento (e.g., pólen e néctar) para os ACB. *Chrysoperla externa* é um ACB nativo da região Neotropical, com larvas predadoras de artrópodes fitófagos e os adultos se alimentam de pólen e néctar, embora as larvas possam ser também polinívoras. A disponibilidade de flores provedoras desses recursos para *C. externa* devem, portanto, desempenhar um importante papel na conservação desse crisopídeo. Todavia, nem todas as flores possuem morfologia que permite o acesso dos insetos entomófagos ao pólen, cuja composição química pode afetar a biologia desses insetos. A assimilação de carbono dos pólenes pelas larvas de *C. externa* ainda não foi registrada. Essas questões foram avaliadas e cujos resultados foram apresentados em três capítulos. No capítulo I, avaliou-se a acessibilidade dos polens de quatro espécies de Fabaceae [*Cajanus cajan* – guandu (GU), *Canavalia ensiformis* – feijão-de-porco (FP), *Crotalaria juncea* – crotalária (CR), *Flemingia macrophylla* – flemingia (FL)] e de quatro espécies de Poaceae [*Avena strigosa* – aveia-preta (AP), *Pennisetum glaucum* – milheto (MT), *Sorghum bicolor* – sorgo (SO) e *Zea mays* – milho (MO)] aos adultos, quando confinados com as flores e se há seleção entre os polens com base na quantidade de grãos de pólen consumidos e nas características dos polens (padrões de abertura, ornamentação e espessura da exina, tamanho dos polens e conteúdo de proteína bruta). Os adultos foram capazes de acessar os polens nas flores de CR, FP e todas as Poaceae. Observou-se ainda que, quando confinados com os polens extraídos das anteras, os adultos consumiram mais polens de MO, MT e SO do que os polens de CR e FP, sendo que as características morfológicas e nutricionais dos polens não governaram essa escolha. No capítulo II, avaliaram-se os efeitos do consumo dos polens de MO, MT, SO, CR e FP ofertados separadamente ou em mistura de uma espécie de Poaceae com uma espécie de Fabaceae (dietas dipolínicas), na biologia dos adultos em comparação à dieta padrão (levedo de cerveja e mel), à água e à solução de mel (50%). Os parâmetros biológicos dos adultos (longevidade e peso de macho e fêmea, período de pré-oviposição, período de oviposição, fecundidade, taxa de fecundidade e viabilidade dos ovos) alimentados com dietas com polens de MO, MT, SO, CR e FP, separadamente ou em mistura, se equiparam ao se alimentar com a dieta padrão. O capítulo III objetivou avaliar os efeitos das dietas monopolínicas de Fabaceae e Poaceae no desenvolvimento da larva de *C. externa*, com ou sem presa, e determinar a assimilação de carbono a partir dessas dietas. Os resultados obtidos mostraram que a onivoria é um hábito alimentar possível nas larvas carnívoras de *Chrysoperla externa*, quando na ausência de presa, sendo que, nessa condição, os polens de *P. glaucum* e *Z. mays* podem garantir a sobrevivência, o crescimento e o desenvolvimento dos três instares e da pupa desse crisopídeo em condições de laboratório. No geral, conclui-se que *P. glaucum*, *Z. mays* e *C. juncea* se mostram mais promissoras como plantas insetárias fornecedoras de polens tanto para os adultos e as larvas de *C. externa*.

Palavras-chave: Crisopídeo. Polinivoria. Leguminosas. Gramíneas. Controle biológico conservativo. Princípios agroecológicos.

GENERAL ABSTRACT

FERNANDES, Vinicius José. **Accessibility of Fabaceae and Poaceae pollen and suitability as food for *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae)**. 2023. 144p. Thesis (Doctor in Crop Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

According to agroecological principles, agroecosystems should favor plants with multiple uses that optimize biological processes. Fabaceae and Poaceae are recognized as plants for the production of phytomass, ground cover plants and green manures, but their potential as plants attractive to biological control agents (ACB) has been little explored. The attractive plants can provide shelter and/or food sources (e.g., pollen and nectar) for the CBA. *Chrysoperla externa* is a CBA native to Neotropical region, with larvae that prey on phytophagous arthropods and the adults feed on pollen and nectar, although the larvae can also be pollinivorous. The availability of flowers that provide these resources for *C. externa* should, therefore, play an important role in the conservation of this lacewing. However, not all flowers have a morphology that allows access by entomophagous insects to pollen, whose chemical composition can affect the biology of these insects. The assimilation of carbon from pollens by *C. externa* larvae has not yet been recorded. These questions were evaluated and the results were presented in three chapters. These evaluations were carried out in the laboratory and the results were presented in three chapters. In the Chapter I, we evaluated the accessibility of pollens from four Fabaceae species [*Cajanus cajan* – pigeonpea (GU), *Canavalia ensiformis* – jack bean (FP), *Crotalaria juncea* – sunn hemp (CR), *Flemingia macrophylla* – flemingia (FL)] and four species of Poaceae [*Avena strigosa* – black oat (AP), *Pennisetum glaucum* – millet (MT), *Sorghum bicolor* – sorghum (SO) and *Zea mays* – maize (MO)] to adults, when confined with flowers and whether there is selection among pollens based on the amount of pollen grains consumed and pollen characteristics (opening patterns, ornamentation and exine thickness, pollen size and crude protein content). Adults were able to access pollen in flowers of CR, FP and all Poaceae. It was also observed that, when confined with pollens extracted from anthers, adults consumed more MO, MT and SO pollens than CR and FP pollens, and the characteristics of the pollens did not govern this choice. In the Chapter II, the effects of consumption of pollens of MO, MT, SO, CR and FP offered separately or in a mixture of a species of Poaceae with a species of Fabaceae on the biology of adults were evaluated in comparison with the standard diet (50% brewer's yeast: 50% honey), water and honey solution (50%). The biological parameters of adults (longevity and weight of male and female, pre-oviposition period, oviposition period, fecundity, oviposiotn rate and viability of eggs) fed diets with pollens of MO, MT, SO, CR and FP, separately or in mixture, are equivalent to eating the standard diet. The Chapter III aimed to evaluate the effects of diets of pollen from Fabaceae and Poaceae on the development of *C. externa* larvae, with or without prey, and to determine carbon assimilation from these diets. The results obtained showed that omnivory is a possible feeding habit in the carnivorous *C. externa* larvae, when in the absence of prey, and in this condition, the pollens of *P. glaucum* and *Z. mays* can guarantee the survival, growth and development of the three instars and of the pupa of this lacewing under laboratory conditions. Overall, it is concluded that *P. glaucum*, *Z. mays* and *C. juncea* show more promise as pollen-providing insectary plants for both adults and larvae of *C. externa*.

Key words: Chrysopid. Pollinivory. Legumes. Grasses. Conservation biological control. Agroecological principles.

ÍNDICE DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. (A) Adulto (fêmea) de parasitoide Braconidae (Hymenoptera) visitando inflorescência de endro (<i>Anethum graveolens</i> , Apiaceae) na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Seropédica, RJ), e (B) Adultos de Syrphidae (Diptera) visitando flores de camomila (<i>Matricaria tinctoria</i> , Asteraceae) em área de produtores de plantas aromáticas (Seropédica, RJ) (Fotos: Elen L. Aguiar-Menezes).....	7
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae): (A) ovo pedicelado, (B) 1º, 2º e 3º instar larval (da esquerda para direita, respectivamente), (C) casulo de seda (fase de pupa), (D) adulto recém-emergido (ou teneral) e (E) adulto bem formado, com suas asas estendidas (Fotos do autor).....	10
Figura 3. Feijão-de-porco, <i>Canavalia ensiformis</i> (Fabaceae). (A) Inflorescência com botões florais fechados e algumas flores abertas (ADI, 2012), (B) Vista aproximada da flor (Foto do autor).....	16
Figura 4. Grão de pólen de feijão-de-porco, <i>Canavalia ensiformis</i> (Fabaceae) (Foto do autor).....	17
Figura 5. Guandu, <i>Cajanus cajan</i> (Fabaceae). (A) Racemo terminal com as flores (Autor: Elen L. Aguiar-Menezes), (B) Flor em vista aproximada, sendo visitada por abelha do gênero <i>Centris</i> , com as pernas posteriores (escopa) encostando nos estames (HUNI, 2023).....	17
Figura 6. Grãos de pólen de guandu, <i>Cajanus cajan</i> (Fabaceae). (A) Vista polar, (B) Vista equatorial, (C) Detalhe da ornamentação da exina (RCPOL, 2023a).....	18
Figura 7. Crotalária, <i>Crotalaria juncea</i> (Fabaceae). (A) Inflorescência (Foto do autor), (B) Tipo de anteras (elongadas e arredondadas) (RICCI, 2017), (C) Abelha <i>Xylocopa frontalis</i> visitando a flor em busca de néctar, e ao pousarem na quilha, liberando os grãos de pólen, os quais se aderem nas pernas anteriores e medianas e região torácica e abdominal ventral (RICCI, 2017).....	18
Figura 8. Grãos de pólen de crotalária, <i>Crotalaria juncea</i> (Fabaceae). (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Características gerais: Ap = Apocolpo (região polar microperfurada), F = Intina (contínuo), Is = Infrateto (columelar), T = Tecto; barra = 2 µm (LIN & HUANG, 1999).....	19
Figura 9. Flemingia, <i>Flemingia macrophylla</i> (Fabaceae). (A) Inflorescência, (B) vista aproximada das flores (Autor das fotos: Dinesh Valke) (RAO et al., 2019).....	20
Figura 10. Grãos de pólen de flemingia, <i>Flemingia macrophylla</i> (Fabaceae). (A) Vista polar em microscópio ótico (Foto do autor), (B) Vista polar em microscopia eletrônica de varredura (OHASHI et al., 2005).....	20
Figura 11. Aveia-preta, <i>Avena strigosa</i> (Poaceae). (A) Planta em floração (Foto do autor), (B) Desenho da planta, com suas flores (KOPS, 1881).....	21
Figura 12. Grão de pólen de aveia-preta, <i>Avena strigosa</i> (Poaceae). (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Vista do poro, (C) Ornamentação da exina (microequinada) (RCPOL, 2023b).....	22
Figura 13. Milheto, <i>Pennisetum glaucum</i> (Poaceae). (A) Panículas aderidas à planta, (B) Panículas colhidas e inclinadas sobre bandeja forrada com papel para coleta de pólen em laboratório (Fotos do autor).....	22
Figura 14. Grão de pólen de milheto, <i>Pennisetum glaucum</i> (Poaceae). (A) Vista polar (Foto do autor) (microscópio ótico), (B) Vista subpolar, (C) Abertura do grão de pólen (B e C, microfotografias por microscópio de varredura) (NEHA & KALKAR, 2010).....	23

Figura 15. Sorgo, <i>Sorghum bicolor</i> (Poaceae). (A) Planta de sorgo “vassoura” exibindo a panícula em pré-florescimento (seta) (Foto do autor), (B) Plantio de sorgo “vassoura” consorciado com crotalária na Fazendinha Agroecológica do Km 47 (Seropédica, RJ) (Foto: Elen L. Aguiar-Menezes), (C) Adulto de sirfídeo (<i>Toxomerus politus</i>) sobre flores de sorgo (anteras visíveis), possivelmente coletando o pólen (HARRIS-SHULTZ et al., 2022).....	23
Figura 16. Grão de pólen de sorgo, <i>Sorghum bicolor</i> . (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Micrografia da ornamentação da exina (insular) em microscópio eletrônico de varredura (CHATURVEDI et al., 1994).....	24
Figura 17. Inflorescência masculina (panícula) do milho, <i>Zea mays</i> (Poaceae). (A) Panícula emergindo entre as folhas, (B) Vista aproximada da panícula, exibindo os estames (Fotos do autor).....	24
Figura 18. Grão de pólen de milho, <i>Zea mays</i> (Poaceae). (A) Fotomicrografia em vista polar (Foto do autor), (B) eletromicrografia do detalhe do poro , (C) eletromicrografia da ornamentação da exina (MORGADO et al., 2015).....	25
Figura 19. Grãos frescos de pólen de milho, <i>Zea mays</i> (Poaceae). Fotografia feita com o microscópio digital KeyenceVHX 600 (aumento de 200x) (BUJANG et al., 2021).....	25

CAPÍTULO I

Figura 1. Características inerente ao adulto de <i>Chrysoperla externa</i> . (A) presença de cabeça com genas de cor vermelha (apontadas com seta branca) e (B) asa anterior com célula intramediana curta com laterais curvas (Fotos do autor).....	50
Figura 2. Gaiola de PVC para a criação de adultos de <i>Chrysoperla externa</i> : (A) vista externa e (B) interior da gaiola (parede revestida com papel branco) com os adultos e a dieta (indicada com seta vermelha) (Fotos do autor).....	50
Figura 3. Gaiolas de polietileno usadas na oferta de cada espécie de flor aos adultos de <i>Chrysoperla externa</i> em condições de laboratório (Foto do autor).....	51
Figura 4. Vista aproximada em microscópio estereoscópico (ampliação em 40x) de um adulto dissecado de <i>Chrysoperla externa</i> (Foto do autor).....	52
Figura 5. Coleta de grãos de pólen a partir das panículas do milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>) (Foto do autor).....	52
Figura 6. Gaiola de PVC usada na oferta dos polens extraídos das anteras aos adultos de <i>Chrysoperla externa</i> em condições de laboratório. (A) Vista externa das gaiolas de um tratamento (10 gaiolas por tratamento), (B) Vista interna mostrando as tampas dos tubos de centrifugação, cada uma com uma espécie de pólen (Foto do autor).....	53
Figura 7. (A) Processo de centrifugação das amostras e (B) coleta dos grãos de pólen do sedimento para montagem das lâminas e lâminas já preparadas sobre papel toalha.....	54
Figura 8. Fotomicrografia das oito espécies grãos de pólen avaliados: A. <i>Cajanus cajan</i> (guandu), B-C. <i>Canavalia ensiformis</i> (feijão-de-porco), D-E. <i>Crotalaria juncea</i> (crotalária), F-G-H. <i>Flemingia macrophylla</i> (flemingia), I. <i>Avena strigosa</i> (aveia-preta), J. <i>Pennisetum glaucum</i> (milheto), K. <i>Sorghum bicolor</i> (sorgo), L. <i>Zea mays</i> (milho). Escala de 10 micrômetros (Fotos de Claudia Barbieri F. Mendonça).....	58
Figura 9. Porcentagens de machos e fêmeas <i>Chrysoperla externa</i> com os respectivos números totais de espécies de grãos de polens recuperados do trato digestivo em relação ao número total de indivíduos de cada sexo, dentro de 24 e 48 horas de oferta desses polens, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	60

CAPÍTULO II

Figura 1. Gaiola experimental: (A) vista externa; (B) vista superior do interior exibindo a tampa do microtubo de centrifugação com amostra de pólen (a) e a tampa com chumaço de algodão (b) embebido com solução aquosa de mel, centralizada no fundo gaiola; (C) vista, através do tecido *voile*, de um adulto alimentando-se da dieta padrão oferecida na tampa do microtubo, sinalizada por uma seta vermelha (Fotos do autor).....

83

Figura 2. Croqui experimental com os tratamentos (dietas), nas parcelas: A = água, B = mistura pastosa de levedo de cerveja e mel, C = mel (solução aquosa de 50%), D = pólen 1 (*Zea mays* - MO), E = pólen 2 (*Pennisetum glaucum* - MT), F = pólen 3 (*Sorghum bicolor* - SO), G = pólen 4 (*Crotalaria juncea* - CR), H = pólen 5 (*Canavalia ensiformis* - FP), I = mistura de pólen 1 e pólen 4 (MO+CR), J = mistura de pólen 1 e pólen 5 (MO+FP), K = mistura de pólen 2 + pólen 4 (MT+CR), L = mistura de pólen 2 e pólen 5 (MT+FP), M = mistura de pólen 3 e pólen 4 (SO+CR) e N = mistura de pólen 3 e pólen 5 (SO+FP), distribuídos aleatoriamente em seis blocos (repetição) e os dois sexos (♀ = fêmea, ♂ = macho), nas subparcelas.....

85

CAPÍTULO III

Figura 1. Placa de Petri com grãos de pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*) + presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) (a), uma larva de *Chrysoperla externa* (b) e chumaço de algodão umedecido (c) (Foto do autor).....

111

Figura 2. Valores do isótopo estável carbono¹³ [δC^{13} (‰)] dos adultos de *Chrysoperla externa* oriundos das larvas no 1º instar alimentadas com apenas presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) (O), pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*) misturado com a presa (MT + O), pólen de milho (*Zea mays*) misturado com a presa (MO + O), pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) misturado com a presa (FP + O), pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*) misturado com a presa (SO + O) e pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*) misturado com a presa (CR + O).....

119

ÍNDICE DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Duração das fases de larva e pupa de <i>Chrysoperla externa</i> (média, em dias) quando suas larvas foram alimentadas desde o 1º instar com presas alternativas (ovos de mariposas) e a porcentagem de viabilidade média dessas fases em laboratório (média de 25 °C, 70% UR e fotofase de 12 horas).....	11
Tabela 2. Características reprodutivas das fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> a 25 °C ± 2 °C conforme a dieta artificial consumida pelo estágio adulto.....	12
Tabela 3. Características reprodutivas de <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) que receberam diferentes dietas alimentares (EP = erro padrão da média).....	13
Tabela 4. Biologia de adultos <i>Chrysoperla externa</i> submetidos a diferentes dietas polínicas em condições de laboratório.....	13
Tabela 5. Longevidade, amplitude de variação e parâmetros reprodutivos avaliados, valores médios (erro padrão), para <i>Chrysoperla externa</i> alimentada com diferentes dietas (temperatura a 25 ± 1°C, 70% de UR e fotofase de 12 horas).....	13
Tabela 6. Parâmetros biológicos da geração G1 de adultos de <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em função da dieta (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12 h de fotofase).....	14
Tabela 7. Longevidade e características reprodutivas de adultos F1 de <i>Chrysoperla externa</i> expostos a flores de espécies da Apiaceae em comparação à água (controle) em condições de laboratório (25 ± 1°C; 70 ± 10% UR; fotoperíodo de 12 h).....	14

CAPÍTULO I

Tabela 1. Números de grãos de pólen (média ± erro padrão) de quatro espécies de Fabaceae e quatro espécies de Poaceae consumidos por adulto de <i>Chrysoperla externa</i> a partir da oferta de suas flores recém-abertas em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	57
Tabela 2. Números de grãos de polens (média ± erro padrão) de Poaceae e Fabaceae por adulto de <i>Chrysoperla externa</i> em 24 e 48 horas após a oferta desses grãos em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	59
Tabela 3. Números de grãos de polens (média ± erro padrão) de três espécies de Poaceae e duas espécies de Fabaceae por adulto de <i>Chrysoperla externa</i> em 24 e 48 horas após a oferta desses grãos em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	60
Tabela 4. Comparação entre os números de grãos de pólen (média ± erro padrão) das cinco espécies botânicas em uma amostra de 0,5 mg e das porcentagens de conteúdo de proteína bruta (média ± erro padrão) desses polens provenientes de três repetições.....	61
Tabela 5. Comparação das características palinológicas dos grãos de pólen das cinco espécies botânica (n = 25 grãos de pólen).....	62

CAPÍTULO II

Tabela 1. Longevidade dos adultos de <i>Chrysoperla externa</i> (média ± erro padrão, em número de dias) alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo)....	86
--	----

Tabela 2. Comparação das médias, pela análise dos fatoriais embutidos, das longevidades (em número de dias) dos adultos de <i>Chrysoperla externa</i> alimentados com dietas de polens de Poaceae, misturados com polens de Fabaceae ou separados, e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	87
Tabela 3. Peso corpóreo dos adultos de <i>Chrysoperla externa</i> (média ± erro padrão, em mg), logo após sua morte natural, quando foram alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	88
Tabela 4. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, dos pesos corpóreos (média, em miligramas) de fêmeas e machos de adultos de <i>Chrysoperla externa</i> alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	88
Tabela 5. Parâmetros reprodutivos das fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético e porcentagem de viabilidade de seus ovos em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	89
Tabela 6. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, do período médio de pré-oviposição (dias após a união do casal) de fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	90
Tabela 7. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, do período médio de oviposição ¹ (dias) de fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	90
Tabela 8. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da viabilidade média dos ovos (%) depositados pelas fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	91
Tabela 9. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da fecundidade ¹ de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo)....	91
Tabela 10. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da taxa de oviposição ¹ das fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	91
Tabela 11. Conteúdo (média ± erro padrão) de água, carbono (C), nitrogênio (N), proteína bruta (PB) dos grãos de pólen de duas espécies de Fabaceae e três espécies de Poaceae, separados ou misturados, ofertados aos adultos de <i>Chrysoperla externa</i>	92
Tabela 12. Conteúdo (média ± erro padrão) dos quatro minerais dos grãos de pólen de duas espécies de Fabaceae e três espécies de Poaceae, separados ou misturados, ofertados aos adultos de <i>Chrysoperla externa</i>	93

CAPÍTULO III

Tabela 1. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 1º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).....	114
--	-----

Tabela 2. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 2º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	115
Tabela 3. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 3º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	116
Tabela 4. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> oriundos das larvas de 1º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	117
Tabela 5. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> oriundos das larvas de 2º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	117
Tabela 6. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de <i>Chrysoperla externa</i> oriundos das larvas de 3º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de <i>Ephestia kuehniella</i>) em laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).....	118
Tabela 7. Conteúdos de nitrogênio (N) total, carbono (C) total (média ± erro padrão) das dietas oferecidas ao 1º instar de <i>Chrysoperla externa</i> e seus valores isotópicos de C ¹³	119

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Controle Biológico na Agricultura	4
2.2 Plantas Floríferas Atrativas aos Insetos Entomófagos para fins de CBC	6
2.3 <i>Chrysoperla externa</i> e seu Hábito Polinívoro	9
2.4 Espécies Floríferas Avaliadas.....	15
2.4.1 Fabaceae	15
2.4.1.1 <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC (feijão-de-porco)	16
2.4.1.2 <i>Cajanus cajan</i> (L. Millsp.) (guandu)	17
2.4.1.3 <i>Crotalaria juncea</i> L. (crotalária)	18
2.4.1.4 <i>Flemingia macrophylla</i> (Willd.) Merr.	19
2.4.2. Poaceae.....	20
2.4.2.1 <i>Avena strigosa</i> Schreb. (aveia-preta)	21
2.4.2.2 <i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br. (milheto).....	22
2.4.2.3 <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench (sorgo).....	23
2.4.2.4 <i>Zea mays</i> L. (Poaceae) (milho).....	24
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO I.....	44
CONSUMO DE POLENS DE FABACEAE E POACEAE PELOS ADULTOS DE <i>CHRYSOOPERLA EXTERNA</i> (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) QUANDO OFERTADOS COM E SEM FLORES EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO¹.....	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 Espécies de Plantas Avaliadas: Plantio, Obtenção das Flores e seus Polens	49
2.2 Obtenção de <i>C. externa</i> e da Colônia Estoque do Laboratório	49
2.3 Experimento 1: Teste de Consumo de Polens por <i>C. externa</i> a partir das Flores	51
2.4 Experimento 2: Teste de Livre Escolha entre os Polens por <i>C. externa</i>	52
2.5 Análise do Conteúdo Intestinal dos Adultos	53
2.6 Análise Quantitativa e Qualitativa dos Polens Extraídos das Anteras.....	55
2.7 Análises Estatísticas.....	55
3 RESULTADOS	57
3.1 Consumo de Polens por <i>C. externa</i> a partir das Flores Recém-abertas	57
3.2 Escolha entre os polens por <i>C. externa</i>	58
3.3 Características Quantitativas e Qualitativas dos Polens	61
4 DISCUSSÃO	63
5 CONCLUSÕES	68
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CAPÍTULO II	76
EFEITOS DE DIETAS COM POLENS DE FABACEAE E POACEAE NA BIOLOGIA DE ADULTOS DE <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) 76	76
RESUMO	77
ABSTRACT	78
1 INTRODUÇÃO.....	79
2 MATERIAL E MÉTODOS	81
2.1 Obtenção dos Polens.....	81
2.2 Determinação de Parâmetros Biológicos dos Adultos.....	81

2.2.1 Obtenção dos adultos	81
2.2.2 Dietas avaliadas	82
2.2.3 Avaliação das dietas.....	82
2.3 Análise dos Constituintes Químicos das Dietas Polínicas	84
2.4 Análises Estatísticas	84
3 RESULTADOS	86
3.1 Parâmetros Biológicos das Fêmeas e Machos	86
3.2 Parâmetros Biológicos das Fêmeas e de seus Ovos	89
3.3 Constituintes Químicos das Dietas Polínicas.....	92
4 DISCUSSÃO	94
5 CONCLUSÕES	98
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
CAPÍTULO III.....	105
EFEITOS DE DIETAS DE POLENS DE FABACEAE E POACEAE, COM OU SEM PRESA, NA BIOLOGIA da larva DE <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen) (neuroptera: chrysopidae) e CONTRIBUIÇÃO do CARBONO DESSES alimentos NO DESENVOLVIMENTO DO 1º INSTAR.....	105
RESUMO	106
ABSTRACT	107
1 INTRODUÇÃO.....	108
2 MATERIAL E MÉTODOS	110
2.1 Cultivo das Espécies Avaliadas e Obtenção de seus Polens.....	110
2.2 Obtenção das larvas de <i>C. externa</i>	110
2.3 Bioensaio.....	111
2.4 Avaliação dos Parâmetros Biológicos das Larvas.....	112
2.5 Análises do Nitrogênio, Carbono e seu Isótopo C ¹³ dos Adultos	112
2.6 Análises Estatísticas	112
3 RESULTADOS	114
3.1 Efeito dos polens no desenvolvimento dos imaturos de <i>C. externa</i>	114
3.2 Efeito dos polens na viabilidade dos imaturos de <i>C. externa</i>	116
3.3 Análise do Isótopo C ¹³ dos Alimentos e Adultos de <i>C. externa</i>	118
4 DISCUSSÃO	120
5 CONCLUSÕES	124
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	125
CONCLUSÕES GERAIS	129

1 INTRODUÇÃO GERAL

O uso de agrotóxicos orgânicos sintéticos é uma das práticas que caracterizam agricultura convencional (ou industrial) como modelo de produção agrícola mundialmente preponderante. Na década de 60, esses produtos químicos geraram muitos impactos negativos que são conhecidos desde então, tais como a resistência das pragas aos agrotóxicos e os impactos negativos sobre organismos não-alvos (e.g., abelhas e inimigos naturais das pragas) (CARSON, 1969; VAN DEN BOSCH, 1978; CARVALHO, 2006).

Mais recentemente, cresce a preocupação quanto à contribuição das práticas da agricultura que resultam na emissão dos gases de efeito estufa (e.g., dióxido de carbono, metano e óxido nitroso), contribuindo para as mudanças climáticas antrópicas. Tais mudanças têm alterado a distribuição de pragas globalmente e com impactos potenciais sobre os polinizadores, que, por sua vez, aumentam os prejuízos econômicos e ameaçam, assim, a segurança alimentar global no século XXI e das gerações futuras (BEBBER et al., 2013; GIANNINI et al., 2017; DEUTSCH et al., 2018; MA, 2021; CECH et al., 2022).

Por outro lado, a agricultura pode ajudar a contornar esses problemas desde que suas práticas sejam voltadas para a sustentabilidade (WEZEL et al., 2014; FAO, 2019; OPAR, 2021), tais como aquelas focadas na agroecologia, as quais eliminam, por exemplo, o uso dos agrotóxicos orgânicos sintéticos, e incluírem práticas conservacionistas do solo, da água e da diversidade biológica acima e abaixo do solo, aumentando a resiliência dos sistemas agrícolas de modo a suportar melhor os impactos das mudanças climáticas, além de respeitar às tradições culturais e promover a segurança alimentar (GLIESSMAN, 2001; AQUINO & ASSIS, 2005; ALTIERI, 2012; KULSHRESHTHA & WHEATON, 2018).

No campo das práticas empregadas nos sistemas de produção vegetal, a agroecologia, por seus vieses econômico e ecológico, pressupõe que esses sistemas devem ser diversificados dentro e no entorno da propriedade rural (MALÉZIEUX et al., 2022). Assim, além das espécies vegetais para produção de alimentos, fibras e/ou energia que garantam a geração de renda, a diversidade dos cultivos planejada pelo agricultor agroecológico deve incluir ainda aquelas plantas que favoreçam os serviços ecológicos (e.g., ciclagem de nutrientes, fixação biológica do nitrogênio, controle biológico e polinização), de modo a dispensar ao máximo o uso de insumos externos (ALTIERI et al., 2003; GURR et al., 2003; FERNANDES et al., 2005; ALTIERI, 2012; HATT et al., 2018).

No que se refere ao manejo de pragas, vários estudos conduzidos no exterior e no Brasil mostram que a diversidade vegetal dos agroecossistemas tende a desfavorecer as pragas, quando planejada para tal fim (ROOT, 1973; ALTIERI et al., 2003; AGUIAR-MENEZES, 2004; POVEDA et al., 2008; AMARAL et al., 2010; RESENDE et al., 2010; LIEBMAN, 2012; PARKER et al., 2013; BARROS et al., 2022). Nesse propósito, entre as espécies vegetais que compõem o sistema de produção agrícola, deve-se incluir aquelas que otimizem os mecanismos de autocontrole das populações das espécies fitófagas, favorecendo, por exemplo, os agentes de controle biológico das pragas agrícolas (ACB) (ALTIERI, 1992; ALTIERI et al., 2003; GURR et al., 2003; FIEDLER et al., 2008; NICHOLLS et al., 2008).

Entre os ACB, destacam-se os insetos predadores da família Chrysopidae (Neuroptera), que são comumente encontrados nos agroecossistemas brasileiros, particularmente *Chrysoperla externa* (Hagen). Esse crisopídeo, nativo da região Neotropical, quando na fase de larva, predá diferentes espécies de insetos e ácaros fitófagos, incluindo pragas agrícolas, em diferentes cultivos agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 1994; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; RESENDE et al., 2014; CASTRO & BARBOSA, 2017; DANTAS et al., 2021).

No gênero *Chrysoperla* Steinmann, *C. externa* vem sendo usada através da estratégia do controle biológico aumentativo, por ser facilmente criada em laboratório com presas alternativas e dietas artificiais (NÚÑEZ, 1989; ALBUQUERQUE et al., 1994; FREITAS, 2001; 2002; ALBUQUERQUE, 2009; CARVALHO & SOUZA, 2009). No Brasil, por

exemplo, *C. externa* é o princípio ativo de três marcas comerciais de produtos macrobiológicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: CRISOP®, CRISOPÍDEO AMIPA® e CRISO-VIT®, os quais são comercializados vivos na fase de ovo ou larva de primeiro instar, cujas durações não passam de 4 dias (AGROFIT, 2023). Entretanto, eles consistem em um insumo que o agricultor tem que comprar, além dele depender da logística de entrega expressa do inseto vivo até a unidade de produção.

Por outro lado, os adultos de *C. externa* são exclusivamente glicopolinívoros, ou seja, o pólen e o néctar (floral ou extrafloral) estão entre os seus principais alimentos, representando fontes de proteínas e carboidratos, respectivamente. Assim, *C. externa* é dita ser também promissora no controle biológico conservativo (CBC) através do manejo das plantas que sejam provedoras desses recursos florais, as quais, em geral, são denominadas de “plantas atrativas para os ACB” ou “plantas insetárias” (GRAVENA, 1992; VALENZUELA, 1994; VENZON et al., 2005; FIEDLER et al., 2008; ALBUQUERQUE, 2009; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; BARBOSA et al., 2011; VENZON et al., 2021). Contudo, vários fatores são necessários para otimizar as chances de sucesso do CBC através da provisão de pólen e/ou néctar para os ACB. Entre eles, estão a acessibilidade e a adequabilidade desses recursos como alimento para esses agentes, sendo que esse último pode ser avaliado pelos efeitos na biologia do ACB (WÄCKERS, 2005; ORRE et al., 2007; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; WANG et al., 2022).

Espécies de plantas das famílias Fabaceae e Poaceae são conhecidas pelo seu uso na cobertura de solo, adubos verdes e/ou para produção de fitomassas (BARRETO & FERNANDES, 2001; PERIN et al., 2006; GUERRA et al., 2007; WEZEL et al., 2014; GARCIA & STAUT, 2018; MYERS et al., 2019; CARVALHO et al., 2021); Além disso, elas têm potencial como plantas atrativas para *C. externa*, baseando-se nos resultados de estudos de laboratório com dietas constituídas de polens extraídos das anteras, particularmente de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Crotalaria juncea* L. (ambas Fabaceae), *Pennisetum purpureum* (Schum), *Brachiaria decumbens* Stapf. e *Sorghum halepense* (L.) Pers. (todas Poaceae), os quais tiveram efeitos positivos na biologia dos adultos de *C. externa*, quando ofertados simultaneamente com mel (VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; ANDRADE, 2013).

Ademais, utilizando técnicas palinológicas para a análise do conteúdo intestinal dos adultos de *C. externa* capturados em condições naturais, reportou-se que eles ingerem polens de diferentes famílias, incluindo Fabaceae e Poaceae, sendo que os polens dessa última foram considerados preferidos por eles; entretanto, os possíveis motivos não foram apresentados (FREITAS, 2002; MEDEIROS et al., 2010; ANDRADE et al., 2018). Além disso, nenhum estudo comprovou que os adultos de *C. externa* são capazes ou não de acessar diretamente os polens de Fabaceae e Poaceae a partir de suas flores, visto que as próprias características das flores (e.g., profundidade e tamanho da abertura da corola) podem limitar ou impedir o acesso a esse recurso, assim como características dos insetos entomófagos (e.g., tamanho da cabeça e tipo de aparelho bucal) podem também interferir na aquisição do pólen e/ou néctar (PATT et al., 1997; BAGGEN et al., 1999; VATTALA et al., 2006; ORRE et al., 2007; FIEDLER et al., 2008; RESENDE et al., 2017).

Descobriu-se ainda que as larvas de *C. externa* não são exclusivamente predadoras, podendo completar seu ciclo biológico alimentando-se de pólen (e.g., *P. purpureum*), sem necessidade de presa, inferindo-se que esse recurso floral deve ser muito importante quando as presas são escassas (OLIVEIRA et al., 2010). Todavia, não há relato na literatura sobre a assimilação do nitrogênio e do carbono a partir do pólen, permitindo avaliar a contribuição desse recurso como fonte desses nutrientes para as larvas em comparação às presas. Ademais, dependendo da espécie, o pólen pode ter conteúdo de água relativamente mais baixo que o inseto presa (e.g., pulgão), de modo que uma alimentação exclusivamente com pólen sob estresse hídrico pode prejudicar o desenvolvimento da larva.

Neste contexto, os objetivos gerais do estudo foram (1) avaliar a acessibilidade dos polens de quatro espécies de Fabaceae (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Flemingia macrophylla*) e quatro espécies de Poaceae (*Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor* e *Zea mays*) aos adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) a partir das flores recém-abertas, (2) avaliar a adequabilidade dos polens das espécies de Fabaceae e Poaceae acessados pelos adultos como alimento para eles e larvas desse crisopídeo e (3) determinar a assimilação de carbono e nitrogênio dos polens de Fabaceae e Poaceae pelas larvas em comparação à dieta carnívora (presa).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Controle Biológico na Agricultura

A Revolução Verde refere-se ao processo de modernização agrícola que ocorreu a partir da II Guerra Mundial, principalmente entre os anos de 1940 e 1960, com a ideia de aumento considerável na produção agrícola, principalmente em países menos desenvolvidos e com a promessa de acabar com a fome mundial. Essa modernização tinha o objetivo de uma produção altamente mecanizada, com grandes áreas com uma só cultura de interesse econômico, acompanhada do uso intenso de irrigações, fertilizantes químicos altamente solúveis, inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, outros agroquímicos sintéticos, seleção de sementes mais produtivas que aumentassem a produtividade das culturas agrícolas, e não reconhece a importância do saber tradicional ou popular (HORNE & MCDERMOTT, 2001; CARVALHO, 2006; SCHIEDECK et al., 2007).

As práticas agrícolas da chamada Revolução Verde impulsionaram fortemente a produção mundial de alimentos, porém, mormente a partir de 1960, começou a ser percebido que o uso dessas práticas era acompanhado por vários efeitos negativos para o meio ambiente e os seres vivos, tais como, contaminação de solos, poluição de rios, redução da biodiversidade da flora e fauna, aparecimento de pragas com resistência aos agroquímicos, particularmente aos agrotóxicos do tipo orgânico sintético, como os organofosforados, carbamatos e piretróides, grande dependência dos agricultores das indústrias de insumos agrícolas, aumento do êxodo rural e o não reconhecimento do saber popular e das tradições dos agricultores e das agricultoras (CARSON, 1969; VAN DEN BOSCH, 1978; AGUIAR-MENEZES, 2003; CARVALHO, 2006; BALDINI & QUINTEIRO, 2018).

Devido aos pontos negativos e a fragilidade que o modelo da Revolução Verde demonstrou ter, vários segmentos da sociedade começaram a perceber que era necessário um desenvolvimento sustentável na agricultura, com ênfase aos fatores sociais, econômicos e ecológicos (ALTIERI et al., 2003; ALTIERI, 2012). Atualmente, entre os desafios da agricultura, estão a manutenção da produtividade dos cultivos e melhoria da sanidade dos alimentos, através da eliminação de fertilizantes minerais solúveis e dos resíduos químicos dos agrotóxicos usados no controle de doenças e pragas, assim como conservar o ar, o solo, a água e os organismos vivos (AGUIAR-MENEZES, 2003; ALTIERI et al., 2003; ALTIERI, 2012).

Nesse cenário, o uso do controle biológico é uma ótima alternativa de manejo de pragas agrícolas, que contribui para a agricultura sustentável, devido ao custo baixo e de menor ou zero risco de contaminar o meio ambiente e intoxicar os organismos não-alvos, incluindo o ser humano. Esse método de controle de insetos-pragas não é novo, data de 300 anos a.C., quando os chineses se valeram da predação por formigas (*Oecophylla smaragdina* F., Hymenoptera: Formicidae), cujos ninhos eram vendidos próximos a província de Canton (= Guangzhou) para o controle de pragas (e.g., lagartas) dos citros (AGUIAR-MENEZES, 2003; SILVA & BRITO, 2015; FONTES & VALADARES, 2020).

No entanto, somente no século XX é que o controle biológico passou a ser objeto de pesquisas mais constantes para sua implantação de forma mais presente e intensiva nos ecossistemas agrícolas, em resposta ao aumento das demandas por tecnologias “limpas” para a produção agrícola. Por exemplo, ele é uma das demandas da agricultura orgânica, o que incentiva ainda mais as pesquisas nessa área. O mercado nacional de produtos orgânicos estima crescer entre 20% e 30%, sendo que o mercado brasileiro de produtos orgânicos movimenta US\$ 300 milhões por ano, onde as hortaliças representam 60% desse total (ALMEIDA et al., 2017). Entretanto, segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), a dificuldade da utilização do controle biológico está entre os desafios que a cadeia produtiva de hortaliças tem enfrentado, mas que tem se tornado uma demanda quase imperativa do setor seja devido à pressão dos consumidores pela redução no uso dos

agrotóxicos orgânicos sintéticos no controle das pragas, ou pela redução da eficiência desses produtos diante do desenvolvimento de resistência pelas populações de pragas (CNA, 2017).

Esse método está entre as medidas de controle de pragas na produção vegetal permitidas na agricultura orgânica no Brasil, de acordo com o Decreto Nº 6.323, de 27/12/2007, que regulamenta a Lei Nº 10.831 de 23/12/2003 e que proíbe o uso dos agrotóxicos orgânicos sintéticos, plantas geneticamente modificadas (e.g., plantas-Bt) e de radiações ionizantes no controle de pragas na produção orgânica vegetal (AGUIAR-MENEZES, 2017; BRASIL, 2023a,b).

Três estratégias básicas de controle biológico aplicado foram desenvolvidas pelo homem através dos tempos: clássica (ou por importação), aumentativa (ou por incremento) e conservativa (ou por conservação), as quais possibilitam o uso dos inimigos naturais ou agentes de controle biológico (ACB) para o controle de pragas nos agroecossistemas no Brasil e no mundo (HUFFAKER & MESSENGER, 1976; GRAVENA, 1992; AGUIAR-MENEZES, 2003; 2017; FONTES & VALADARES, 2020; PARRA et al., 2021).

Resumidamente, o controle biológico clássico (CBCL) envolve a importação de ACB, portanto, trata-se de espécies exóticas. No Brasil, essa importação é intermediada pelo Laboratório de Quarentena “Costa Lima”, sediado na Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP) (AGUIAR-MENEZES, 2003; 2017; FONTES & VALADARES, 2020). O primeiro programa de controle biológico clássico foi a introdução da *Encarsia* (= *Prospaltella*) *berlesei* (Howard) (Hym.: Aphelinidae) dos Estados Unidos da América, por Antonio Berlese, para o controle da cochonilha branca da amoreira *Pseudoaulacaspis pentagona* (TargTozz) (Hemiptera: Diaspididae), em 1921. Contudo, essa estratégia de controle biológico envolve riscos biológicos, como a competição com a fauna nativa (SILVA & BRITO, 2015; AGUIAR-MENEZES, 2003; 2017; FONTES & VALADARES, 2020; PARRA et al., 2021).

O controle biológico aumentativo (CBA) consiste, em suma, na multiplicação do ACB em larga escala (criação ou produção “massal”) em laboratórios especializados, chamadas de “biofábricas”, e depois é liberado no campo, geralmente em grandes quantidades, no momento apropriado (AGUIAR-MENEZES, 2003; SILVA & BRITO, 2015; AGUIAR-MENEZES, 2017; FONTES & VALADARES, 2020; PARRA et al., 2021). Os ACB fazem parte da lista de substâncias e práticas permitidas para manejo fitossanitário em sistemas orgânicos de produção, impulsionando o aumento de registro desses produtos biológicos no Brasil (AGROFIT, 2023). Todavia, as biofábricas estão, em geral, distantes dos agricultores, exigindo uma logística eficiente, mas ainda é precária para envio de insetos entomófagos vivos a fim de atender os produtores em diferentes partes do Brasil, mas elas já estão se interiorizando.

O controle biológico conservativo (CBC) consiste no manejo do agroecossistema através de práticas agrícolas que possibilitem o incremento da abundância e diversidade dos inimigos naturais de ocorrência natural e sua preservação no sistema de produção e de seu entorno, portanto, contribuindo para o controle biológico natural (BARBOSA, 1998; BELLOWS et al., 1999; LANDIS et al., 2000; AGUIAR-MENEZES, 2003; VENZON et al., 2005; NICHOLLS, 2008; AGUIAR-MENEZES, 2017; ALTIERI et al., 2003; FONTES & VALADARES, 2020; VENZON et al., 2021).

O uso de agrotóxicos seletivos ou de menor toxicidade para os ACB é uma das práticas agrícolas que é considerada como parte do CBC (PARRA et al., 2021). Na agricultura orgânica, por exemplo, os extratos de plantas são permitidos, mas alguns, apesar de eficientes contra a praga, têm apresentado efeitos negativos sobre alguns inimigos naturais, como o extrato de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), o qual pode causar toxicidade e malformação nos adultos de joaninhas e percevejos predadores (VENZON et al., 2007; ZANUNCIO et al., 2016; PAULO, 2017) e, portanto, devem ser usados com precaução.

Outra prática que faz parte do CBC é a incorporação de espécies de plantas floríferas atrativas aos ACB, particularmente aos insetos entomófagos, dentro dos agroecossistemas e no seu entorno. Nesse propósito, ela é considerada a prática que melhor contribui para

sustentabilidade da agricultura, uma vez que, além dela possibilitar a regulação das populações das pragas através da conservação de ACB nativos, podem promover outros serviços ecossistêmicos, como a fixação biológica de nitrogênio, caso, por exemplo, sejam leguminosas (BARBOSA, 1998; AGUIAR-MENEZES, 2003; NICHOLLS, 2008; VENZON et al., 2005; FIEDLER et al., 2007; 2008; AGUIAR-MENEZES, 2017).

Ademais, uma vez que o CBC visa o aumento da abundância de espécies nativas de ACB, ele se alinha perfeitamente aos princípios da agroecologia e às diretrizes que norteiam a agricultura orgânica no Brasil, particularmente a que prevê a recomposição ou incremento da diversidade biológica dos ecossistemas modificados em que se insere o sistema de produção agropecuária e o redesenho da paisagem (GLIESSMAN, 2001; FERNANDES et al., 2005; NICHOLLS, 2008; AGUIAR-MENEZES, 2017; BRASIL, 2023a). Entretanto, a maioria dos estudos sobre essas plantas foi conduzida em países de clima temperado ou regiões com condições edafoclimáticas distintas dos agroecossistemas brasileiros, tornando-se necessário a geração de conhecimento para consolidar o manejo de pragas através dessa estratégia no Brasil (AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; BARBOSA et al., 2011; RESENDE et al., 2021; VENZON et al., 2021).

2.2 Plantas Floríferas Atrativas aos Insetos Entomófagos para fins de CBC

As plantas floríferas podem servir de locais de abrigo ou refúgio, acasalamento e/ou oviposição dos insetos entomófagos (insetos predadores e parasitoides), bem como fornecem condições de microclima adequado, presas ou hospedeiros alternativos, e outras podem produzir substâncias voláteis que atraem esses insetos ajudando-os a localizar o alimento (presa ou hospedeiro) (DOUTT & NAKATA, 1973; ALTIERI, 1992; MURPHY et al., 1998; LIXA et al., 2010; RESENDE et al., 2011; TOGNI et al., 2016; KOCZOR et al., 2019; AGUIAR-MENEZES et al., 2021).

Outros estudos salientam ainda a importância das plantas floríferas como fonte de pólen e néctar, os quais servem de alimentos para determinadas fases de desenvolvimento de insetos entomófagos, portanto, eles são também insetos antófilos, ou seja, visitantes florais, a exemplo das abelhas. Entre eles, tem-se os adultos dos parasitoides Hymenoptera, como os da família Braconidae (Figura 1A), e os adultos de insetos predadores das famílias Syrphidae (Diptera) (Figura 1B) e Chrysopidae (Neuroptera) (ALTIERI, 1992; LUNDGREN, 2009a,b; TOGNI et al., 2016; RESENDE et al., 2017; AGUIAR-MENEZES et al., 2021; VENZON, 2021). FIEDLER et al. (2007) relacionou 26 espécies botânicas nativas em Michigan (EUA) que são visitadas tanto por polinizadores como por insetos entomófagos, sendo que algumas destas plantas são visitadas mais adequadamente por abelhas, e outras plantas são mais adequadas à visitação por inimigos naturais.

O pólen e o néctar são, respectivamente, fontes de proteínas e carboidratos e, assim, os adultos dos insetos entomófagos, ao consumi-los, podem ter sua longevidade e fecundidade aumentada. Como resultado, tem-se o incremento das taxas de sobrevivência e reprodução, com consequente aumento da abundância de suas populações e das taxas de parasitismo ou predação e, portanto, aumentando a eficiência como agentes de controle biológico (ALTIERI, 1992; JOHANOWICZ & MITCHELL, 2000; EILENBERG et al. 2001; ALTIERI et al., 2003; WRATTEN et al., 2003; AGUIAR-MENEZES, 2003; 2004; TYLIANAKIS et al., 2004; NICHOLLS, 2008; LUNDGREN, 2009a,b; AGUIAR-MENEZES, 2017; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; BARBOSA et al., 2011; AGUIAR-MENEZES et al., 2021).

O néctar é fonte de açúcares (e.g., sacarose, glicose e frutose), podendo ter até 80% de concentração de açúcares, mas os valores próximos a 20% são mais comuns. Aminoácidos também podem estar presentes no néctar floral, embora em pequenas quantidades (menos do que 0,3% do peso seco) e não possui os 10 aminoácidos essenciais para sobrevivência e reprodução dos insetos. Além disso, ele possui lipídios, vitaminas, dextrinas, antioxidantes,

alcaloides, fenóis, saponinas e substâncias inorgânicas (ALBUQUERQUE, 2009; LUNDGREN, 2009c).

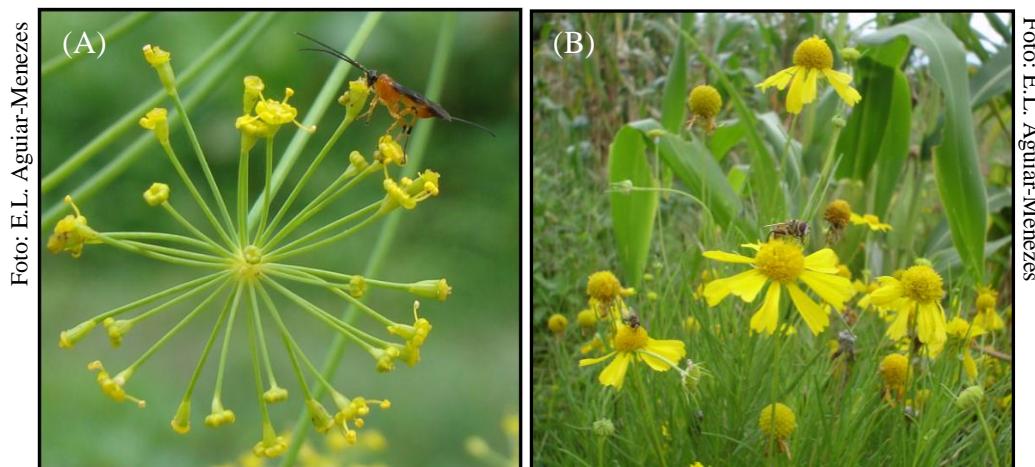


Figura 1. (A) Adulto (fêmea) de parasitoide Braconidae (Hymenoptera) visitando inflorescência de endro (*Anethum graveolens*, Apiaceae) na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Seropédica, RJ), e (B) Adultos de Syrphidae (Diptera) visitando flores de camomila (*Matricaria tinctoria*, Asteraceae) em área de produtores de plantas aromáticas (Seropédica, RJ) (Fotos: Elen L. Aguiar-Menezes).

Em geral, todos os aminoácidos estão presentes no pólen em grandes concentrações, exceto triptofano e fenilalanina, podendo conter de 6% a 35% de proteínas, além de conter de 1,4 a 12% de carboidratos (e.g., amido e açúcares simples), 1,5 a 18,9% lipídios, além de minerais, vitaminas e 20 a 50% de água (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000; ALBUQUERQUE, 2009; NICOLSON & HUMAN, 2013). Em geral, polens de plantas polinizadas pelo vento (anemófilas) apresentam menor conteúdo de proteínas do que aqueles de plantas polinizadas por animais (zoofilia) (ROULSTON et al., 2000). Por exemplo, grãos de pólen de milho (*Zea mays* L., Poaceae) podem apresentar cerca de 4% de nitrogênio, 0,58% – 0,75% de fósforo, 0,30% - 0,43% de enxofre e entre 23% e 26% de conteúdo de proteína bruta (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000), enquanto grãos de pólen de *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) apresentam 52,7% de conteúdo de proteína bruta (ROULSTON et al., 2000).

Esses recursos florais são essenciais para o estágio de vida não carnívoro (adulto) dos parasitóides e de certos predadores. Para os predadores na fase adulta, estes recursos podem representar um suplemento quando na ausência ou escassez de presa, ou ser um complemento de uma presa de baixa qualidade nutricional, a exemplo do que ocorre com certas espécies de joaninhas [e.g., *Coleomegilla maculata* (DeGerr, 1775) (Coleoptera: Coccinellidae)] e ácaros predadores [e.g., *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae)] (AGUIAR-MENEZES, 2003; VENZON et al., 2005; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; MARAFELI et al., 2014; AGUIAR-MENEZES, 2017; D'ÁVILA et al., 2017).

Todavia, além dos efeitos positivos dos recursos florais sobre a performance biológica dos insetos entomófagos, outros critérios devem ser levados em consideração na seleção de plantas atrativas para pesquisa em CBC, tais como: (1) atratividade para os entomófagos, (2) produção prolífica de pólen e/ou néctar, (3) acessibilidade dos recursos florais, que pode ser afetada pela morfologia floral e morfologia da cabeça e tipo de aparelho bucal do inseto entomófago, (4) tempo da fase de florescimento e período de pleno florescimento, (5) seletividade em favor do inimigo natural em vez de seus próprios inimigos naturais (quarto nível trófico), ou da própria praga, (6) potencial como planta “invasora”, (7) uso de plantas já presentes, ou seja, nativas, ou adaptadas ao agroecossistemas, de uso múltiplos, potencializando os serviços ecológicos, bem como (8) uso de culturas subutilizadas e

negligenciadas, tais como as PANC (Plantas Alimentícias Não-Convencionais), as quais podem ajudar a aumentar os lucros do produtor por meio de renda alternativa e, portanto, aumentando também a probabilidade de adoção do CBC pelo produtor (PATT et al., 1997; BAGGEN et al., 1999; VATTALA et al., 2006; ORRE et al., 2007; FIEDLER et al., 2008; POVEDA et al., 2008; UZÊDA et al., 2023).

Ademais, é importante salientar que o pólen pode apresentar defesas físicas e químicas contra insetos (LUNDGREN, 2009). Por exemplo, Michaud & Grant (2005) observaram que o consumo de pólen de girassol (*Helianthus annus* L.) por larvas e adultos da joaninha predadora *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae) causou alta mortalidade desses indivíduos, possivelmente como resultado da superfície irregular em forma de pequenos espinhos do pólen do girassol, que se aderiu ao tegumento dos insetos, acumulando-se sobre o corpo dos indivíduos, culminando com a morte por dessecção dos mesmos e não pela inadequação da composição nutricional do pólen por si. Quanto às defesas químicas, além das deficiências nutricionais, Reinhard et al. (2009) observaram que polens de *Senecio* (Asteraceae) contém compostos tóxicos, como os alcaloides pirrolizidínicos.

Vários estudos conduzidos em sua maioria nos Estados Unidos da América, Europa, Nova Zelândia e Austrália, mostram que as Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae Poaceae e Polygonaceae estão entre as plantas mais atrativas para os inimigos naturais, particularmente insetos predadores e parasitoides (FIEDLER et al., 2008, COLLEY & LUNA, 2000; LIXA et al., 2010; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; HATT et al., 2019).

Nos Estados Unidos da América, as plantas atrativas aos insetos benéficos, sejam inimigos naturais e/ou polinizadores, são conhecidas pelo termo “beneficial insectary plants” ou simplesmente “insectary plants” (VALENZUELA, 1994; SINGH, 2004; AMBROSINO et al., 2006; HATT et al., 2019) e cujas sementes podem ser adquiridas, por exemplo, no mercado americano, como a mistura de sementes de diferentes espécies de plantas atrativas da marca Good Bug Power Blend® (ARBICO ORGANICS, 2023) e, na Nova Zelândia, a “Wildflower Beneficial Insect & Pollinator Blend”, uma mistura de sementes de plantas atrativas da Kings Seeds® (KINGS SEEDS, 2023).

Entretanto, os efeitos atrativos dessas plantas nem sempre podem ser generalizados, visto que envolve questões de adaptabilidade das plantas a condições locais e as interações tróficas podem variar com cada ambiente, tornado-se, assim, necessário a geração de conhecimento para consolidar o CBC através do uso de flores nos agroecossistemas brasileiros (AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; VENZON, 2021). Gravena (1992) salientou a importância da estratégia da “manipulação do ambiente” através do uso de “plantas atrativas de inimigos naturais”, incluindo o manejo do mato; contudo, a maioria dos relatos dizem respeito a estudos conduzidos no exterior.

Em trabalho conduzido no Brasil, Gravena et al. (1984) comprovaram que o sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. – Poaceae) plantado em faixas circundando as parcelas de cultivo de tomate rasteiro (*Solanum lycopersicum* L.), nas condições da cidade de Jaboticabal, SP, serviu de barreira física para os adultos de moscas brancas [*Bemisia tabaci* (Gennadius)], pois foi capaz de diminuir a incidência de ninfas e adultos de moscas brancas nos tomateiros, assim como, o sorgo foi atrativo de artrópodes predadores, auxiliando no controle biológico dessa praga.

Assim, considerando o estudo de Gravena et al. (1984) como pioneiro, transcorrem-se quase 20 anos para que as pesquisas nesse tema fossem retomadas no Brasil, com os registros de Silveira et al. (2003). Esses autores coletaram espécies do gênero *Orius* (Wolf) (Heteroptera: Anthocoridae) associadas a plantas cultivadas e invasoras de diversas famílias botânicas, particularmente em suas flores, tanto em casa de vegetação como em condições de campo, em alguns municípios de Minas Gerais e São Paulo, indicando a funcionalidade dessas plantas floríferas como local de abrigo e alimento alternativo, como pólen e néctar, para esses predadores onívoros.

Alguns estudos envolvendo a seleção de plantas atrativas à *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) no Brasil, destacam-se o de Medeiros et al. (2010) e Andrade et al. (2018). Os primeiros utilizaram como marcador natural o pólen para identificar as plantas que poderiam servir como fonte alimentar para os predadores *C. externa* e *Hippodamia convergens* Guérin-Menéville (Coleoptera: Coccinellidae). Os insetos foram coletados na área experimental da Embrapa Hortaliças (Brasília, DF) e processados pelo método de acetólise, onde os grãos de pólen foram extraídos e identificados ao nível de família. Para *C. externa* (53 indivíduos), um total de 11335 grãos de pólen foi encontrado e 21 famílias botânicas identificadas, com maior abundância para a família Poaceae. Já para *H. convergens* (43 indivíduos), um total de 46 grãos de pólen extraídos pertenceram a 10 famílias, com maior presença para família Asteraceae. É de grande importância o reconhecimento das famílias botânicas como recurso alimentar para esses predadores e, assim, atrair e conservar essas populações para desenvolver estratégias de controle de pragas em cultivos de hortaliças.

No Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) (Seropédica, RJ), Andrade et al. (2018) realizaram coletas de *C. externa* em quatro áreas (pastagem de braquiária, cafeeiro, milharal e cultivo diversificado de hortaliças) com objetivo de verificar as famílias e espécies botânicas provedoras de pólen ingeridos por adultos (fêmeas e machos) desse crisopídeo. No total, 520 adultos foram coletados, sendo que 276 fêmeas e 243 machos, os quais ingeriram, respectivamente, um total de 27.489 e 10.750 grãos de pólen de angiospermas. O maior número de grãos de pólen recuperados do trato digestivo de fêmeas e machos pertenceu à família Poaceae.

2.3 *Chrysoperla externa* e seu Hábito Polinívoro

Cerca de 1.200 espécies de crisopídeos, denominação popular dos insetos pertencentes à família Chrysopidae (ordem Neuroptera), estão distribuídas em 80 gêneros e 11 subgêneros, sendo agrupados em três subfamílias: Apochrysinae, Nothochrysinae e Chrysopinae (SOSA DUQUE, 2011).

A subfamília Chrysopinae é composta por 75 gêneros, entre eles o gênero *Chrysoperla* Steinmann, o qual abriga 39 espécies com ampla distribuição mundial, com a existência de relatos de nove espécies para Região Neotropical. *Chrysoperla* têm algumas características que diferenciam de outros gêneros, como por exemplo, os adultos apresentam cor verde a verde-pálido, cabeça amarelada com ou sem manchas, geralmente com genas (região anterolateral) e margem do clípeo pretas ou vermelhas, tórax verde a verde-amarelado, pronoto com faixas laterais difusas e comprimento variando de 9 – 14 mm (SOSA DUQUE, 2011).

Quatro espécies de *Chrysoperla* ocorrem no Brasil: *C. externa* Hagen, 1861; *C. defreitasi* Brooks, 1994; *C. raimundoi* Freitas e Penny, 2001 e *C. genanigra*, Freitas, 2003, sendo que a primeira apresenta ampla distribuição Neotropical (FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; CASTRO & BARBOSA, 2017). As três primeiras espécies apresentam a gena pigmentada de vermelho, enquanto a última tem a gena com manchas negras, o que caracteriza o nome específico (FREITAS, 2003; FREITAS & MORALES, 2009). *Chrysoperla externa* é considerada a mais promissora para uso nas estratégias de controle biológico aumentativo (CBA) e conservativo (CBC) de pragas na região Neotropical (ALBUQUERQUE et al., 1994; BROOKS, 1994; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; FREITAS & MORALES, 2009; CASTRO & BARBOSA, 2017).

Os crisopídeos são insetos holometabólicos, ou seja, tem metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulta. Os ovos podem ser depositados individualmente ou em grupos, o que também é característico para algumas espécies. Essas posturas se diferenciam dos demais insetos devido aos ovos serem majoritariamente pedicelados, com exceção para o gênero *Anamolochrysa* Mac Lachl. (STELZL & DEVETAK

1999; MONSERRAT et al., 2001). Os ovos apresentam de 0,7 a 2,3 mm de tamanho, com coloração que varia do amarelo ao verde azulado, escurecendo à medida que o embrião vai se desenvolvendo, e os pedicelos dos ovos medem entre 2 mm e 26 mm (FREITAS, 2002). Os ovos de *C. externa* tem formato elíptico, são inicialmente de coloração verde claro (Figura 2A) e vão escurecendo com o desenvolvimento do embrião.

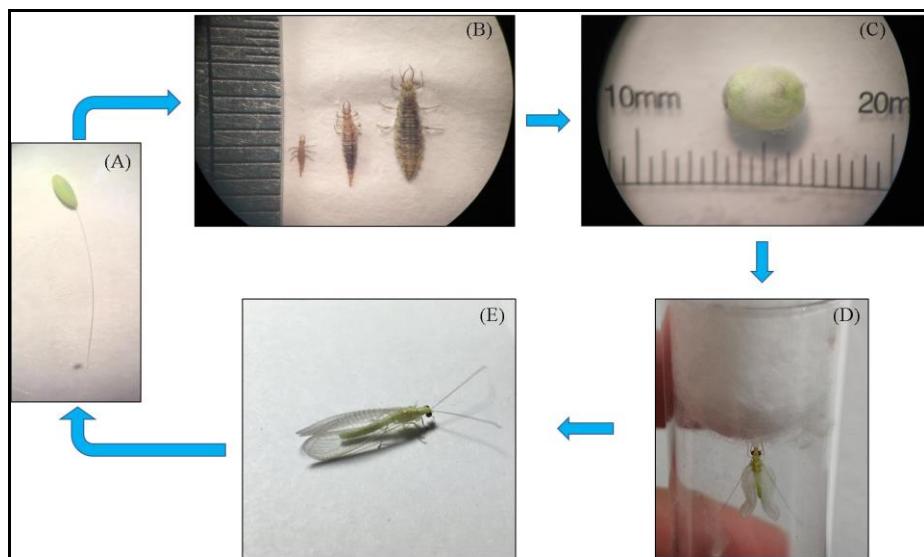


Figura 2. Ciclo biológico de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae): (A) ovo pediculado, (B) 1º, 2º e 3º instar larval (da esquerda para direita, respectivamente), (C) casulo de seda (fase de pupa), (D) adulto recém-emergido (ou teneral) e (E) adulto bem formado, com suas asas estendidas (Fotos do autor).

De maneira geral, as larvas dos crisopídeos passam por três instares e são do tipo campodeiforme (Figura 2B), caracterizadas pelas pernas ambulatoriais alongadas, possuem cabeça prognata e formato triangular, com suas peças bucais do tipo sugador-mandibular e abdome com o primeiro segmento reduzido, com tubérculos cobertos por setas no abdome e tórax, que variam em tamanhos, número e distribuição de acordo com as diferentes espécies (CANARD, 2001; FREITAS, 2001).

Ao final do terceiro instar, a larva confecciona um casulo de formato esférico e composto por fios de seda (Figura 2C), os quais são produzidos pelos tubos de Malpighi e excretados pela extremidade do reto (CHAPMAN, 1971; GEPP, 1984). Após a completa formação do casulo, a larva se transforma em pupa, que é do tipo exarata (i.e., seus apêndices, como pernas, peças bucais, asas e antenas, não estão fortemente aderidos ao corpo) e décticas (i.e., tem mandíbulas articuladas). Ao final da fase de pupa, ela usa suas mandíbulas para perfurar o casulo e deixá-lo, com auxílio das pernas. Essa fase é conhecida como adulto farado, visto que já se apresenta com aparência de adulto, mas se encontra “escondido” dentro da cutícula da pupa, por isso, também denominada de fase de pupa “móvel”. Antes de sair do casulo, o adulto farado expele o fluido fecal (mecônio), que representa os restos metabólicos que se acumulam durante a fase de pupa. Uma vez fora do casulo, o adulto farado abandona a cutícula da pupa, sofrendo a última ecdise (ou seja, desprendimento da cutícula velha), e emerge, então, o adulto (ou fase de imago). O adulto recém-emergido (ou adulto teneral) (Figura 2E) projeta suas asas para baixo para expandi-las (GEPP, 1984; FREITAS, 2001; GULLAN & CRANSTON, 2012).

Os adultos dos crisopídeos medem aproximadamente de 7,5 mm a 9,5 mm de comprimento, apresentam coloração verde na maioria das espécies, mas há espécies de coloração castanha, possuem dois pares de asas membranosas e com várias nervuras (asas reticuladas), antenas geralmente maiores do que suas asas e olhos grandes e conspícuos e corpo com aparência delicada (BROOKS & BARNARD, 1990; ALBUQUERQUE, 2009). O

adulto de *C. externa* tem coloração verde pálida (Figura 2E), possui uma faixa dorsal amarela do vértice até o ápice do abdome, vértice com região elevada e estriada transversalmente, célula intramediana curta com laterais curvas e a presença de gena com coloração vermelha (FREITAS, 2003; FREITAS & MORALES, 2009).

As larvas de *Chrysoperla* são predadoras e, entre suas presas, estão insetos fitófagos de outras Ordens, alguns dos quais são pragas de culturas agrícolas, como os pulgões, as cochonilhas, as ninfas de moscas brancas, além de ovos e larvas de primeiros instares de lepidópteros, bem como ácaros fitófagos, sendo considerada um predador muito voraz (ECOLE et al., 2002; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; DANTAS et al., 2021). Os crisopídeos apresentam grande potencial para uso em programas de controle biológico de pragas e são encontrados nos mais variados habitats, com vegetação arbórea a herbácea, incluindo nos agroecossistemas. O gênero *Chrysoperla* é mundialmente o mais usado em programas de controle biológico (ALBUQUERQUE et al., 1994; MCEWEN et al., 2001; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; PAPPAS et al., 2011; SOSA DUQUE, 2011; CASTRO & BARBOSA, 2017).

As larvas de *Chrysoperla* aceitam também presas alternativas, como ovos de mariposas, o que torna mais fácil sua criação em laboratório (NÚÑEZ, 1989; FREIRAS, 2001; CARVALHO & SOUZA, 2009). Ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera, Gelechiidae) e da traça-da-farinha-de-trigo, *Ephestia* (=*Anagasta*) *kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) são as presas alternativas mais comumente usadas. Em média, as larvas vivem, no primeiro instar, entre 3 e 6 dias depois da larva eclodir do ovo, porém em temperaturas mais baixas pode chegar até 11 dias. O segundo instar pode durar, em média, de 2 a 7 dias e o terceiro de 3 a 6 dias, porém a duração dos instares varia de acordo com a quantidade e tipo de alimento disponível, temperatura do ambiente e fotoperíodo (FREITAS, 2002; BOREGAS et al., 2003; MACEDO et al., 2003; ALBUQUERQUE, 2009). Na tabela 1 são citados alguns trabalhos que estudaram a biologia da larva de *C. externa* alimentando-se de presas alternativas.

Tabela 1. Duração das fases de larva e pupa de *Chrysoperla externa* (média, em dias) quando suas larvas foram alimentadas desde o 1º instar com presas alternativas (ovos de mariposas) e a porcentagem de viabilidade média dessas fases em laboratório (média de 25 °C, 70% UR e fotofase de 12 horas).

Presas ¹	DL1	DL2	DL3	DPL	VL%	DFP	VP%	Referência
Sc	4,0	4,0	4,0	12,0	—	12,0	—	Núñez (1989)
Sc	3,9	2,7	2,7	9,3	96,6	11,3	86,2	De Bortoli et al. (2006)
Ek	3,7	2,4	3,1	9,2	95,0	11,0	90,0	Macedo et al. (2003)
Ek	3,6	2,5	2,8	9,0	96,6	11,1	86,2	De Bortoli et al. (2006)
Ek	3,2	2,8	3,3	9,3	90,0	10,6	90,0	Tavares et al. (2011)
Ek	3,1	3,4	3,3	—	82,0	—	—	Morando et al. (2014)

¹Sc = ovos de *Sitotroga cerealella*, Ek = *Ephestia* (=*Anagasta*) *kuehniella*. ²DL1 = Duração do 1º instar, DL2 = Duração do 2º instar, DL3 = Duração do 3º instar, DPL = duração da fase de larva, % VL = viabilidade da fase larval, DFP = duração da fase de pupa, % VP = viabilidade da fase de pupa. — = dados não informados.

Todavia, larvas de *C. externa* exibiram, em condições de laboratório, hábito onívoro [i.e., usam alimento de origem animal (e.g., presa) e vegetal (e.g., pólen e/ou néctar)], como já tinha sido detectado para larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephen) (PATT et al., 2003). Larvas de *C. externa* foram capazes de se alimentar de dieta com apenas pólen de *Pennisetum purpureum* (Schum) (Poaceae) e completar seu ciclo biológico com apenas esse pólen (i.e., sem necessidade de presa), conferindo mais de 80% de viabilidade para os três instares de *C. externa* e 33,3% de viabilidade do seu estágio de pupa (OLIVEIRA et al., 2010). Esses autores concluíram que o pólen pode ser importante para as larvas quando as suas presas são escassas, ou se ingerem presas de baixa qualidade nutricional. Segundo Albuquerque (2009),

a onivoria larval entre as diferentes espécies de crisopídeos ainda carece de mais resultados de modo a esclarecer se é um hábito recorrente ou eventual.

Os adultos de *Chrysoperla* são exclusivamente glicopolinívoros, ou seja, alimentam-se de pólen (hábito alimentar polinívoro) e de néctar floral ou extrafloral (hábito alimentar nectarívoro), mas também podem completar sua alimentação com *honeydew* excretado por insetos hemípteros das subordens Auchenorrhyncha (cigarras e cigarrinhas) e Sternorrhyncha (e.g., pulgões e cochonilhas) (CANARD et al., 1984; BOZSIK, 1992; ALBUQUERQUE, 2009; DEVETAK & KLOKOČOVNIK, 2016; VENZON, 2021). Os adultos usam o néctar como fonte de açúcares, enquanto o pólen é a fonte de proteínas (ALBUQUERQUE, 2009). O potencial reprodutivo desses crisopídeos tende a variar entre os sexos, de modo que a fêmea tende a ter uma exigência maior em proteínas para a maturação dos oócitos, do que os machos, que requerem apenas uma quantidade razoável de proteínas para a formação dos espermatóforos (PRINCIPI & CANARD, 1984; ALBUQUERQUE, 2009). Em geral, as fêmeas de *C. carnea* necessitam de carboidratos como fonte de energia e pólen como fonte de proteínas para a reprodução, sendo que os machos são capazes de sobreviver com apenas carboidratos e tendem a consumir pequenas quantidades de polens (LI et al., 2008).

Há registros de que os adultos de *C. externa* consomem pólen de diferentes famílias botânicas, incluindo Apiaceae, Asteraceae, Fabaceae e Poaceae, influenciando sua longevidade e fecundidade, embora seja dito possuírem preferência por pólen desta última (FREITAS, 2002; VENZON et al., 2006; RESENDE et al., 2017; ANDRADE et al., 2018; MELO et al., 2020).

Ribeiro et al. (1993) observaram que não houve diferença significativa entre a dieta padrão (levedo de cerveja + mel) e as dietas pólen e pólen + mel nos parâmetros reprodutivos das fêmeas de *C. externa* (Tabela 2).

Tabela 2. Características reprodutivas das fêmeas de *Chrysoperla externa* a 25 °C ± 2 °C conforme a dieta artificial consumida pelo estágio adulto.

Dieta	Período de pré-oviposição (média, dias)	Período de oviposição (média, dias)	Número total de ovos (média)	Fertilidade dos ovos (%)
Mel (solução a 40%)	8,8	59,8	22,3	98,9
Pólen	4,0	76,1	1.742,4	95,6
Mel + pólen	3,2	100,5	1.145,7	98,6
Mel + PTS ¹	3,0	84,4	1.985,4	98,9
Mel + levedo de cerveja	3,0	81,2	2.273,1	98,9

¹PTS = Proteína texturizada de soja.

Estágio larval alimentado com ovos de *Anagasta kuehniella*.

Fonte: Ribeiro et al. (1993).

Ribeiro & Freitas (2000) observaram também que a dieta padrão (levedo de cerveja + mel, usada na proporção 1:2) quando acrescentada de pólen (10%) resultou em período de oviposição, total de ovos/fêmeas e longevidade das fêmeas de *C. externa* iguais aos obtidos com a dieta padrão sem pólen, sendo que ambas foram superiores às demais dietas sem pólen, mas não citaram qual a espécie do pólen (Tabela 3). Venzon et al. (2006) verificaram que fêmeas e machos de *C. externa* alimentados com dietas com pólen de duas Fabaceae: guandu (*Cajanus cajan* L.) ou crotalária (*Crotalaria juncea* L.) + mel foram mais longevos do que aqueles nutridos com dietas compostas por esses pólens sem mel, bem como as fêmeas produziram maior número de ovos, e os valores obtidos para o conteúdo de proteína dos polens foi de 24,9% e 25,6%, respectivamente (Tabela 4). Polens de duas espécies forrageiras de Poaceae [*Pennisetum purpureum* Schum (capim elefante) e *Brachiaria decumbens* Stapf. (braquiária)] apresentaram efeitos positivos sobre a biologia de *C. externa*, apenas quando mel foi adicionado (OLIVEIRA et al., 2009) (Tabela 5).

Tabela 3. Características reprodutivas de *Chrysoperla externa* (Hagen) que receberam diferentes dietas alimentares (EP = erro padrão da média).

Dieta	Duração do período (dias) ($\pm EP$) (n)		
	Pré-oviposição	Oviposição	Pós-oviposição
Mel + LC ¹ (2:1)	6,10 \pm 0,34 a (19)	81,53 \pm 3,80 a (19)	3,11 \pm 0,69 a (19)
Mel + LC (2:1) + Pólen (10%)	5,28 \pm 0,39 a (18)	79,22 \pm 6,80 ab (18)	3,22 \pm 0,75 a (18)
Mel + LC (2:1) + SDF ¹ a 3% (10%)	4,80 \pm 0,16 a (20)	71,40 \pm 5,32 ac (20)	3,25 \pm 0,94 a (20)
Mel + LC (2:1) + SDF a 8% (10%)	5,32 \pm 0,46 a (19)	53,84 \pm 6,01 c (19)	2,47 \pm 0,80 a (19)
Dieta de Degrande (1996) ^{2a}	5,39 \pm 0,27 a (20)	56,60 \pm 7,05 bc (20)	4,70 \pm 1,12 a (20)
F	2,43ns	4,82**	0,77ns
CV	11,35%	23,11%	20,63%

¹LC = Levedura de cerveja, SDF = Solução de diamônio fostato. ²Dieta de Degrande (1996) = 15 mL de leite condensado; 1 ovo; 1 gema; 30 g de mel; 20 g de frutose; 30 g de levedura de cerveja; 30 g de germe de trigo; e água destilada. Estágio larval alimentado com ovos de *Sitotroga cerealella*. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ($p = 0,05$). Fonte: Ribeiro & Freitas (2000).

Tabela 4. Biologia de adultos *Chrysoperla externa* submetidos a diferentes dietas polínicas em condições de laboratório.

Dieta ^a	Pré-oviposição (dias) n.s.	Taxa de oviposição (ovos/dia) n.s.	Número total de ovos por fêmea	Estágio do ovo (dias) n.s.	Viabilidade dos ovos (%) n.s.	Longevidade fêmea	Longevidade macho
Pólen 1	6,5 \pm 1,87	7,2 \pm 2,27	161,5 \pm 90,10 a	4,8 \pm 0,12	70,4 \pm 21,91	33,0 \pm 10,08 a	32,4 \pm 8,56 a
Pólen 1 e mel	4,7 \pm 0,82	11,9 \pm 4,52	667,5 \pm 411,65 b	4,8 \pm 0,18	81,8 \pm 8,97	84,0 \pm 14,59 b	69,5 \pm 36,00 b
Pólen 2	7,7 \pm 1,75	6,3 \pm 2,20	174,2 \pm 57,16 a	5,0 \pm 0,04	38,2 \pm 14,61	39,0 \pm 5,76 a	41,0 \pm 8,00 a
Pólen 2 e mel	5,3 \pm 1,21	11,0 \pm 7,93	444,3 \pm 303,47 b	4,9 \pm 0,16	57,4 \pm 24,28	59,2 \pm 28,94 b	96,2 \pm 4,02 b
Pólen 3 e mel	9,4 \pm 3,78	6,4 \pm 5,07	301,0 \pm 288,1 a	4,9 \pm 0,08	52,5 \pm 35,63	65,3 \pm 28,90 a	42,2 \pm 23,07 a

^aPólen 1 = *Cajanus cajan*, Pólen 2 = *Crotalaria juncea*, Pólen 3 = *Ricinus communis*. Médias ($\pm DP$) dentro de uma coluna seguida pela mesma letra não diferem significativamente (ANOVA, $P < 0,05$); n.s. não significativo. Estágio larval alimentado com ovos de *Anagasta kuehniella*. Fonte: Venzon et al. (2006).

Tabela 5. Longevidade, amplitude de variação e parâmetros reprodutivos avaliados, valores médios (erro padrão), para *Chrysoperla externa* alimentada com diferentes dietas (temperatura a $25 \pm 1^\circ C$, 70% de UR e fotofase de 12 horas).

Dieta ¹	Período de pré-oviposição (dias)	Período de oviposição (dias)	Nº de ovos/fêmea	Nº de ovos/fêmea/dia	VO ¹ (%)	Longevidade macho (dias)	Longevidade fêmea (dias)
Lêvedo + mel	7,71 a (4-22)	70,42 a (43-98)	586,85 a (168-894)	8,5 a (6,43-13,14)	68,23 a	44,7 a (11-74)	78,1 a (8-149)
Pólen 1 + mel	10,87 a (2-33)	49,62 a (12-87)	337,62 ab (38-773)	6,38 a (0,77-10,17)	69,72 a	39,2 a (10-89)	77,1 a (5-140)
Pólen 2 + mel	15,77 a (2-44)	49,33 a (4-88)	241,22 ab (8-546)	6,08 a (0,44-14,14)	58,76 a	40,7 a (4-99)	73 a (4-139)
Pólen 3 + mel	7,28 a (2-23)	38,7 a (12-63)	207,71 b (15-594)	4,49 a (0,5-10,73)	56,00 a	16,3 ab (1-58)	59,4 ab (5-116)
Pólen 1	*	*	*	*	*	20,12 ab (6-42)	18,12 ab (2-52)
Pólen 3	*	*	*	*	*	12 ab (2-21)	16,9 ab (6-31)
Pólen 2	*	*	*	*	*	6,4 b (2-11)	8,3 b (2-14)

¹Lêvedo = lêvedo de cerveja, Pólen 1 = capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), Pólen 2 = mamona (*Ricinus communis*), Pólen 3 = braquiária (*Brachiaria decumbens*). VO = Viabilidade dos ovos. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn.*Número insuficiente de dados para a realização das análises, devido à baixa produção de ovos. Fonte: Oliveira et al. (2009).

Andrade (2013) observou que levedo de cerveja em pó e mel é uma dieta viável, mesmo quando os ingredientes não são misturados, para criação dos adultos de *C. externa*, mas provou uma redução na fecundidade, enquanto as dietas compostas apenas por pólen do sorgo de alepo [*Sorghum halepense* (L.) Pers] e apenas por levedo afetaram negativamente o desempenho reprodutivo das fêmeas, de modo que as elas não ovipositaram (Tabela 6). O mel foi capaz de manter os adultos vivos por tempo igual à dieta com levedo e mel, sendo que as fêmeas alimentadas com ambas as dietas foram reprodutivas.

Tabela 6. Parâmetros biológicos da geração G1 de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em função da dieta ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 h de fotofase).

Dieta ¹	Longevidade (dias) ²		Período de pré-oviposição (dias) ²	Período de oviposição (dias) ²	Nº de ovos/fêmea/dia ²	Fecundidade (Nº total de ovos/fêmea) ²	VO (%) ^{2,3}
	Macho	Fêmea					
A	51,71 a	72,29 a	28,83 b	43,17 a	6,48 a	341,57 a	42,93 a
B	14,42 b	74,29 a	17,50 b	61,50 a	2,85 c	54,57 b	69,24 a
C	2,29 b	2,29 b	-	-	-	-	-
D	43,00 a	64,57 a	54,50 a	1,67 b	4,77b	2,71 c	58,33 a
E	10,71 b	27,57 b	-	-	-	-	-

¹A = levedo de cerveja em pó e mel ofertado à parte, B = pólen de sorgo de alepo (*Sorghum halepense*) e mel ofertado à parte, C = pólen de sorgo de alepo, D = mel, E = levedo de cerveja em pó. Estágio larval alimentado com ovos de *Anagasta kuehniella*. ²Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³VO = viabilidade dos ovos (%). Fonte: Andrade (2013).

Resende et al. (2017) verificaram que adultos de *C. externa* são capazes de acessar o pólen de três espécies de plantas aromáticas da família Apiaceae (*Anethum graveolens* L., *Coriandrum sativum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.), os quais resultaram em maior longevidade de machos e fêmeas e melhores parâmetros reprodutivos das fêmeas em comparação com a água, usada como testemunha (Tabela 7).

Tabela 7. Longevidade e características reprodutivas de adultos F1 de *Chrysoperla externa* expostos a flores de espécies da Apiaceae em comparação à água (controle) em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$; $70 \pm 10\%$ UR; fotoperíodo de 12 h).

Tratamento ¹	Período de pré-oviposição [dias; média (intervalo)]	Período de oviposição [dias; média (intervalo)]	Número diário de ovos por fêmea [n; média (intervalo)]	Número total de ovos por fêmea (fecundidade) [n; média (intervalo)]	Viabilidade de ovos (%)	Longevidade [dias; média (intervalo)]	Longevidade [dias; média (intervalo)]
						macho	fêmea
Água destilada	- ²	-	-	-	-	1,30 a (0-2)	1,50 a (0-2)
Flor 1	8,50 a (6-12)	9,75 a (3-21)	7,15 a (0,33-12,81)	94,00 a (2-269)	63,06	21,60 b (17-32)	21,80 b (17-29)
Flor 2	7,75 a (4-9)	30,75 a (16-40)	7,51 a (0,85-12,56)	222,25 a (23-485)	61,90	19,80 b (14-33)	39,00 b (29-49)
Flor 3	9,67 a (8-12)	14,00 a (7-19)	8,46 a (1-18,86)	84,33 a (16-132)	70,62	22,00 b (16-28)	23,67 b (16-28)

¹Flor 1 = *Anethum graveolens*, Flor 2 = *Coriandrum sativum*, Flor 3 = *Foeniculum vulgare*, ²Sem ovos.

A mesma letra em cada coluna corresponde aos valores médios não diferem significativamente de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Fonte: Resende et al. (2017).

Melo et al. (2020) observaram que a mistura homogênea de pólen de *Artemisia tridentata* Nutt. (Asteraceae) (Sigma-Aldrich®) com mel, mistura homogênea de levedo de cerveja em pó e mel (florada predominantemente de laranjeira do Apiário Leão® da COAPI RIO, São Gonçalo, RJ), sendo as duas misturas na proporção de 1:1, e apenas levedo de cerveja em pó melhoraram os seguintes parâmetros biológicos de *C. externa*: fecundidade, pré-oviposição, oviposição, número médio de ovos/dia e viabilidade dos ovos em comparação as demais dietas: água, mel, pólen de *A. tridentata*, todos ofertados sozinhos, e pólen de *A.*

tridentata e mel ofertados simultaneamente, mas separados, sendo as larvas alimentadas com ovos de *E. kuehniella*.

Os polens de diferentes famílias botânicas e entre espécies de uma mesma família variam em seu conteúdo de proteína e na composição de seus aminoácidos (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000; NICOLSON & HUMAN, 2013), podendo produzir efeitos diferenciados na biologia dos insetos que apresentam hábito polinívoro, como os adultos de *C. externa* (VENZON et al., 2006).

Dessa forma, a presença de plantas provedoras de pólen e/ou néctar, conhecidas no Brasil como plantas atrativas de inimigos naturais, torna-se muito importante para a conservação desse crisopídeo nos agroecossistemas brasileiros sustentáveis, podendo aumentar sua eficiência como agente de controle biológico (GRAVENA, 1992; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; AGUIAR-MENEZES et al., 2021). No México, Jimenez & Carrillo (1978) apontaram o milho como uma boa planta atrativa de *C. carnea*. Estes autores observaram que o número de ovos da praga (*Heliothis* spp.) nos ponteiros dos algodoeiros em monocultivo foi de duas a três vezes maior do que quando intercalados com milho (seis linhas de milho para 20 linhas de algodão), não passando de 15 ovos por 100 ponteiros no policultivo algodão-milho, e concluíram que redução no nível de infestação dessa praga foi devido ao aumento da abundância de *C. carnea*, que foi três vezes ou mais abundante na presença do milho, que tem uma produção abundante de pólen (MAGALHÃES & DURÃES, 2006; VARGAS et al., 2006).

No entanto, a seleção dessas plantas atrativas aos insetos entomófagos se reveste de desafios, entre eles, plantas que possuam flores cuja corola permita o acesso desses insetos aos recursos florais, como pólen e néctar. Assim, a acessibilidade dos insetos entomófagos a esses recursos florais constitui um importante fator a ser considerado na escolha da espécie botânica que poderá ser empregada para compor o sistema de cultivo visando otimizar o controle biológico natural (PATT et al., 1997; VATTALA et al., 2006; ORRE et al., 2007, AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; BARBOSA et al., 2011; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012).

2.4 Espécies Floríferas Avaliadas

As espécies selecionadas das famílias Fabaceae e Poaceae que foram avaliadas no presente estudo quanto ao potencial como possíveis provedoras de polens para *C. externa* são comumente cultivadas como cobertura viva do solo, adubos verdes, produção de biomassa (fitomassa) para cobertura morta do solo, produção de composto orgânico e/ou controle de plantas espontâneas infestantes em sistemas de produção vegetal orgânica, como, por exemplo, no cultivo de hortaliças e fruteiras no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, também conhecida como Fazendinha Agroecológica do km 47, localizada no município de Seropédica, RJ (NEVES et al., 2005; MATA, 2016; SILVA et al., 2018; WEZEL et al., 2104; CARVALHO et al., 2021; SOUZA, 2022). Poucos estudos investigaram o potencial de espécies dessas famílias como plantas insetárias, provendo pólen e/ou néctar para os inimigos naturais das pragas, particularmente os insetos entomófagos (JIMENEZ & CARRILLO, 1978; GRAVENA et al., 1984; PAULA et al., 2004; RESENDE et al., 2007; BARROS et al., 2022).

2.4.1 Fabaceae

A família Fabaceae reúne plantas conhecidas vulgarmente como leguminosas. Atualmente ela é dividida em seis subfamílias: Caesalpinoideae, Cercidoideae, Detarioideae, Dialioideae, Duparquetioideae e Papilionoideae, das quais apenas a subfamília monoespecífica africana Duparquetioideae (*Duparquetia orchidacea* Baill.) não é encontrada no Brasil (AZANI et al., 2017; REFLORA, 2023). Ela agrupa mais de 19.500 espécies

distribuídas em 770 gêneros, ocorrendo nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo (LEWIS et al., 2005, 2013; AZANI et al., 2017). As leguminosas incluem várias espécies de interesse agronômico pelo papel que desempenham no equilíbrio do nitrogênio dos ecossistemas, devido à capacidade de se associarem com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (ALLEN & ALLEN, 1981; DUKE, 1981; WUTKE, 1993).

Resende et al. (2007) observaram que *Crotalaria spectabilis* Roth e *Mucuna deeringiana* (Bort) Merr. (ambas Fabaceae: Papilionoideae) usadas como adubos verdes em cultivo de couve contribuiu para aumento da diversidade de insetos-predadores dos pulgões da couve, em cultivo orgânico de inverno, nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense. O potencial de *Canavalia ensiformis* (L.) DC e *C. spectabilis* (ambas Fabaceae: Papilionoideae) como plantas atrativas de inimigos naturais de pragas agrícolas foi também demonstrado por Barros et al. (2022).

As leguminosas da subfamília Papilionoideae são possuidoras de nectários extraflorais, às vezes presentes no pecíolo e/ou na raque e/ou nas pinas, estando envolvidos na proteção da planta contra herbivoria, e as flores apresentam nectários envolvidos como a polinização, além dos polens serem caracterizados como mônade, 3-colporado, 3-colpado ou 3-porado (REFLORA, 2023; AZANI et al., 2017).

2.4.1.1 *Canavalia ensiformis* (L.) DC (feijão-de-porco)

Essa espécie de leguminosa (Fabaceae, Papilionoideae) de ampla distribuição tropical, sendo muito utilizada na agricultura como cobertura verde para enriquecer o solo de nutrientes (LÓPEZ, 2012; AZANI et al., 2017). Ela apresenta um ciclo de 90 a 100 dias para o florescimento, tem hábito de crescimento herbáceo, ereto e bem determinado, atingindo de 0,8 a 1,0 m, e tem a capacidade de produzir de 20 a 40 t ha⁻¹ de massa verde, sendo, portanto, considerada um excelente adubo verde (ALVARENGA et al., 1995).

As inflorescências de *C. ensiformis* são axilares do tipo racemo, com 25-36 cm de comprimento, com 2-3 flores agrupadas nas protuberâncias nodais ao longo da raque, pedicelos 1-2 mm de comprimento, glabrescentes e a corola é de cor roxa ou violácea (Figura 3). A floração geralmente ocorre de 60 a 90 dias após plantio (LÓPEZ, 2012; FLEBES, 2017). Essa espécie é autopolinizada, mas é também polinizada por formigas, abelhas solitárias e abelhas carpinteira (ou mamangava) (SHEAHAN, 2012; LIU et al., 2014).

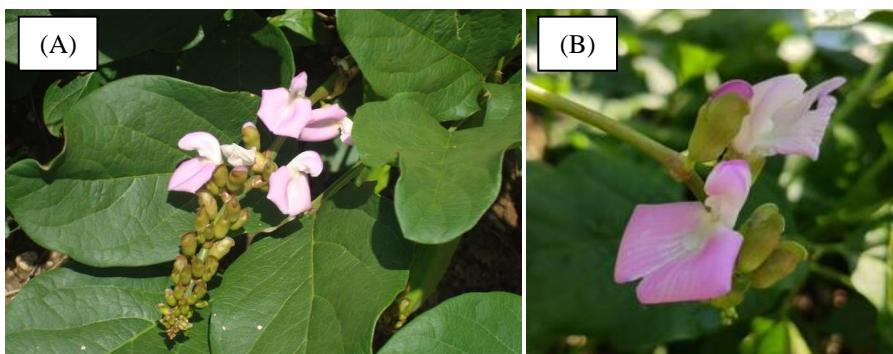


Figura 3. Feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (Fabaceae). (A) Inflorescência com botões florais fechados e algumas flores abertas (ADI, 2012), (B) Vista aproximada da flor (Foto do autor).

Os grãos de pólen de *C. ensiformis* são amarelos, quando maduros, 3-zonoporados, apresentando tamanho de 20 µm a 50 µm (médio), com os poros circulares entre 7 e 8 µm de diâmetro e são equiláteros (Figura 4). A espessura da exina varia de 2 a 3 µm e a superfície dos grãos de pólen é levemente faveolada, sendo que a ectoexina é tão espessa quanto a endoexina, e a exina apresenta ornamentação do tipo microreticulada (RODRIGUES & TORNE, 1991).

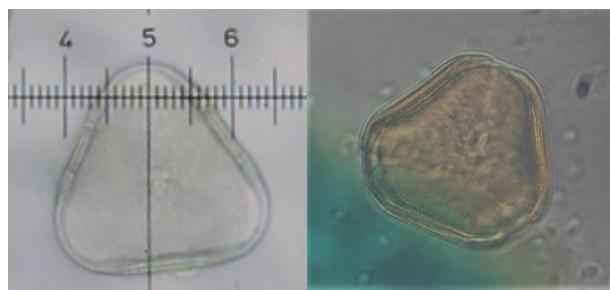


Figura 4. Grão de pólen de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (Fabaceae) (Foto do autor).

Essa leguminosa que realiza a fixação biológica do nitrogênio (FBN) atmosférico em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* Frank (Rhizobiaceae), pode ser também usada como planta de cobertura, no controle de nematoides fitopatogênicos e na supressão de plantas espontâneas, e apresenta potencial como planta remediadora de metais pesados no solo (PEREIRA, 2005; MORAES et al., 2006; CORREA et al., 2014; MENINE et al., 2016; CARVALHO et al., 2021).

2.4.1.2 *Cajanus cajan* (L. Millsp.) (guandu)

O guandu (Fabaceae, Papilionoideae) é uma planta anual ou perene de vida curta, possui ciclo de florescimento de 65 a 180 dias dependendo da variedade, tem hábito de crescimento herbáceo (de 1 a 5 m de altura), ereto e determinado ou indeterminado, dependendo também da variedade e fotoperíodo, atingindo de 1 a 4 metros de altura, tem capacidade de produzir de 15 a 30 t ha⁻¹ de massa verde (GODOY, 2003; MOREIRA et al., 2003; RAYOL & ALVINO-RAYOL, 2012; LIMA FILHO et al., 2014; AZANI et al., 2017). Essa leguminosa pode fazer associação simbiótica com a bactéria *Bradyrhizobium*, sendo capaz de fornecer mais de 90% do nitrogênio utilizado para o seu desenvolvimento (VALARINI & GODOY, 1994).

As flores do guandu são hermafroditas e do tipo papilionáceas, apresentam corola e pétalas com simetria do tipo zigomórfica (bilateral) e com presença de nectários florais, com coloração variando de amarela, alaranjada, avermelhada ou a mistura dessas cores (Figura 5), variando em tamanho de 1,5 cm até 1,8 cm de comprimento, distribuídas ao longo de um ramo ou em racemos terminais com 5 a 10 flores (inflorescência), as quais apresentam nectários (PEREIRA, 1985; SAXENA et al., 2016).

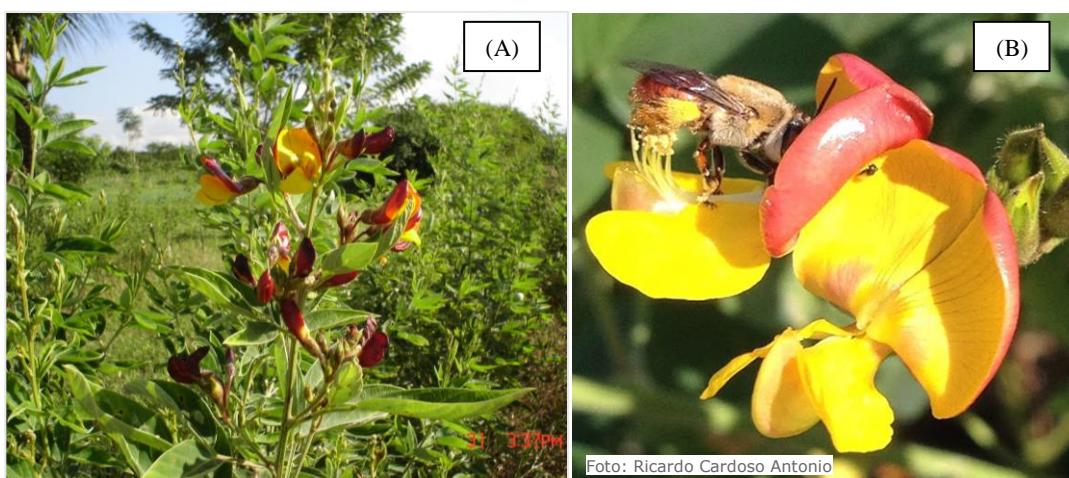


Figura 5. Guandu, *Cajanus cajan* (Fabaceae). (A) Racemo terminal com as flores (Autor: Elen L. Aguiar-Menezes), (B) Flor em vista aproximada, sendo visitada por abelha do gênero *Centris*, com as pernas posteriores (escopa) encostando nos estames (HUNI, 2023).

Os grãos de pólen de *C. cajan*, quando maduros, apresentam cor amarela, são mônades (individualmente dispersos), tricolporados, com simetria radial, com formato prolato-esferoidal, tamanho grande (entre 50 e 100 µm) e a exina tem 2-3 µm de espessura e ornamentação do tipo reticulada (Figura 6) (SRIVASTAVA, 1978; RCPOL, 2023a).

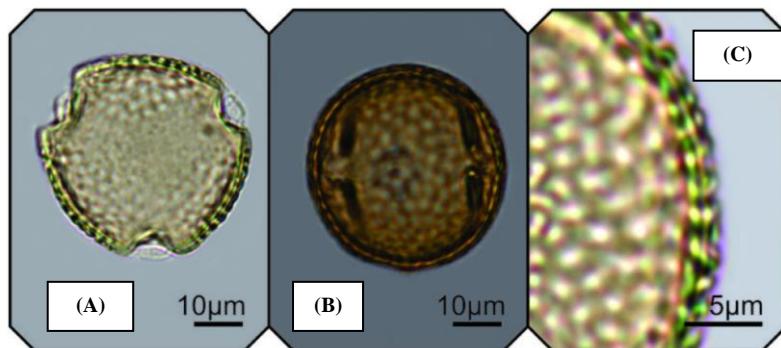


Figura 6. Grãos de pólen de guandu, *Cajanus cajan* (Fabaceae). (A) Vista polar, (B) Vista equatorial, (C) Detalhe da ornamentação da exina (RCPOL, 2023a).

2.4.1.3 *Crotalaria juncea* L. (crotalária)

Em geral, as crotálias (Fabaceae, Papilonoideae) são plantas anuais, eretas, arbustivas, de crescimento determinado, chegando a atingir 1,60 a 2,80 m de altura (SILVA & MENEZES, 2007; AZANI et al., 2017). *Crotalaria juncea* é originária da Índia e sua planta é anual, de hábito arbustivo ereta, podendo alcançar até 3,5 m de altura, com caule estriado e pubescente, até 2 cm de diâmetro. As folhas são simples; oblongo-elípticas e caducas. Inflorescência em racemo terminal aberto, com até 25 cm de comprimento, com 4 a 20 flores, que apresentam nectários, são hermafroditas, de cor amarela, pentâmeras; com cinco sépalas peludas; padrão ereto, suborbicular, com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro (Figura 7) (RICCI, 2017; ACIAR, 2020).



Figura 7. Crotália, *Crotalaria juncea* (Fabaceae). (A) Inflorescência (Foto do autor), (B) Tipo de anteras (elongadas e arredondadas) (RICCI, 2017), (C) Abelha *Xylocopa frontalis* visitando a flor em busca de néctar, e ao pousarem na quilha, liberando os grãos de pólen, os quais se aderem nas pernas anteriores e medianas e região torácica e abdominal ventral (RICCI, 2017).

O ciclo de inflorescência da crotalária se inicia por volta de 50 a 55 dias após o plantio e pode variar de acordo com o fotoperíodo e o volume de chuvas durante o seu desenvolvimento, com capacidade de produzir entre 13 e 60 t ha⁻¹ de massa verde (SILVA & MENEZES, 2007; AZANI et al., 2017). É uma ótima fixadora biológica de nitrogênio, possui a capacidade de reduzir algumas espécies de nematoides pragas de culturas e controle de plantas espontâneas (MCSORLEY, 1999). O período de floração é de 120 dias após plantio e melhor época de plantio nos meses de outubro e novembro (SALGADO et al., 1987; ARAÚJO, 2008).

Os grãos de pólen de *C. juncea* são mônades, simetria radial, pequenos (tamanho entre 10 e 25 µm), tricolporado ou 3-zonocolporado, com poro circular a lolongado (endoabertura alongada longitudinalmente), formato oblato-esferoidal e exina com 0,087 µm de espessura e ornamentação microrreticulada (Figura 8) (GUPTA & GUPTA, 1979; LIN & HUANG, 1999). As flores apresentam dois tipos de anteras: teca elongada e teca arredondada, cujos grãos de pôlens são morfologicamente semelhantes (LIN & HUANG, 1999; RICCI, 2017).

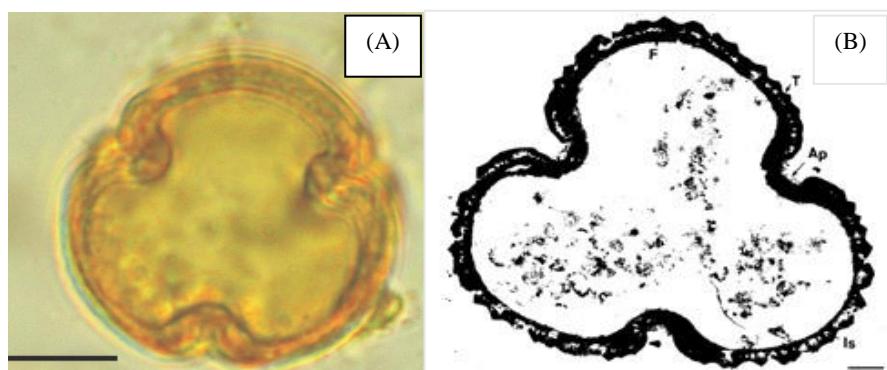


Figura 8. Grãos de pólen de crotalária, *Crotalaria juncea* (Fabaceae). (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Características gerais: Ap = Apocolpo (região polar microperfurada), F = Intina (contínuo), Is = Infrateto (columelar), T = Tecto; barra = 2 µm (LIN & HUANG, 1999).

2.4.1.4 *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr.

Essa leguminosa (Fabaceae, Papilonoideae) é nativa das regiões tropicais e subtropicais do velho mundo, mormente África, Ásia e Oceania (GHALOT et al., 2011). As inflorescências são predominantemente axilares, em racemos densos, de 5 a 30 cm de comprimento, com 15 a 40 flores do tipo papilionáceas (Figura 9). As flores possuem nectários e têm pedicelos muito curtos, lilás a roxas; brácteas lanceoladas, até 5 cm de comprimento, tomentosas, caducas; cálice até 1 cm de comprimento, com dentes linear-lanceolados, tomentosos; corola pouco pronunciada e quilha obtusa (PASIECZNIK, 2014; RIJAL et al., 2018).

O início de período de florescimento varia de 150 a 360 dias, de acordo com a espécie e a altitude em que é cultivada, podendo apresentar até duas floradas ao ano, porém a combinação dos fatores comprimento do dia e estresse por déficit hídrico podem alterar o tempo de seu florescimento (ANDERSSON et al., 2006).

Essa leguminosa (Fabaceae, Papilonoideae) possui ciclo perene, porte arbustivo, ereto e com ramificações, altura variando de 1 a 4 metros, tem capacidade de produzir em torno de 35 t ha⁻¹ de massa verde (ANDERSON et al., 2006; SALMI et al., 2013; AZANI et al., 2017). Possui a capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico em simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* Jordan (Nitrobacteraceae) nas raízes, controle de plantas espontâneas por sua capacidade de sombreamento e produção de fitomassa quando em decomposição (SILVA et al., 1985; YAMOAH et al., 1986).

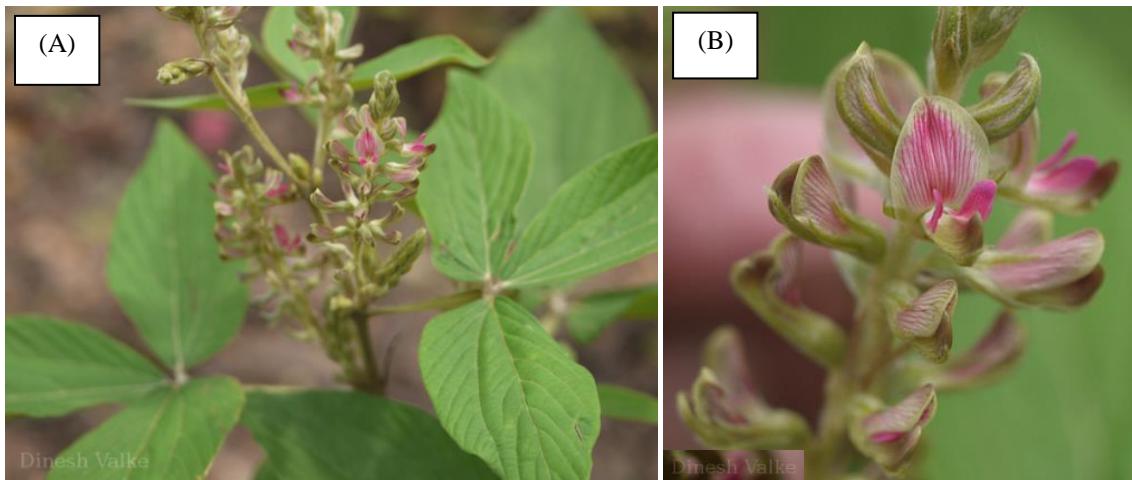


Figura 9. *Flemingia*, *Flemingia macrophylla* (Fabaceae). (A) Inflorescência, (B) vista aproximada das flores (Autor das fotos: Dinesh Valke) (RAO et al., 2019).

Grãos de pólen de *Flemingia macrophylla* são pequenos (diâmetro de 20,7 µm, em média, variando de 17,5 a 23,8 µm em vista polar, e 18,8 a 25,0 em vista equatorial), tricolporados, com formato suboblato a prolato-esferoidal (Figura 10) (OHASHI et al., 2005).

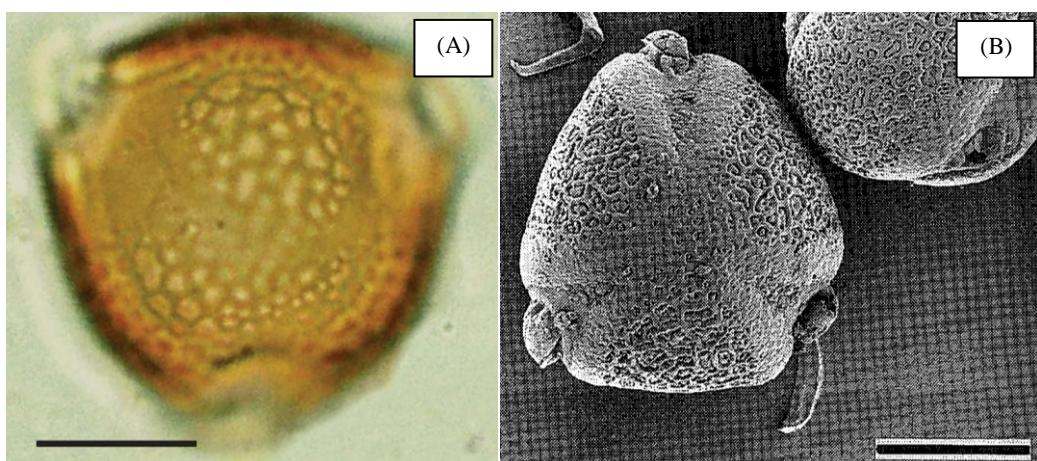


Figura 10. Grãos de pólen de flemingia, *Flemingia macrophylla* (Fabaceae). (A) Vista polar em microscópio ótico (Foto do autor), (B) Vista polar em microscopia eletrônica de varredura (OHASHI et al., 2005).

2.4.2. Poaceae

A família Poaceae era conhecida como Gramineae e, em geral, as plantas desta família são chamadas vulgarmente de gramas, relvas ou capins. Ela é composta de 793 gêneros e tem mais de 10.000 espécies descritas pelo mundo, e no Brasil abrange cerca de mais de 200 gêneros e 1.400 espécies (WATSON & DALLWITZ, 1992; FILGUEIRAS et al., 2010). Essa família contém várias espécies de importância ecológica e econômica, por sua distribuição em vários ecossistemas vegetais e por possuir diversas utilizações na alimentação humana e animal (GPWG, 2001, BORBA, 2007). Além disso, as poáceas têm importância ecológica significativa, visto que algumas espécies são conhecidas por fornecer pólen para visitantes florais, como as abelhas; entretanto, as flores das poáceas não produzem néctar (RIJAL et al., 2018). Há espécies de Poaceae cujas flores produzem odores atrativos aos insetos, de modo a guiá-los até o recurso floral desejado (SCHULZE-ALBUQUERQUE et al., 2020; ABRAHAMCZYK et al. 2023).

O uso do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) como planta atrativa de insetos entomófagos foi demonstrado por Jimenez & Carrillo (1978) no México, e Gravena et al. (1984) no Brasil, respectivamente, com resultados eficientes no controle de pragas agrícolas. Paula et al. (2004) observaram que talhões de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tutorado circundados por faixa de gramíneas (milho e sorgo) requereram menor uso de inseticidas e apresentaram maiores produtividades e populações de himenópteros predadores em comparação daqueles circundados por leguminosas (crotalária e guandu).

2.4.2.1 *Avena strigosa* Schreb. (aveia-preta)

A aveia-preta é uma espécie exótica, anual de inverno, resistente a baixas temperaturas e solos pobres em nutrientes, possui crescimento inicial rápido com colmos cilíndrico, eretos e glabros e resistente a pisoteio e doenças, altura pode variar de 36 a 80cm (CECATO et al., 1998; FEROLLA et al., 2007; LUZ et al., 2008). Utilizada para manejo e conservação de solo em cobertura e adubação verde, auxilia no controle de erosão e no controle de plantas espontâneas (PEREIRA, 1985; BONFANTE et al., 2021). Essa espécie tem capacidade de produzir em torno de 7 t ha⁻¹ a 11 t ha⁻¹ de massa fresca (LIMA FILHO et al., 2014; FAVARATO et al., 2017; BONFANTE et al., 2021).

Sua inflorescência é do tipo panícula piramidal e difusa, (Figura 11), na qual apresenta espiguetas com seus grãos primário, secundário e terciário, e essa inflorescência se forma com a emissão de flores em torno de mais de 45 dias pós-plantio (FEROLLA et al., 2007).



Figura 11. Aveia-preta, *Avena strigosa* (Poaceae). (A) Planta em floração (Foto do autor), (B) Desenho da planta, com suas flores (KOPS, 1881).

Os grãos de pólen de *A. strigosa* são mônades, com simetria radial, de formato esferoidal, tamanho de 40,7 µm, em média (tamanho médio), heteropolares, com uma abertura do tipo poro (monoporado) circular com ânulo (diâmetro de 5 µm localizado no polo distal), como colpo ausente, exina com 1,04 µm de espessura e ornamentação do tipo microequinada (revestida com espinhos compreendendo menos do que 1µm) (Figura 12) (NEHA & KALKAR, 2010; RADAESKI et al., 2018; RCPOL, 2023b).

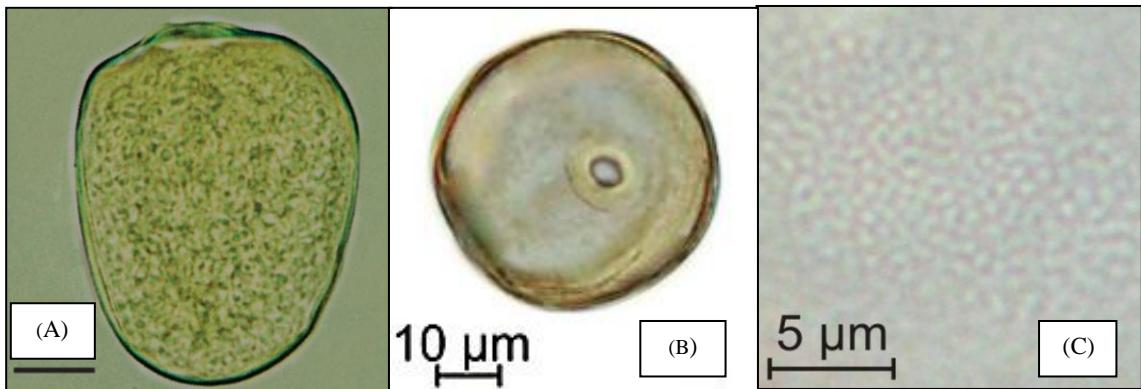


Figura 12. Grão de pólen de aveia-preta, *Avena strigosa* (Poaceae). (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Vista do poro, (C) Ornamentação da exina (microequinada) (RCPOL, 2023b).

2.4.2.2 *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (milheto)

O milheto é uma planta de clima tropical, anual, de crescimento ereto e rápido, com altura variando de 1,5 a 5 m de altura, quando cultivado no verão, adaptado a diferentes tipos de solo e fertilidades baixas, não é hospedeiro de pragas de importância econômica e com potencial de reduzir inóculos de doenças e pragas do solo, tem capacidade de produzir em torno de 10 t ha⁻¹ de massa seca, muito utilizado para uso de ração animal, devido seu alto valor proteico (LIMA et al., 2009; BUSO et al., 2011) e com potencial para controlar plantas infestantes em sistemas de produção orgânico (CARVALHO et al., 2021).

O período de florescimento ocorre de 50 a 90 dias pós-plantio, sua inflorescência tem forma de panícula longa e contraída (Figura 13). O ciclo total da planta pode variar de 130 a 140 dias, produzindo uma grande quantidade de sementes no final (DANTAS & NEGRÃO, 2010; GÖRGEN, 2016).



Figura 13. Milheto, *Pennisetum glaucum* (Poaceae). (A) Panículas aderidas à planta, (B) Panículas colhidas e inclinadas sobre bandeja forrada com papel para coleta de pólen em laboratório (Fotos do autor).

Os grãos de pólen de *P. glaucum* medem de 1,68 a 1,96 µm, apresentam uma única abertura do tipo poro (monoporado) com anel, com formato esferoidal (vista subpolar). O diâmetro do poro varia de 2,60 a 4,17 µm e diâmetro do anel mede de 1,58 a 2,19 µm e a ornamentação da exina varia entre areolada e escabrada (Figura 14) (NEHA & KALKAR, 2010).

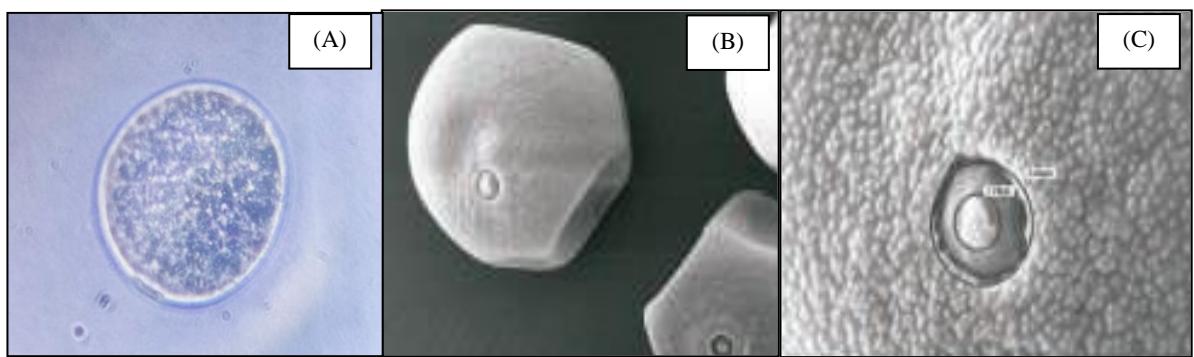


Figura 14. Grão de pólen de milheto, *Pennisetum glaucum* (Poaceae). (A) Vista polar (Foto do autor) (microscópio óptico), (B) Vista subpolar, (C) Abertura do grão de pólen (B e C, microfotografias por microscópio de varredura) (NEHA & KALKAR, 2010).

2.4.2.3 *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo)

As plantas de *S. bicolor* são anuais, de crescimento ereto, de porte variando de 1,0 a 5,0 m, bem adaptadas a várias condições ambientais, tolerantes à déficit hídrico e excesso de umidade no solo, porém sensível ao fotoperíodo, capacidade de produzir em torno de 1,5 t ha⁻¹ de massa seca. O sorgo é também conhecido como “milho-d’angola” e “milho-da-guine”. Basicamente, existem cinco tipos de sorgo: granífero, biomassa, forrageiro, sacarino e vassoura (NEUMANN et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2008; EMBRAPA, 2011; POMPEU et al., 2014). As plantas do sorgo tipo “vassoura” apresenta a inflorescência com fibras longas e podem atingir até 5,0 m de altura, sendo voltado para fabricação artesanal de vassouras, conhecidas como vassouras melga ou caipira (Figura 15) (BARCELLOS, 2022).

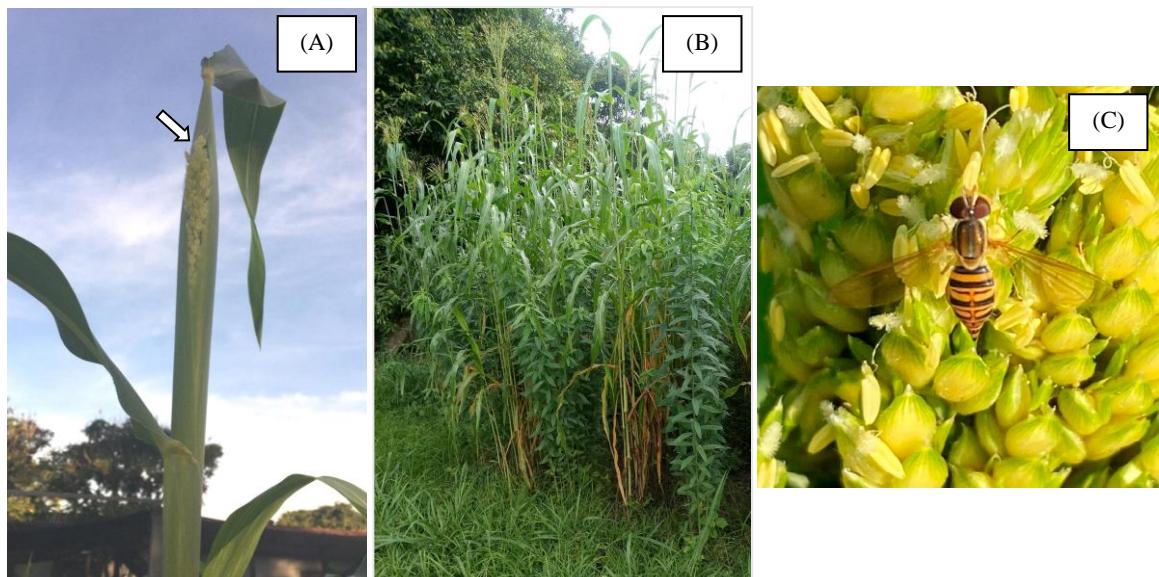


Figura 15. Sorgo, *Sorghum bicolor* (Poaceae). (A) Planta de sorgo “vassoura” exibindo a panícula em pré-florescimento (seta) (Foto do autor), (B) Plantio de sorgo “vassoura” consorciado com crotalária na Fazendinha Agroecológica do Km 47 (Seropédica, RJ) (Foto: Elen L. Aguiar-Menezes), (C) Adulto de sirfídeo (*Toxomerus politus*) sobre flores de sorgo (anteras visíveis), possivelmente coletando o pólen (HARRIS-SHULTZ et al., 2022).

Os grãos de pólen de *S. bicolor* são mônades, têm formato ovado, esferoidal, tamanho variando de 36,2 a 45,2 µm (média de 42 µm) no eixo mais longo, monoporados (pôrto circular com 3,1 µm de diâmetro, em média), com colpo ausente, exina com 1 µm de espessura e a sua ornamentação é do tipo insular ou granular (formado pela fusão de grânulos

compactos dividindo a superfície em pequenas áreas) (Figura 16) (CHATURVEDI et al., 1994; NEHA & KALKAR, 2010; POLLEN-WIKI, 2023).

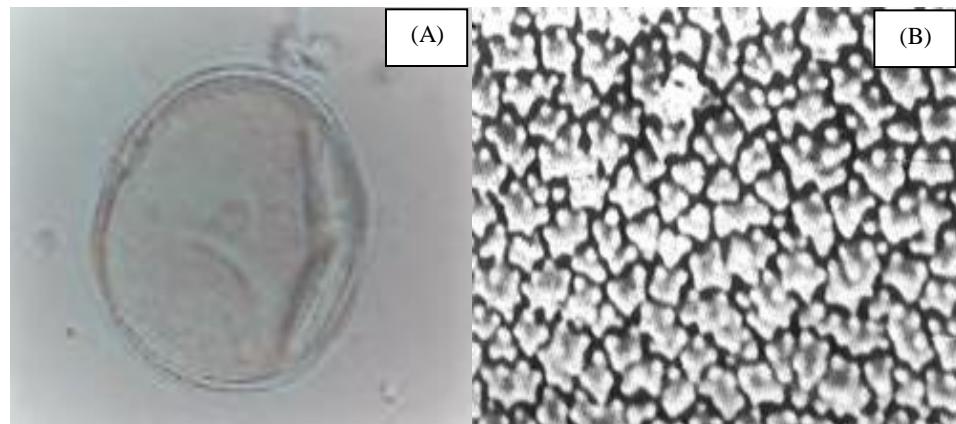


Figura 16. Grão de pólen de sorgo, *Sorghum bicolor*. (A) Vista polar (Foto do autor), (B) Micrografia da ornamentação da exina (insular) em microscópio eletrônico de varredura (CHATURVEDI et al., 1994).

2.4.2.4 *Zea mays* L. (Poaceae) (milho)

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae com ciclo de cerca de 90 dias pós-semeadura, possui colmo ereto, não ramificado, com nós e entrenós, altura em média de 169 cm, produtividade média de 2 a 3 t ha⁻¹, uns dos cereais mais consumidos no mundo devido seu alto valor nutricional (CARVALHO et al., 2004; MODESTO et al., 2012; MENDES et al., 2013). O período de floração se inicia normalmente entre 50 e 100 dias pós-semeadura, possui inflorescências masculinas (panícula) (Figura 17) e femininas (espigas axilares) (BARROS & CALADO, 2005). Um pendão de tamanho médio produz ao redor de 2,5 milhões de grãos de pólen e, em geral, o florescimento dura por um período que varia entre 4 e 8 dias (MAGALHÃES & DURAES, 2006; VARGAS et al., 2006).

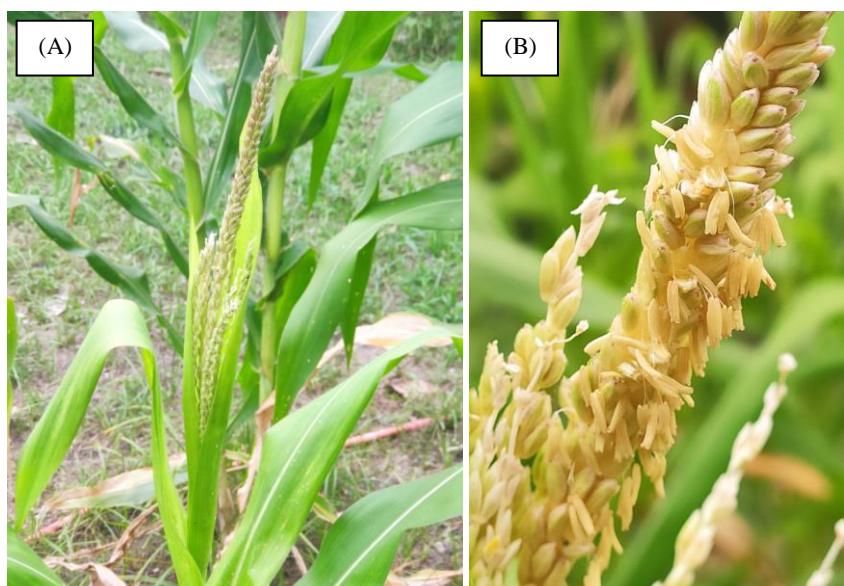


Figura 17. Inflorescência masculina (panícula) do milho, *Zea mays* (Poaceae). (A) Panícula emergindo entre as folhas, (B) Vista aproximada da panícula, exibindo os estames (Fotos do autor).

Os grãos de pólen de *Z. mays* são mônades, uma única abertura do tipo poro (monoporado) subtendido por um anel, com formato oblato-esferoidal, com tamanho grande (diâmetro médio ao redor de 95 µm em vista polar e equatorial) a muito grande (100 - 200 µm), exina com 1,04 µm de espessura, em média, e ornamentação do tipo microequinada (revestida com espinhos compreendendo menos do que 1 µm) (Figuras 18 e 19) (MORGADO et al., 2015; RCOPOL, 2023c). O pólen de milho tem coloração amarela devido à presença de seu principal flavonoide, queracetina (LUNDGREN & WIEDENMANN, 2004; FREIRE et al., 2012).

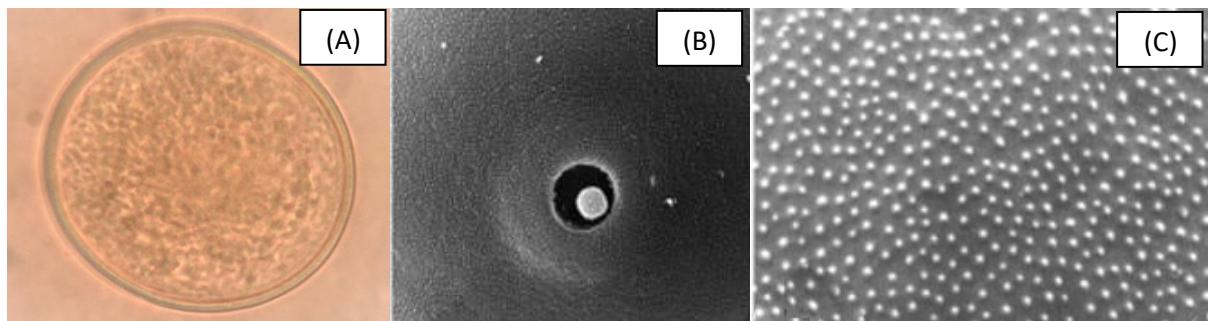


Figura 18. Grão de pólen de milho, *Zea mays* (Poaceae). (A) Fotomicrografia em vista polar (Foto do autor), (B) eletromicrografia do detalhe do poro , (C) eletromicrografia da ornamentação da exina (MORGADO et al., 2015).

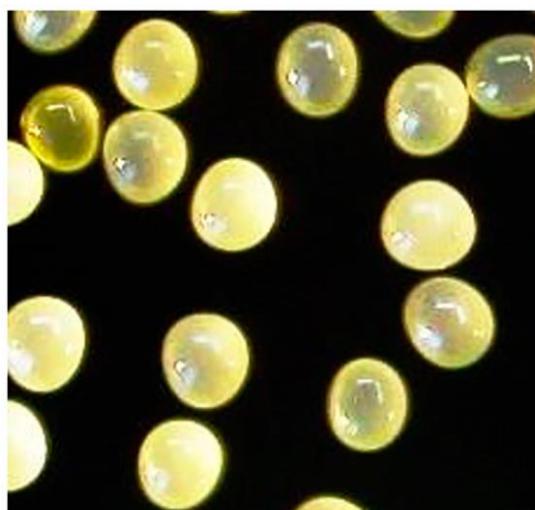


Figura 19. Grãos frescos de pólen de milho, *Zea mays* (Poaceae). Fotografia feita com o microscópio digital KeyenceVHX 600 (aumento de 200x) (BUJANG et al., 2021).

No México, Jimenez & Carrillo (1978) mostraram que o manejo em faixa usando seis linhas de milho para cada 20 linhas de algodoeiros foi eficiente em reduzir o número de ovos da mariposa *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodão, sendo resultado do aumento do número de crisopídeos (*C. carnea*) e de percevejos predadores, *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae), presentes nos algodoeiros.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMCZYK, S.; STRUCK, J.-H.; WEIGEND, M. The best of two worlds: ecology and evolution of ambophilous plants. **Biological Reviews**, v. 98, p. 391-420, 2023.
- ACIAR. Australian Centre for International Agricultural Research. *Crotalaria juncea*. Tropical Forage. Bruce: ACIAR, 4p. Disponível em: https://www.tropicalforages.info/text/entities/crotalaria_juncea.htm. Acesso em: 18 fev. 2023.
- ADI, O. *Canavalia ensiformis* in Indonesia [2012]. Disponível em: <http://infocanavaliaensiformis.blogspot.com/2012/07/canavalia-ensiformis-jack-bean-in.html>. Acesso em 18 fev. 2023.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- AGUIAR-MENEZES, E. L. **Controle biológico de pragas: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 44p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 164). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/625667/controle-biologico-de-pragas-principios-e-estrategias-de-aplicacao-em-ecossistemas-agricolas>>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- AGUIAR-MENEZES, E. L. **Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004, 68p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 177).
- AGUIAR-MENEZES, E. L. Manejo fitossanitário em sistemas orgânicos de produção no Brasil. In: NICOLI, C. F.; MONHOL, C.; MARQUES JUNIOR, E.; FALQUETO, H. Z.; SARTORI, I. F.; GARCIA, I. R. (orgs.). **Agronomia: colhendo as safras do conhecimento**. Alegre: UFES, CAUFES, 2017. p. 63-92. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/seagro/issue/view/845>>. Acesso em: 29 dez. 2020.
- AGUIAR-MENEZES, E. L.; SILVA, A. C. **Plantas atrativas para inimigos naturais e sua contribuição para o controle biológico de pragas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 60p. (Série Documentos, 283p).
- AGUIAR-MENEZES, E. L; FERNANDES, V. J.; SOUZA, T. S. Plantas como fonte de polens para uso no controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; NEVES, W. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Org.). **Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade?** 1ed. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2021, p. 79-87.
- ALBUQUERQUE, G. S. 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 Informação Tecnológica, 2009. p. 969-1022.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history in central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994.

ALLEN, O. N; ALLEN, E. K. **The Leguminosae, a source book of characteristic, uses and nodulation.** Madison: University of Wisconsin, 1981. 812 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia:** as bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular; AS-PTA, 2012. 400 p.

ALTIERI, M. A. **Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas.** Valparaíso: Cetal Ediciones, 1992.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. M.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas.** Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.

ALVARENGA, R. C.; DA COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

AMARAL, D.S.; VENZON, M.; PALLINI, A.; LIMA, P.C.; DESOUZA, O. A diversificação da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)? **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 543-548, 2010.

AMBROSINO, M. D.; LUNA, J. M.; JEPSON, P. C.; WRATTEN, S. D. Relative frequencies of visits to selected insectary plants by predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae), other beneficial insects, and herbivores. **Environmental Entomology**, v. 35, n. 2, p. 394-400, 2006.

ANDERSSON, M. S.; SCHULTZE-KRAFT, R.; PETERS, M.; HINCAPIÉ, B.; LASCANO, C. E. Morphological, agronomic and forage quality diversity of the *Flemingia macrophylla* world collection. **Field Crops Research**, v. 96, n. 2-3, p. 387-406, 2006.

ANDRADE, K. A.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; MENDONÇA, C. B. F.; VIEIRA, G. R. M.; MELO, S. J.; MAGALHÃES, J. L. A.; MELO, G. J. B. Pollen ingestion by *Chrysoperla externa* (Hagen) adults in a diversified organic agroecosystem. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 118-130, 2018.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável.** Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005. 517p.

ARAÚJO, W. B. M. **Fertilização orgânica no desenvolvimento da leguminosa *Crotalaria juncea* L.** Mossoró, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Dissertação de Mestrado, 2008.

ARBICO ORGANICS. ARBICO Organics™ Good Bug Power Blend: don't let your green lacewing and other beneficial insects fly away -this great seed assortment provides pollen and nectar. Disponível em: <https://www.arbico-organics.com/product/good-bug-flower-seeds-attract-feed-beneficial-insects/pollination-aids>. Acesso em: 20 jan. 2023.

AZANI, N.; BABINEAU, M.; BAILEY, C. D.; BANKS, H.; BARBOSA, A. R. et al. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **TAXON**, v. 66, n. 1, p. 44-77, 2017.

BAGGEN, L. R.; GURR, G. M.; MEATS, A. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 91, p. 155-161, 1999.

BALDINI, K. B. L.; QUINTEIRO, M. M. C. Agroecologia e as práticas tradicionais: reconhecendo os saberes ancestrais. In: SANTOS, M. G.; QUINTERO, M. (comps.). **Saberes tradicionais e locais: reflexões etnobiológicas**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2018, pp. 28-49.

BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego: Academic, 1998. 396p. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780120781478> (Portal da CAPES).

BARBOSA, F. S.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; ARRUDA, L. N.; SANTOS, C. L. R.; PEREIRA, M. B. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 101-110, 2011. <https://core.ac.uk/download/pdf/16386247.pdf>.

BARCELLOS, T. Tudo o que você precisa saber sobre plantio de sorgo. Porto Alegre: Aegro, 2022. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/sorgo/>. Acesso em: 19 fev. 2023.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros, Circular Técnica, 19). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/510596/recomendacoes-tecnicas-para-o-uso-da-adubacao-verde-em-solos-de-tabuleiros-costeiros>. Acesso em: 03 fev. 2023.

BARROS, A. P.; SILVA, A. C.; ABOUD, A. C. S.; RICALDE, M. P; ATAIDE, J. O. Effect of *Cosmos*, *Crotalaria*, *Foeniculum*, and *Canavalia* species, single-cropped or mixes, on the community of predatory arthropods. **Scientific Reports**, v. 12, n. 16013, 2022.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. 2014. Évora: Universidade de Évora, 2005.

BEBBER, D.; RAMOTOWSKI, M.; GURR, S. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. **Nature Climate Change**, v. 3, p. 985-988, 2013.

BRASIL. Decreto Nº 6323, de 27 de dezembro de 2007, regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/decreto-no-06-323-de-27-de-dezembro-de-2007.pdf/view>. Acesso em: 05 fev. 2023a.

BRASIL. Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf/view>. Acesso em: 05 fev. 2023b.

BELLOWS, T. S.; FISHER, T. W.; CALTAGIRONE, L. E.; DAHLSTEN, D. L.; GORDH, G.; HUFFAKER, C. B. **Handbook of biological control: principles and applications of biological control**. New York: Elsevier, 1999. 1046p. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780122573057> (Portal da CAPES).

BONFANTE, N. O.; BRAMMER, S. P.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; LÂNGARO, N. C. Floral biology of *Avena strigosa*. **Biota**, v. 34, n. 2, p. 1-15, 2021.

BORBA, M. F. S. **Denominações de origem e o desenvolvimento regional: o exemplo da pampa**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2007 (Documentos, 69).

BOREGAS, K. G. B.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 7-16, 2003.

BOZSIK, A. Natural adult food of some important *Chrysopa* species (Planipennia: Chrysopidae). **Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica**, v. 27, p. 141-146, 1992.

BROOKS, S. J.; BARNARD, P. C. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Series**, v. 59, n. 2, p. 117-286, 1990.

BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; RAMAIYA, S. D. Chemical constituents and phytochemical properties of floral maize pollen. **PLoS ONE**, v.16, n.2, p. e0247327, 2021.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; BORGES, L.; DE SOUZA FRANÇA, A. F. Uso do milheto na alimentação animal. **PUBVET**, v. 5, n. 22, ed. 169, art. 1136, 2011.

CANARD, M.; DUELLI, P. Predatory behaviour of larvae and cannibalism. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 92-100.

CANARD, M.; MCEWEN, P.; NEW, T.; WHITTINGTON, A. Natural food and feeding habits of lacewings. **Lacewings in the crop environment**, p. 116-129, 2001.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. 2.ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969. 304p. Disponível em: https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/primavera_silenciosa_-_rachel_carson_-_pt.pdf. Acesso em: 23 jan. 2021.

CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed. Lavras: Editora da UFLA, 2009. p. 77-115.

CARVALHO, F. P. Agriculture, pesticides, food security and food safety. **Environmental Science & Policy**, v. 9, p. 685-692, 2006.

CARVALHO, H. W. L.; DOS SANTOS, M. X.; DA SILVA, A. A. G.; CARDOSO, M. J.; DOS SANTOS, D. M.; TABOSA, J. N.; DE CARVALHO, B. C. L. **Caatingueiro - uma variedade de milho para o semi-árido nordestino**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 5p. (Comunicado Técnico, 29).

CARVALHO, W. P.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. **Plantas de cobertura no controle de infestantes em sistema orgânico**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 31p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 373).

CASTRO, A. C. M.-C.; BARBOSA, N. C. C. P. Recent evolutionary history of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, p. e0177414, 2017.

CECATO, U.; SARTI, L.L.; SAKAGUTI, E. S.; DAMASCENO, J. C.; REZENDE, R.; SANTOS, G. T. Avaliação de cultivares e linhagens de aveia (*Avena* spp.). **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 3, p. 347-354. 1998.

CECH, R.; LEISCH, F.; ZALLER, J. G. Pesticide use and associated greenhouse gas emissions in sugar beet, apples, and viticulture in Austria from 2000 to 2019. **Agriculture**, v. 12, n. 879, p. 1-16, 2022.

CHAPMAN, R. F. Nitrogenous excretion and, salt and water regulation. In: CHAPMAN, R. F. **The insects, structure and function**. New York: Elsevier, 1971. p. 490-512.

CHATURVEDI, M.; YUNUS, D.; DATTA, K. Pollen morphology of *Sorghum* Moench – Sections *Eu-sorghum* and *Para-sorghum*. **Grana**, v. 33, n. 3, p. 117-123, 1994.

COLLEY, M. R.; LUNA, J. M. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Environmental Entomology**, v. 29, p. 1054-1059, 2000.

CORREA, M. L. P.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; LEMOS, J. P.; CONCEIÇÃO, P. M. D. Interferência do feijão-de-porco na dinâmica de plantas espontâneas no cultivo do milho orgânico em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 160-172, 2014.

DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. M. Características agronômicas do milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, v. 4, n. 37, p. 1-20, 2010.

DANTAS, P. C.; SERRÃO, J. E.; SANTOS, H. C. P.; CARVALHO, G. A. Anatomy and histology of the alimentary canal of larvae and adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 60, p. 1-7, 2021.

D'ÁVILA, V. A.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; PEREIRA, R. N.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; MENDONÇA, C. B. F.; MELO, S. J.; SANTOS, T. M. Effect of provision of apiaceous flowers associated to foods on the biology of *Coleomegilla maculata*. **Phytoparasitica**, v. 45, p. 471-484, 2017.

DE BORTOLI, S. A.; CAETANO, A. C.; MURATA, A. T.; OLIVEIRA, J. E. M. Desenvolvimento e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 145-152, 2006.

DEUTSCH, C. A.; TEWKSURY, J. J.; TIGCHELAAR, M.; BATTISTI, D. S.; MERRILL, S. C.; HUEY, R. B.; NAYLOR, R. L. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. **Science**, v. 361, n. 6405, p. 916-919, 2018.

DEVETAK, D.; KLOKOČOVNIK, V. The feeding biology of adult lacewings (Neuroptera): a review. **Trends in Entomology**, v. 12, p. 29-42, 2016.

DOUTT, R. L.; NAKATA, J. The rubus leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. **Environmental Entomology**, v. 2, n. 3, p. 381-386, 1973.

DUKE, J. A. **Handbook of legumes of world economic importance**. New York: Plenum Press, 1981. 345p.

ECOLE, C. C.; SILVA, R. A.; LOUZADA, J. N. C.; MORAES, J. C.; BARBOSA, L. R.; AMBROGI, B. G. Predation of eggs, and larvae and pupae of coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) by *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 318-324, 2002.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, v. 46, n. 4, p. 387-400, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Sorgo [2011]**. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 21 de jan. 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. **The 10 elements of agroecology, guiding the transition to sustainable food and agricultural systems**. Roma: FAO, 2019. 15p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>. Acesso em: 04 de fev. 2023.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. O. Densidade de semeadura e épocas de corte de aveia-preta para o sistema plantio direto de alface no estado do Espírito Santo. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320979930_DENSIDADE_DE_SEMEADURA_E_EPOCAS_DE_CORTE_DE_AVEIA_PRETA_PARA_O_SISTEMA_PLANTIO_DIRETO_DE_ALFACE_NO_ESTADO_DO_ESPÍRITO_SANTO. Acesso em: 20 jan. 2021.

FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Manejo ecológico de fitoparasitas. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 273-322.

FEROLLA, F. S.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; AGUIAR, R. S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1512-1517, 2007.

FIEDLER, A. K.; LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. **Biological Control**, v. 45, p. 254-271, 2008.

FIEDLER, A., TUELL, J., ISAACS, R.; LANDIS, D. **Attracting beneficial insects with native flowering plants**. East Lansing: Michigan State University Extension, 2007. 5p. (Extension Bulletin E-2973).

FILGUEIRAS, T. S. et al. 2010. Poaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000193>>. Acesso em 20 jan. 2021.

FLEBES, E. A. V. *Canavalia ensiformis* (jack bean). CABI Digital Library, CABI Compendium, 2017. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.14486> (Datasheet)

FONTES, E. M. G.; VALADARES, M. C. **Controle biológico de pragas na agricultura.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 514p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2020.

FREIRE, K. R.; LINS, A. C.; DÓREA, M. C.; SANTOS, F. A.; CAMARA, C. A.; SILVA, T. M. Palynological origin, phenolic content, and antioxidant properties of honeybee-collected pollen from Bahia, Brazil. **Molecules**, v. 17, n. 2, p. 1652-1664, 2012.

FREITAS, S. *Chrysoperla* Steinmann, 1964 (Neuroptera, Chrysopidae): descrição de uma nova espécie do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 3, p. 385-387, 2003.

FREITAS, S. **Criação de crisopídeos (bicho lixeiro) em laboratório.** Jaboticabal: Funep, 2001. 20 p.

FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores.** São Paulo: Manole, 2002. p. 209-224.

FREITAS, S.; MORALES, A. M. Indicadores morfométricos em cabeças de espécies brasileiras de *Chrysoperla* (Neuroptera, Chrysopidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.4, p. 499-503, 2009.

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. 12p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 44).

GEPP, J. Morphology and anatomy of preimaginal stages of Chrysopidae: a short survey. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds.). **Biology of Chrysopidae.** The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 9-18.

GHALOT, K.; LAL, V. K.; JHA, S. Phytochemical and pharmacological potential of *Flemingia* Roxb. ex W.T.Aiton (Fabaceae). **International Journal of Phytomedicine**, v. 3, p. 294-307, 2011.

GIANNINI, T. C.; COSTA, W. F.; CORDEIRO, G. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIWA, A. M.; BIESMEIJER, J.; GARIBALDI, L. A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0182274, 2017.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 2.ed. Porto Alegre: Universidade, UFRGS, 2001. 653p.

GODOY, R.; BATISTA, L. A. R., SOUZA, F. H.; PRIMAVESI, A. C. Caracterização de linhagens puras selecionadas de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) (1). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 546-555, 2003.

GÖRGEN, A. V.; CABRAL FILHO, S. L. S.; LEITE, G. G.; SPEHAR, C. R.; DIOGO, J. M. D. S.; FERREIRA, D. B. Produtividade e qualidade da forragem de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) e de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 4, p. 599-607, 2016.

GPWG. Grass Phylogeny Working Group. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals Missouri Botanical Garden**, v. 88, n. 3, p. 373-457, 2001.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 281-299, 1992.

GRAVENA, S.; CHURATA-MASCA, M. G. G.; ARAI, J.; RAGA, A. Manejo integrado da mosca branca *Bemisia tabaci* (Gennadius. 1889) em cultivares de tomateiro de crescimento determinado visando redução de virose do mosaico dourado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.13, n.1, p. 35-45, 1984.

GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Agriculturas**, v. 4, n. 1, p. 24-28, 2007.

GUPTA, P. K.; GUPTA, R. Pollen morphology in diploid species of *Crotalaria* L. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, v. 88, n. 1, p. 49-56, 1979.

GULLAN, PJ. P.; CRANSTON, P. S. **Os insetos, um resumo de entomologia**. 4^aed. São Paulo: Roca, 2012. 480p.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n. 2, p. 107-116, 2003.

HARRIS-SHULTZ, K. R.; ARMSTRONG, J. S.; CABALLERO, M.; HOBACK, W. W.; KNOLL, J. E. Insect feeding on *Sorghum bicolor* pollen and Hymenoptera attraction to aphid-produced honeydew. **Insects**, v. 13, n. 12, article number 1152, 2022. <https://doi.org/10.3390/insects13121152>.

HATT, S.; BOERAeve, F.; ARTRU, S.; DUFRÊNE, M.; FRANCIS, F. Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services: an agroecological perspective. **Science of the Total Environment**, v. 62, p. 600-611, 2018.

HATT, S.; XU, Q.; FRANCIS, F.; OSAWA, N. Aromatic plants of East Asia to enhance natural enemies towards biological control of insect pests. a review. **Entomologia Generalis**, v. 38, n. 4, p. 275-315, 2019.

HORNE, J. E.; McDERMOTT, M. **The next Green Revolution: essential steps to a healthy, sustainable agriculture**. New York: Food Products Press, 2001. 312p.

HUFFAKER, C. B.; MESSENGER, P. S. **Theory and practice of biological control**. San Diego: Academic Press, 1976. 788p.

HUNI. Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta, UNIRIO. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Disponível em: <http://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/cajanus-cajan-l-millsp>. Acesso em: 18 fev. 2023.

JIMENEZ, A. J. G.; CARRILLO, S. J. L. Fauna insectel benefica en algodonero con maiz intercalado, comparada con algodonero solo. **Agricultura Técnica in México**, v. 4, p.113-154, 1978.

JOHANOWICZ, D. L.; MITCHELL, E. R. Effects of sweet alyssum flowers on the longevity of the parasitoid wasps *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Florida Entomologist**, v. 83, p. 41-47, 2000.

KINGS SEEDS. Wildflower Beneficial Insect & Pollinator Blend 100g. Disponível em: <https://www.kingsseeds.co.nz/shop/Field+Selection/Wildflowers/Beneficial+Insect++Pollinator-2-2.html>. Acesso em: 20 jan., 2023.

KOPS, J. *Avena strigosa*. **Flora Batava**, v. 16, t. 1258, 1881. Disponível em: http://plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=137250. Acesso em: 19 fev. 2023.

KULSHRESHTHA, S. N.; WHEATON, E. E. Sustainable agriculture and climate change. **Sustainability**, Special Issue, p. 1-244, 2018.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. 2005. **Legumes of the world**. Richmond: Royal Botanical Gardens, 2005. 577p.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B. D.; MACKINDER, B. A.; RICO, L.; CLARK, R. A. linear sequence of legume genera set in a phylogenetic context - a tool for collections management and taxon sampling. **South African Journal of Botany**, v. 89, p. 76-84, 2013.

LI, Y.; MICHAEL MEISSLE, M.; ROMEIS, J. Consumption of Bt maize pollen expressing Cry1Ab or Cry3Bb1 does not harm adult green lacewings, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **PLoS ONE**, v. 3, n. 8, article number e2909, 2008.

LIEBMAN, M. Sistemas de policultivos. In: ALTIERI, M. (ed.). **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3.ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012. p. 221-240.

LIN, H.-W.; HUANG, T.-C. A palynological study of the genus *Crotalaria* L. (Leguminosae) in Taiwan. **Taiwania**, v. 44, n. 3, p. 384-403, 1999.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. V. 1, 507p.

LIMA, M. L. M.; FERNANDES, J. J. R.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, S. C.; ROCHA, F. M.; LIMA, D. A. Substituição do milho triturado por casca de soja em dietas para vacas mestiças em lactação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1037–1043, 2009.

LIU, M.-Q.; DING, M.-M.; CHEN, L.-J.; OUYANG, K.-X.; HUI, W.-K.; LI, J.-C.; CHEN, X.-Y. Genetic diversity and relationships among *Canavalia ensiformis* (L.) DC. accessions as revealed by sequence-related amplified polymorphism markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 57, p. 242-249, 2014.

LIXA, A. T., CAMPOS, J. M., RESENDE, A. L. S., SILVA, J. C., ALMEIDA, M. M. T. B., AGUIAR-MENEZES, E. L. Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas aromáticas

(Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema agroecológico. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 354-359, 2010.

LÓPEZ, R. E. *Canavalia ensiformis* (L) DC (Fabaceae). **Revista Fitos**, v. 7, n. 3, p. 146-154, 2012.

LUNDGREN, J. G. The pollen feeder. In: LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009a. p. 87-116.

LUNDGREN, J. G. The sugar feeder. In: LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009b. p. 23-43.

LUNDGREN, J. G.; WIEDENMANN, R. N. Nutritional suitability of corn pollen for the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Insect Physiology**, v. n. 50, p. 567-575, 2004.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; FARIA, L. D. A. LIMA, C. G. D. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 421-426, 2008.

KOCZOR, S.; SZENTKIRÁLYI, F.; TÓTH, M. New perspectives for simultaneous attraction of *Chrysoperla* and *Chrysopa* lacewing species for enhanced biological control (Neuroptera: Chrysopidae). **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2019.

MA, C. S.; ZHANG, W.; PENG, Y.; ZHAO, F.; CHANG, X.-Q.; XING, K.; ZHU, L.; MA, G.; YANG, H.-P.; RUDOLF, V. H. Climate warming promotes pesticide resistance through expanding overwintering range of a global pest. **Nature Communications**, v. 12, article number 5351, 2021.

MACEDO, L. P. M., SOUZA, B., CARVALHO, C. F., ECOLE, C. C. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento e na reprodução de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 91-96, 2003.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular técnica, 76).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 6p.

MALÉZIEUX, E.; BEILLOUIN, D.; MAKOWSKI, D. Feeding the world better: crop diversification to build sustainable food systems. **Perspective**, 58, 1-14, 2022.

MARAFELI, P.; REIS, P.; SILVEIRA, E.; SOUZA-PIMENTEL, G.; TOLEDO, M. Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 691-697, 2014.

MATA, M. G. F. **Um modelo experimental para avaliar a qualidade do solo e a viabilidade técnica e econômica de um sistema de produção orgânica intensiva de hortaliças**. 2016. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MCEWEN, P.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University, 2001. 546p.

MCSORLEY, R. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. **Journal of nematology**, v. 31, n. 4S, p. 619, 1999.

MEDEIROS, M. A.; RIBEIRO, P. A.; MORAIS, H. C.; CASTELO BRANCO, M.; SUJII, E. R.; SALGADO-LABORIAU, M. L. Identification of plant families associated with the predators *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* Guérin-Menéville (Coleoptera: Coccinellidae) using pollen grain as a natural marker. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 293-300, 2010.

MELO, G. J. B.; BERBER, G. C. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RESENDE, A. L. S.; PEREIRA, R. N. Parâmetros biológicos de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados com pólen de Asteraceae em condições de laboratório. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 2, p. 43-50, 2020.

MENDES, M. M. D. S.; LACERDA, C. F. D.; CAVALCANTE, A. C. R.; FERNANDES, F. É. P.; OLIVEIRA, T. S. D. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1342-1350, 2013.

MENINE, F.; SILVA, D. M. S.; MENDES, T. P.; BARREIROS, R. B.; OLIVEIRA, F. L. Eficiência agronômica de rizóbios em feijão de porco para fins de adubação verde. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n.23; p. 540-548, 2016.

MICHAUD, J. P.; GRANT, Angela K. Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. **Biological Control**, v. 32, n. 3, p. 363-370, 2005.

MODESTO, V.; de SOUZA, H. A.; POMPEU, R.; NATALE, W. Relações biométricas e índice SPAD do milho submetido a fontes e doses de nitrogênio na região Semiárida do Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2012. 4 p.

MONSERRAT, V. J.; OSWALD, J. D.; TAUBER, C. A.; DIAZ-ARANDA, L. M. Recognition of larval Neuroptera. In: McEWEN, P.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. cap. 1, p. 3–28.

MORAES, S. R., CAMPOS, V. P., POZZA, E. A., FONTANETTI, A., CARVALHO, G. J., MAXIMINIANO, C. Influência de leguminosas no controle de fitonematóides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 188-191, 2006.

MORANDO, Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 42-48, 2014.

MOREIRA, V. F.; PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; GUEDES, R. E.; COSTA, J. R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. (Comunicado técnico, 57).

MORGADO, L. N.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; RESENDES, R.; VENTURA, M. A. M. Pollen morphology of Poaceae (Poales) in the Azores, Portugal. **Grana**, v. 54, n. 4, p. 282-293, 2015.

MURPHY, B. C.; ROSENHEIM, J. A.; DOWELL, R. V.; GRANETT, J. Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of western grape leafhopper. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 87, n. 3, p. 225-235, 1998.

MYERS, R.; WEBER, A.; TELLATIN, S. **Cover crop economics: opportunities to improve your bottom line in row crops.** College Park: Sustainable Agriculture Research & Education (SARE), 2019. 24p. Disponível em: <https://www.sare.org/resources/cover-crop-economics/>. Acesso em: 03 fev. 2023.

NEHA, K.; KALKAR, S. A. Pollen morphology of millets-exine surface ultrastructure. **Asian Journal of Experimental Biological Sciences**, s/v, p. 85-90, 2010.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G. de; FREITAS, A. K. de; Avaliação do Valor Nutritivo da Planta e da Silagem de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R; RIBEIRO, R. L. D; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do km 47. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (eds.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável.** Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005. p.149-172.

NICHOLLS, C. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. **Agroecología**, v. 1, p. 37-48, 2008. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/19>.

NICOLSON, S.; HUMAN, H. Chemical composition of the ‘low quality’ pollen of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). **Apidologie**, v. 44, p. 144-152, 2013.

NIELSEN, N.; GROMMER, J.; LUNDEN, R. Investigations on the chemical composition of pollen from some plants. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 9, p. 1100-1106, 1955.

NÚÑEZ, E. Z. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 31, n.1, p. 76-82, 1989.

OHASHI, H.; NEMOTO, T.; ONODERA, R. Pollen Morphology of the Japanese Phaseoleae (Leguminosae: Papilionoideae). **Journal of Japanese Botany**, v. 80, n. 3, p. 125-160, 2005.

OLIVEIRA, A. S.; AUAD, A. M.; SOUZA, B.; CARVALHO, C. A.; SOUZA, L. S.; AMARAL, R. L.; SILVA, D. M. Benefícios do mel e pólen de forrageiras nos parâmetros

biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 583-588, 2009.

OLIVEIRA, S. A., SOUZA, B. AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A. Can larval lacewings *Chrysoperla externa* (Hagen): (Neuroptera, Chrysopidae) be reared on pollen? **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 697-700, 2010.

OPAR, A. **Fighting climate change through farming**. New York: Natural Resources Defense Council - NRDC, 2021. <https://www.nrdc.org/stories/fighting-climate-change-through-farming>. Acesso em 04 fev. 2023.

ORRE, G. U. S.; TOMPKINS, J.-M.; JONSSON, M.; JACOMETTI, M. A.; WRATTEN, S. D. Provision of floral resources for biological control restoring an important ecosystem service. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 2, p. 96-84, 2007.

PASIECZNIK, N. *Flemingia macrophylla* (large leaf flemingia). CABI Digital Library, CABI Compendium, 2014. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.24227>

PARKER, J. E.; SNYDER, W. E.; HAMILTON, G. C.; RODRIGUEZ-SAONA, C. Companion planting and insect pest control. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. (eds.). **Weed and pest control - conventional and new challenges**. London: IntechOpen, 2013. 31p. <http://dx.doi.org/10.5772/55044>.

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**. Piracicaba: FEALQ, 2021. 592p.

PATT, J. M.; HAMILTON, G. C.; LASHOMB, J. H. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 83, p. 21-30, 1997.

PAULA, S. V., PICANCO, M. C., OLIVEIRA, I. R.; GUSMAO, M. R. Controle de broqueadores de frutos de tomateiro com uso de faixas de culturas circundantes. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 33-39, 2006.

PEREIRA, B. F. F. **Potencial fitorremediador das culturas de feijão-de-porco, girassol e milho cultivadas em latossolo vermelho contaminado com chumbo**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical/Gestão de Recursos Agroambientais) – Campinas-SP: Instituto Agronômico, 2005.

PEREIRA, J. **O feijão guandu**: uma opção para a agropecuária brasileira. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1985. 27p. (Embrapa-CPAC. Circular técnica, 20).

PEREIRA, J. P. Aveia forrageira. **Informe Agropecuário**, v. 6, p. 59-70, 1985.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; CECON, P. R.; GUERRA, J. G. M.; FREITAS, G. B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5., p. 453-459, 2006.

POLLEN-WIKI. *Sorghum bicolor*, *Sorghum vulgare* Syn. Disponível em: https://pollen.tstebler.ch/MediaWiki/index.php?title=Sorghum_bicolor. Acesso em: 19 fev. 2023.

POMPEU, R. C. F. F.; ANDRADE, I. R. A. DE; SOUZA, H. A. DE; GUEDES, F. L.; OLIVEIRA, L. S.; TONUCCI, R. G.; MARTINS, E. C. **Produtividade e custos de produção de silagem para alimentação de ovinos a partir de sorgo, milheto e girassol**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, Circular Técnica, 2014, 6 p.

POVEDA, K.; GÓMEZ, M. I.; MARTÍNEZ, E. Diversification practices: their effects on pest regulation and production. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 34, n. 2, p. 131-144, 2008.

PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. Feeding habits. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 76-92.

RADAESKI, J. N.; EVALDT, A. C. P.; BAUERMANN, S. G. Anthropic pollen indicators: Poaceae pollen of non-native species in Southern Brazil. **Open Access Journal of Science**, v. 2, n. 2, p. 137-144, 2018.

RAO, K. S.; SWAMY, R. K.; KUMAR, D.; SINGH R., A.; BHAT, K. G. *Flemingia macrophylla*. Flora of Peninsular India, 2019. Disponível em: <http://flora-peninsula-indica.ces.iisc.ac.in/herbsheet.php?id=4318&cat=7>. Acesso em: 18 fev. 2023.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

RCPOL. Rede de catálogos polínicos online. Fabaceae: *Cajanus cajan* (L.) Huth, feijão-guandu. Disponível em: <http://chaves.rcpol.org.br/profile/species/taxon/taxon:pt-BR:Cajanus%20cajan>. Acesso em: 18 fev. 2023a.

RCPOL. Rede de catálogos polínicos online. Poaceae: *Avena strigosa* Schreb., aveia-preta. Disponível em: <http://chaves.rcpol.org.br/profile/species/taxon/taxon:pt-BR:Avena%20strigosa>. Acesso em: 18 fev. 2023b.

RCPOL. Rede de catálogos polínicos online. Poaceae: *Zea mays* L., milho. <http://chaves.rcpol.org.br/profile/species/taxon/taxon:pt-BR:Zea%20mays>. Acesso em: 18 fev. 2023c.

REFLORA. Fabaceae in Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115>>. Acesso em: 30 jul. 2023

REINHARD, A.; JANKE, M.; VON DER, W.; KEMPF, M.; THEURING, C.; HARTMANN, T.; SCHREIER, P.; BEUERLE, T. Feeding deterrence and detrimental effects of pyrrolizidine alkaloids fed to honey bees (*Apis mellifera*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1086-95, 2009.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. **Ocorrência de insetos predadores de pulgões em cultivo orgânico de couve em sistema solteiro e consorciado com adubos verdes**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6p. (Comunicado técnico, 101).

RESENDE, A. L. S.; SOUZA, B.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; OLIVEIRA, R. J.; CAMPOS, M. E. S. Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 257-263, 2014.

RESENDE, A. L. S.; SOUZA, B.; FERREIRA, R. B.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Flowers of Apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera). **Biological Control**, v. 106, p. 40-44, 2017.

RESENDE, A. L. S.; VIANA, A. J. S.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RIBEIRO, R. L. D.; RICCI, M. S. F.; GUERRA, J. G. M. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.

REZENDE, M. Q.; VENZON, M.; SANTOS, P. S.; CARDOSO, I. M.; JANSSSEN, A. Extrafloral nectary-bearing leguminous trees enhance pest control and increase fruit weight in associated coffee plants. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 319, n. 107538, 2021.

RICCI, N. A. P. **A influência da morfologia e da biologia floral no sucesso reprodutivo do adubo verde *Crotalaria juncea* L. (Leguminosae, Papilionoideae)**. 2017. 75p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

RIJAL, S. P.; THAPA, R. B.; SHARMA, M. D.; SAH, S. K.; GC, Y. D. Bee floral calendar of cultivated and wild plants available in different agroecosystems of Chitwan, Nepal. **International Journal of Research – Granthaalayah**, v. 6, n. 11, p. 222-245.

RODRIGUES, B. F.; TORNE, S. G. Morphological features of pollen grains in the three *Canavalia* species. **Plant Cell**, v. 23, p. 51-54, 1991.

ROOT, R. B. Organization of plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleraceae*). **Ecology Monograph**, v. 43, p. 95-124, 1973.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? **Ecological Monographs**, v. 70, p. 617-643, 2000.

SALGADO, L. B.; BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. de. *Crotalaria juncea*. In: Instituto Agronômico (Campinas). **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. 4.ed. Campinas, p.81-82. (Boletim, 200), 1987.

SALMI, A. P.; RISSO, I. A. M.; GUERRA, J. G. M.; URQUIAGA, S.; ARAÚJO, A. P. D.; ABOUD, A. C. D. S. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio de *Flemingia macrophylla*. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 79-85, 2013.

SAXENA, K. B.; TIKLE, A. N.; KUMAR, R. V.; CHOUDHARY, A. K.; BAHADUR, B. Nectarivore-aided hybridization and its exploitation for productivity enhancement in pigeonpea. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 6, n. 8, p. 321-331, 2016.

SCHIEDECK, G.; CARDOSO, J. H.; SCHWENGBER, J. E. Saber popular como elemento primordial para trabalhos em Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 521-524, 2007.

SCHULZE-ALBUQUERQUE, I.; COSTA, A. C. G.; MILET-PINHEIRO, P.; NAVARRO, D. M. A. F.; THOMAS, W. W.; MACHADO, I. C. Visual and olfactory floral cues related to ambophilous pollination systems in Poaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 192, p. 242-257, 2020.

SHEAHAN, C. M. **Plant guide for jack bean (*Canavalia ensiformis*)**. Cape May: USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, 2012.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M. Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 248-258, 2015.

SILVA, E. M. R.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento do fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.85-88, 1985.

SILVA, F. S., GUERRA, J. G. M.; MATA, M. G. F.; PIAN, L. P.; CEDDIA, M. B.; SILVA, D. G. Desafios e reflexões sobre a experiência de um Módulo de Cultivo Orgânico Intensivo de Hortaliças nas condições da Baixada Fluminense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalaria juncea: II-disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; PIERRE, L. S. R.; MENDES, S. M. Plantas cultivadas e invasoras como habitat para predadores do gênero *Orius* (Wolff) (Heteroptera: Anthocoridae). **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 261-265, 2003.

SINGH, A. **Farmscaping; farming with nature in mind**. The Canadian Organic Grower, p.56-58, 2004. Disponível em: <http://magazine.cog.ca/article/farmscaping-farming-nature-mind/>. Acesso em 23 jul. 2020.

SOSA DUQUE, F. J. **Espécies de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) da Venezuela**. 2011. 213 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102287>>. Acessado em: 16 mar. 2020.

SOUZA, T. S. **Viabilidade agroeconômica e dinâmica das populações de joaninhas de um sistema de cultivo orgânico diversificado de hortaliças**. 2022. 165 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2022.

SRIVASTAVA, V. Pollen morphology of *Cajanus cajan* (L.) Willd. (Leguminosae) cultivars and their hybrids. **Grana**, v. 17, n. 2, p. 107-109, 1978.

STELZL, M.; DEVETAK, D. Neuroptera in agricultural ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 305-321, 1999.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Maydica**, v. 56, n. 3, p. 283-289, 2011.

TYLIANAKIS, J. M.; DIDHAM, R. K.; WRATTEN, S. D. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. *Ecology*, v. 85, p. 658-666, 2004.

UZÊDA, M. C.; MARQUES, B. F.; ROCHA, F. I.; SOUZA, L. L.; BOAL, S. S. Plantas alimentícias não convencionais e a intensificação ecológica através da polinização: estudo de caso do assentamento São José da Boa Morte (Cachoeiras de Macacu/ RJ). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 292-311, 2023.

VALARINI, M. J.; GODOY, R. Contribuição da fixação simbiótica de nitrogênio na produção do guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). *Scientia Agricola*, v. 51, n. 3, p. 500-504, 1994.

VALENZUELA, H. R. **Insectaries; the use of insectary plants as a reservoir for beneficials in vegetable agroecosystems**. Vegetable Crops Update, Manoa, v. 4, p. 1-8, 1994. Disponível em: <http://www2.hawaii.edu/~hector/VegCropUpdates/1994/Nov94%20.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

VAN DEN BOSCH, R. **The pesticide conspiracy**, an alarming look at pest control and the people who keep us “hooked” on deadly chemical. New York: Doubleday & Company, 1978. 226p.

VATTALA, H. D.; WRATTEN, S. D.; PHILLIPS, C. B.; WÄCKERS, F. L. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. *Biological Control*, v. 39, n. 2, p.179-185, 2006.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. Estádios fenológicos de milho. In: VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. (eds). **Manejo de plantas daninhas na cultura de milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 20p. (Documentos online, 61).

VENZON, M. Agro-ecological management of coffee pests in Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, p. 1-13, 2021.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E.; PALLINI, A. Controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (eds.). **Controle alternativo de doenças e pragas**. Viçosa: EPAMIG, 2005. p. 1-22.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E.; SOUZA, B.; SCHÖREDER, J. H. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology*, v. 35, p. 371-376, 2006.

VENZON, M.; TOGNI, P. H. B.; SUJII, E. R. Controle biológico conservativo. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (eds.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 99-124.

WÄCKERS, F. L. Suitability of (extra-) floral nectar, pollen and honeydew as insect food source. In: WÄCKERS, F. L.; VAN RIJN, P. C. J.; BRUIN, J. (eds.). **Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 17-73.

WÄCKERS, F. L.; VAN RIJN, P. C. J. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In: GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; SNYDER, W. E.; READ, D. M. Y. (eds.). **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. Chichester: Wiley, 2012. p. 139-165.

WANG, Z.; TANG, P.; SHI, M.; HUANG, J.; CHEN, X. Flowering plants and entomophagous arthropods in the agricultural landscape: a practise-oriented summary of a complex relationship. **Frontiers of Agricultural Science and Engineering**, v. 9, n. 1, p. 63-74, 2022.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J-F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 1, p.1-20, 2014.

WRATTEN, S.D.; LAVANDERO, B. I.; TYLIANAKIS, J.; VATTALA, D.; ÇILGI, T.; SEDCOLE, R. Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity. **New Zealand Plant Protection**, v. 56, p. 239-245, 2003.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. The grass genera of the world. Wallingford: C.A.B. International, 1992. 1081p. Disponível em: <<https://www-cambridge.ez30.periodicos.capes.gov.br/core/journals/experimental-agriculture/article/abs/grass-genera-of-the-world-by-l-watson-and-m-j-dallwitz-wallingford-oxfordshire-cab-international-1992-pp-1024-7500-americas-only-us14250-isbn-0851988024/39565A8716F7EF93098CF0FFFB4DB9FB#access-block>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (eds.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1993. p. 17-29. (Documentos IAC, 35).

YAMOAH, C. F.; AGBOOLA, A. A.; MULONGOY, K. Decomposition, nitrogen release and weed control by prunings of selected alley cropping shrubs. **Agroforestry Systems**, v. 4, n. 3, p. 239-246, 1986.

CAPÍTULO I

CONSUMO DE POLENS DE FABACEAE E POACEAE PELOS ADULTOS DE *Chrysoperla externa* (Hagen) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) QUANDO OFERTADOS COM E SEM FLORES EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO¹

¹Resultados publicados: Fernandes, V.J., Aguiar-Menezes, E.L., Guerra, J.G.M. Mendonça, C. B. F.; Gonçalves-Esteves, V.; Costa-Rouws, J. R.; Souza, T. S. Effects of Fabaceae and Poaceae pollen accessibility and traits on the pollinivory of adult *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology* (2023). <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01072-y>

RESUMO

O pólen é uma fonte de alimento para os adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), cujas larvas são importantes agentes de controle biológico de pragas agrícolas na América Central e Sul. Todavia, os adultos podem enfrentar desafios ao forragear por polens devido a diferenças de acessibilidade a esse recurso floral e a variabilidade das características morfológicas e químicas dos polens. O estudo objetivou avaliar a acessibilidade dos adultos de *C. externa* a partir de flores recém-abertas de Fabaceae e Poaceae usadas como adubos verdes e/ou plantas de cobertura do solo, e avaliar se os adultos exibem preferência por algum deles após extraídos das anteras, com base na quantidade de grãos de pólen consumidos e nas características morfológicas e químicas dos polens. No primeiro experimento, flores recém-abertas de *Cajanus cajan* (L. Millsp.), *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Crotalaria juncea* L., *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr. (todas Fabaceae), *Avena strigosa* Schreb., *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench e *Zea mays* L. (todas Poaceae) foram ofertadas separadamente em gaiolas às fêmeas e aos machos por 24 horas, quando foram mortos e submetidos à acetólise para recuperar grãos de pólen do trato digestivo. Excluindo-se o pólen de *A. strigosa*, *C. cajan* e *F. macrophylla*, um segundo experimento (teste de livre escolha) foi realizado com os demais polens, retirando-os das anteras e ofertados, simultaneamente por 24 h e 48 h, aos adultos, que após à morte foram submetidos à acetólise. A qualidade morfológica dos polens correspondeu ao tamanho do grão, espessura da exina, número e formato das aberturas, enquanto a qualidade química dos polens foi expressa pelo conteúdo de proteína bruta. Os resultados do primeiro experimento mostraram que apenas polens de *C. cajan* e *F. macrophylla* não foram ingeridos pelos adultos quando confinados com as flores por 24 h. No segundo experimento, os polens de *P. glaucum* (médio em tamanho e segundo com a exina mais espessa que todos os demais grãos de pólen) e de *Z. mays* (grande em tamanho e com a exina mais fina) foram os mais consumidos por ambos os sexos nos dois períodos de oferta, mesmo apresentando conteúdos de proteína bruta significativamente menores do que os polens das Fabaceae, cujos tamanhos variaram de médio (*C. juncea* com a exina mais espessa entre os demais) a grande (*C. ensiformis*, com espessura da exina igual a de *P. glaucum*). No geral, os adultos consumiram mais polens de Poaceae do que Fabaceae, mas as características morfológicas e o conteúdo de proteína brutas não afetaram essa escolha. Os resultados obtidos mostraram que *C. juncea*, *P. glaucum*, *S. bicolor* e *Z. mays* são fontes de polens acessíveis para os adultos de *C. externa*, e que devem ser consideradas como candidatas promissoras na seleção de plantas insetárias para implantar programas de controle biológico objetivando a conservação desse crisopídeo.

Palavras-chave: Crisopídeo; polinivoria; gramíneas; leguminosas; controle biológico conservativo.

ABSTRACT

Pollen is a food source for adult *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), whose larvae are important biological control agents of agricultural pests in Central and South America. However, adults may face challenges when foraging for pollens due to differences in accessibility to this floral resource and the variability of morphological and chemical characteristics of pollens. The study aimed to evaluate the accessibility of adult *C. externa* from newly opened flowers of Fabaceae and Poaceae used as green manures and/or ground cover plants, and to assess whether adults exhibit preference for any of them after extraction from the anthers, based on the amount of pollen grains consumed and on the morphological and chemical characteristics of the pollen. In the first experiment, newly opened flowers of *Cajanus cajan* (L. Millsp.), *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Crotalaria juncea* L., *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr. (all Fabaceae), *Avena strigosa* Schreb., *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench and *Zea mays* L. (all Poaceae) were offered separately in cages to females and males for 24 hours, when they were killed and submitted to acetolysis to recover pollen grains from the digestive tract. Excluding the pollen of *A. strigosa*, *C. cajan* and *F. macrophylla*, a second experiment (free-choice test) was carried out with the other pollens, removing them from the anthers and offered, simultaneously for 24 h and 48 h, to the adults, which after death were subjected to acetolysis. The morphological quality of the pollens corresponded to the pollen grain size, exine thickness, number and shape of the pollen apertures, while the chemical quality of the pollens was expressed by the crude protein content. The results of the first experiment showed that only *C. cajan* and *F. macrophylla* pollens were not ingested by adults when confined with flowers for 24 h. In the second experiment, the pollens of *P. glaucum* (medium in size and second with the thickest exine than all the others) and *Z. mays* (large in size and with the thinnest exine) were the most consumed by both sexes in the two supply periods, even though they have significantly less crude protein contents than Fabaceae pollen, whose sizes ranged from medium (*C. juncea* with the thickest exine among the others) to large (*C. ensiformis*, whose exine thickest was same as *P. glaucum*). Overall, adults consumed more Poaceae pollens than Fabaceae, but morphological characteristics and crude protein contents did not affect this choice. The results obtained showed that *C. juncea*, *P. glaucum*, *S. bicolor* and *Z. mays* are accessible sources of pollen for adult *C. externa* and they should be considered as promising candidates in the selection of insectary plants to deploy biological control programs aiming at the conservation of this lacewing.

Key words: Green lacewings; pollinivory; grasses; legumes; conservation biological control.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroecológicos de produção vegetal fundamentam-se nos cultivos diversificados que possibilitem a estabilidade de renda para o produtor, mas que também possam estimular e otimizar os processos biológicos (e.g., controle biológico de pragas), de modo a reduzir a necessidade de aporte de insumos externos. Nesse aspecto, espécies de plantas que possam ter múltiplas funções são de particular interesse para aumentar a diversidade de plantas nos sistemas produtivos, porque além de poder gerar receita, elas podem cumprir diferentes serviços ecológicos, a exemplo das plantas de cobertura do solo e fixadoras de nitrogênio (ALTIERI et al., 2003; GURR et al., 2003; POVEDA et al., 2008; ALTIERI, 2012; VENZON et al., 2021). As famílias Fabaceae e Poaceae contém bons exemplos de tais plantas (PERIN et al., 2006; GUERRA et al., 2007; MYERS et al., 2019; CARVALHO et al., 2021).

As plantas atrativas para os inimigos naturais de insetos fitófagos, também conhecidas como plantas “insetárias” são também de grande interesse dos agricultores que adotam práticas ambientalmente amigáveis. Essas plantas estimulam a presença e o aumento desses inimigos naturais nativos nos agroecossistemas através da provisão de diferentes benefícios, dentro do contexto do Controle Biológico Conservativo (CBC) (GURR et al., 2003; ORRE et al., 2007; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; VENZON et al., 2021; ALCALÁ HERRERA et al., 2022). Fonte de alimentos, como pólen e néctar, estão entre esses benefícios, principalmente para os estágios não-carnívoros dos insetos entomófagos (i.e., insetos predadores e parasitoides) (FIEDLER et al., 2008; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; HATT et al., 2019; AGUIAR-MENEZES et al., 2021).

O adulto de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) possui hábito glicopolinívoro, sendo que o pólen e o néctar estão entre seus alimentos (FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009). As larvas, por outro lado, são carnívoras, predando uma ampla série de pequenos hemípteros de corpo mole, tais como pulgões, psilídeos, pseudococcídeos, ninhas de moscas brancas, incluindo espécies pragas de várias culturas agrícolas, mas elas podem também se alimentar de ovos e larvas de primeiros instares de lepidópteros. É uma espécie de ocorrência natural nas Américas, desde o sul dos EUA até a Argentina, comumente encontrada nos agroecossistemas e é considerada a mais promissora para uso nas estratégias de controle biológico aumentativo e conservativo de pragas na região Neotropical (ALBUQUERQUE et al., 1994; BROOKS, 1994; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; FREITAS & MORALES, 2009; CASTRO & BARBOSA, 2017). Consequentemente, a disponibilidade de flores provedoras de recursos alimentares para os adultos de *C. externa* deve desempenhar um importante papel na conservação desse crisopídeo nos agroecossistemas, incluindo outros visitantes florais, tais como as abelhas, seja pelo fornecimento de apenas pólen ou néctar ou por fornecer ambos. As flores de Poaceae são provedoras de pólen para visitantes florais, tais como as abelhas, enquanto as Fabaceae podem prover ambos os recursos e podem ter nectários florais e extraflorais (SCHULZE-ALBUQUERQUE et al., 2020; ABRAHAMCZYK et al. 2023; REFLORA, 2023).

Polenas extraídos das anteras de espécies de Fabaceae [e.g., *Canavalia ensiformis* (L.) DC., e *Crotalaria juncea* L.] e Poaceae [e.g., *Pennisetum purpureum* (Schum) e *Sorghum halepense* (L.) Pers.] foram registrados ter efeitos positivos na biologia de *C. externa*, quando adicionados de mel, mas nenhuma observação foi feita sobre a acessibilidade desse recurso em suas flores (VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; ANDRADE, 2013). Técnicas palinológicas podem ser usadas para certificar se o pólen é um recurso consumido pelos insetos, possibilitando obtenção de informações qualitativas (e.g., identificação taxonômica do pólen) e quantitativas (e.g., número de grãos de pólen ingeridos por indivíduo) a partir da recuperação de grãos de pólen presentes no trato digestivo ou nas fezes (WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; JONES, 2012; 2014). Usando essa metodologia, estudos conduzidos no Brasil mostraram que adultos de *C. externa* coletados em culturas agrícolas, sob manejo orgânico,

ingerem grãos de pólen de diferentes famílias de angiospermas, incluindo Fabaceae e Poaceae, indicando que eles exibem hábito alimentar generalista, mas a maioria dos polens não foi identificada a nível específico (MEDEIROS et al., 2010; ANDRADE et al., 2018). Todavia, Medeiros et al. (2010) e Andrade et al. (2018) recuperaram, através do método de acetólise, do trato digestivo de *C. externa* maior quantidade de grãos de pólen de Poaceae, em comparação aos das demais famílias botânicas. Freitas (2002) já havia relatado que os adultos de *C. externa* exibem preferência por pólen de Poaceae, inclusive obtendo pólen de gramíneas invasoras que constituem a cobertura verde do solo nos agroecossistemas, mas nenhuma razão dessa preferência foi apresentada.

Em geral, o pólen é uma boa fonte de nitrogênio e seu valor nutricional tem sido atribuído ao conteúdo de proteína bruta (ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009a,b). Esse parâmetro nutricional dos polens varia entre as famílias, ou mesmo entre as espécies dentro de uma mesma família, podendo conter de 2,5% a 61% de proteínas (ROULSTON et al., 2000; LUNDGREN, 2009a,b). Polens de Fabaceae e Poaceae podem apresentar conteúdos de proteína bruta entre 40-50% e ao redor de 30%, respectivamente (ROULSTON & CANE, 2000; ROULSTON et al., 2000; ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009 a,b). González et al. (2022) observaram que adultos da espécie holártica *Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae) consumiu maiores quantidades de polens ricos em proteínas do que aqueles pobres nesse nutriente.

Contudo, o inseto entomófago ao forragear pelos recursos florais pode encarar o desafio da acessibilidade a eles, a qual depende de atributos das flores (e.g., morfologia da corola) e do próprio inseto (e.g., tamanho da cabeça e tipo de aparelho bucal) (VATTALA et al., 2006; ORRE et al., 2007; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; LUNDGREN, 2009b). Contudo, o conhecimento de como os adultos de *C. externa* forrageiam por pólen permanece muito limitado (RESENDE et al. 2017), possivelmente em parte pela dificuldade de observação já que os adultos não-carnívoros de crisopídeos são ativos ao entardecer e seu comportamento de voo é apenas elicitado pela redução da iluminação com o pôr do sol (DUELLI, 1986).

Todavia, é possível que as características morfológicas do pólen sejam usadas como sinais para reconhecer o pólen como um alimento adequado quando as peças bucais mastigadoras do adulto de *C. externa* entram em contato direto com os grãos de pólen e os manipulam para a alimentação. Além disso, a quantidade de grãos de pólen consumida pelos adultos de crisopídeos pode ser influenciada pelo tamanho do pólen para atingir o nível de saciedade e pode variar entre sexos, porque as fêmeas necessitam consumir alimentos mais proteicos do que os machos visto que elas requerem mais proteínas para a produção de ovos. Outras características são a espessura da parede do pólen (e.g., exina) e o número e forma das aberturas dos grãos de pólen, as quais podem influenciar a taxa de digestão, interferindo na escolha entre diferentes espécies de polens (LUNDGREN, 2009a,b; ANDRADE et al., 2018; GONZÁLEZ et al., 2022).

Esse estudo foi, então, conduzido em condições de laboratório com os objetivos de (1) avaliar a capacidade dos adultos recém-emergidos de *C. externa* (macho e fêmea) de acessar o pólen de flores recém-abertas de quatro espécies de Fabaceae e quatro espécies de Poaceae utilizadas como adubação verde e/ou plantas de cobertura no Brasil, (2) quantificar o número de grãos de pólen que os adultos consumiram ao forragearem nessas flores, e (3) avaliar as escolhas feitas pelos adultos (macho e fêmea) recém-emergidos de *C. externa* quando esses polens foram extraídos das anteras e assim oferecidos simultaneamente por 24 e 48 h, considerando a quantidade de pólen consumida por eles e as características qualitativas dos grãos de pólen.

O conhecimento adquirido neste estudo pode ajudar a selecionar plantas floríferas que atendam aos requisitos para servir como plantas insetárias no contexto da CBC, principalmente para sustentar populações nativas de adultos de *C. externa* nos agroecossistemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Espécies de Plantas Avaliadas: Plantio, Obtenção das Flores e seus Polens

Polens das seguintes espécies floríferas foram avaliados: *Cajanus cajan* (L. Millsp.) (guandu), *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco), *Crotalaria juncea* L. (crotalária), *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr. (flemingia) (todas Fabaceae), *Avena strigosa* Schreb. (aveia-preta, cultivar EMBRAPA-29), *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (milheto, cultivar BRS 1501), *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo “vassoura”) e *Zea mays* L. (milho variedade, cultivar BRS Caatingueiro) (todas Poaceae).

As espécies foram cultivadas a partir de sementes até a formação dos botões florais na área experimental do Departamento de Entomologia e Fitopatologia (DEnF) do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS), no campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) ($22^{\circ}45'S$, $43^{\circ}41'W$; 33 metros de altitude). As sementes foram obtidas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) (Seropédica, RJ) (NEVES et al., 2005), com exceção da aveia-preta e milheto que foram adquiridas por compra (BR Seeds, Araçatuba, SP). O preparo do solo, a semeadura e os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para as culturas (BARRETO & FERNANDES, 2001; EMBRAPA, 2022). Óleo de nim (DalNeem EC[®]) foi preventivamente aplicado de acordo com a recomendação do fabricante, para evitar infestação por pulgões nos botões florais, visto que os crisopídeos podem ser atraídos por voláteis emanados dos honeydew desses hemípteros (LUNDGREN, 2009b), sendo que as pulverizações foram paralisadas no começo da iniciação floral.

Botões florais em pré-antese das oito espécies floríferas foram coletados à medida que estavam disponíveis na área de cultivo, de acordo com a fase de florescimento de cada uma. Como os botões florais de guandu que aparecem nos primeiros 2-3 dias são cleistogâmicos (permanecem fechados), se abrindo a partir do quarto dia e assim permanecem por 24 a 48 horas, essas estruturas só foram coletadas a partir da primeira semana do surgimento dos primeiros botões (SAXENA et al., 2016). O mesmo procedimento foi adotado para as demais espécies. Esses botões foram transportados para o Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), DEnF/ICBS/UFRRJ, onde parte dos botões foram dispostos em gaiolas para a oferta aos adultos de *C. externa*, e outra parte foi usada para a retirada dos grãos de pólen para condução dos demais experimentos.

2.2 Obtenção de *C. externa* e da Colônia Estoque do Laboratório

Adultos de *C. externa* foram coletados no SIPA com o auxílio de uma rede entomológica de tecido poliéster com 40 cm de diâmetro e 60 cm de profundidade, costurado em um anel de aço galvanizado fixado em uma haste de madeira de 60 cm de comprimento (Bioquip[®], Rancho Dominguez, Califórnia, USA) e colocados em potes plásticos transparentes de 250 mL. Em seguida, os espécimes capturados foram observados, com auxílio de lupa de aumento de 20x, para visualizar a cabeça, aqueles com a gena vermelha (Figura 1A), uma das características de *C. externa* (FREITAS & MORALES, 2009). Aqueles adultos com essa característica foram transportados para o laboratório no CIMP (FREITAS & MORALES, 2009), enquanto os que não a apresentava foram liberados e devolvidos ao SIPA.

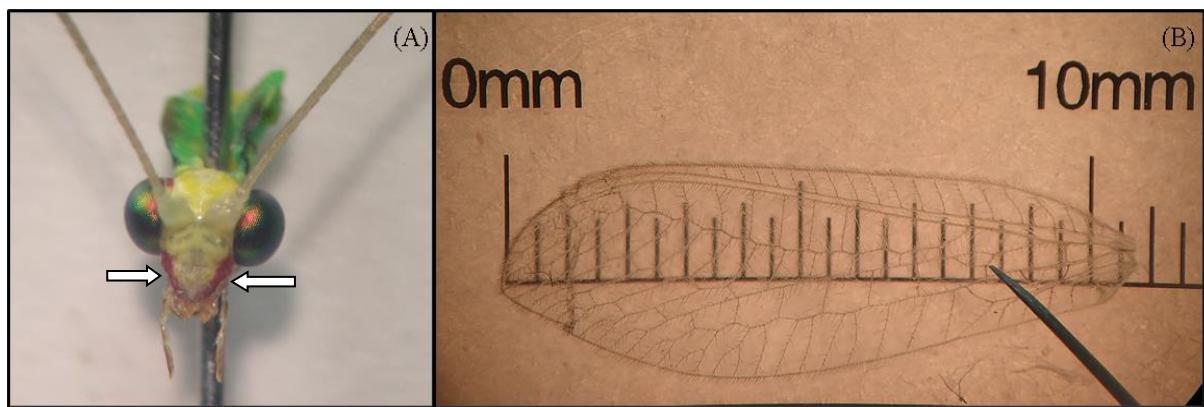


Figura 1. Características inerentes ao adulto de *Chrysoperla externa*. (A) presença de cabeça com genas de cor vermelha (apontadas com seta branca) e (B) asa anterior com célula intramediana curta com laterais curvas (Fotos do autor).

No laboratório, os adultos foram observados mais acuradamente em microscópio estereoscópico para identificação específica mais conclusiva, com base nas características inerentes à *C. externa*: célula intramediana (imc) curta com laterais curvas na asa anterior (Figura 1B) e a cabeça com gena vermelha (Figura 1B) (FREITAS & MORALES, 2009). Além disso, fotografias da cabeça, das asas e do abdômen em diferentes posições e do inseto de corpo inteiro foram enviadas ao Dr. Caleb Califre Martins (taxonomista de Neuroptera, particularmente Chrysopidae), que certificou a identificação de *C. externa*.

Os adultos pertencentes à *C. externa* (machos e fêmeas) foram mantidos para iniciar uma colônia estoque, sendo acondicionados em gaiolas de policloreto de vinila (PVC) de 23 cm de altura e 10 cm de diâmetro (Figura 2A), com 20 adultos por gaiola (50% fêmeas e 50% machos) (COSTA, 2002; PESSOA et al., 2003). Cada gaiola de PVC foi apoiada sobre uma placa de Petri de vidro, com as duas extremidades cobertas por tecido *voile* de cor branca, para a passagem de oxigênio. Internamente, a gaiola foi revestida com papel branco como substrato para oviposição. No topo das gaiolas, foi colocado um tubo de vidro cilíndrico transparente de 10 mL, preenchido com água destilada (“bebedouro”) (Figura 2A), com a abertura voltada para baixo sobre um pequeno pedaço de pano-esponja (Scotch-Brite®), para que este fique saturado da água de modo que consiga ser consumida pelos adultos.

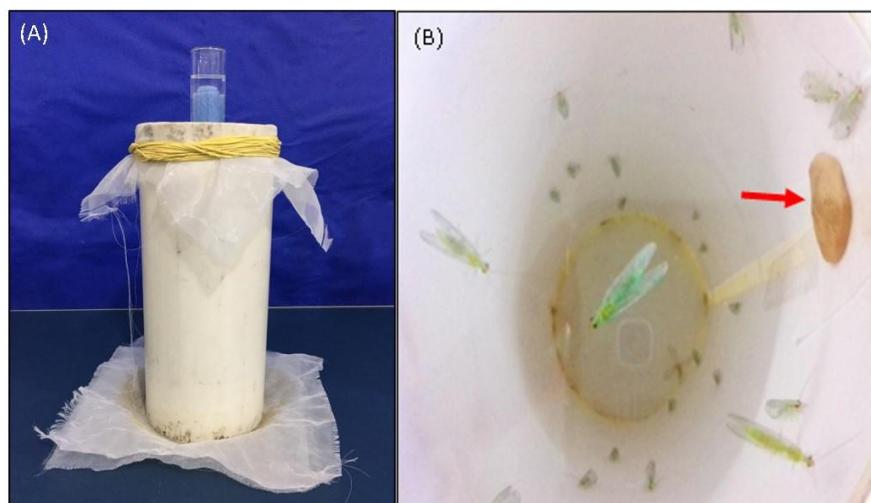


Figura 2. Gaiola de PVC para a criação de adultos de *Chrysoperla externa*: (A) vista externa e (B) interior da gaiola (parede revestida com papel branco) com os adultos e a dieta (indicada com seta vermelha) (Fotos do autor).

A criação seguiu a metodologia de Freitas (2001), com adaptações de Carvalho & Souza (2009) e Almeida (2016). Os adultos foram alimentados com uma dieta feita com

levedo de cerveja em pó misturado homogeneamente com mel de abelha europeia, na proporção de 1:1. No interior das gaiolas (Figura 2B), a dieta é fornecida numa porção de 2 g de dieta fixada em papel filtro, que por sua vez, foi preso na parede com fita adesiva. A dieta foi substituída três vezes por semana, quando também se retirava o papel que revestia internamente a gaiola e com ovos depositados. Após a eclosão, as larvas foram criadas individualmente em frascos de vidro de 20 mL e tampados com rolha de algodão. As larvas foram alimentadas com ovos de *Ephestia* (=*Anagasta*) *kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) fornecidos *ad libitum* como presa, seguindo metodologia dos autores supracitados. Esses ovos foram adquiridos por compra (PROMIP™, Engenheiro Coelho, SP, Brasil). Essa colônia foi mantida no laboratório com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas).

2.3 Experimento 1: Teste de Consumo de Polens por *C. externa* a partir das Flores

O experimento foi conduzido com oito espécies floríferas ofertadas separadamente aos adultos em laboratório do CIMP com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo). Ramos com botões florais em pré-antese de cada espécie foram cortados com aproximadamente 20 cm de altura, com base inserida dentro de um frasco de 50 mL contendo previamente água destilada, e acondicionados no centro de uma gaiola de polietileno (30 cm x 30 cm x 30 cm) da Bioquip® (modelo BugDorms-1) (Figura 3). Os ramos florais foram previamente envolvidos com um funil de papel parafinado de modo que os grãos de pólen, quando liberados das anteras, escorressem para dentro do frasco, evitando o depósito no fundo da gaiola.



Figura 3. Gaiolas de polietileno usadas na oferta de cada espécie de flor aos adultos de *Chrysoperla externa* em condições de laboratório (Foto do autor).

Adultos recém-emergidos de *C. externa* provenientes da colônia estoque foram deixados sem se alimentar por 24 horas e, em seguida, acondicionou-se um adulto por gaiola com as flores já abertas (24 horas após a coleta dos botões florais). Em pré-teste, esse período foi suficiente para que as flores se abrissem e as anteras expusessem os grãos de pólen. Cada gaiola foi replicada 10 vezes (Figura 3) para cada sexo, totalizando, portanto, 10 machos e 10 fêmeas para cada espécie florífera.

Cada espécie de flor foi ofertada separadamente por 24 horas, quando, então, o adulto foi morto por congelamento em freezer e, em seguida, dissecado sob microscópio estereoscópico (Figura 4), com auxílio de tesoura de dissecação com borda de corte de 10 mm (Bioquip®, Catalog #4715) e estiletes. Apenas o corpo (cabeça, tórax e abdome), sem apêndices (antenas, asas e pernas), foi lavado com álcool a 70% para eliminar grãos de pólen

externamente aderidos, evitando superestimar os resultados. Na sequência, os insetos mutilados foram transferidos para microtubo de centrifugação e mantidos no freezer (-20 °C) até serem submetidos, individualmente, à análise do conteúdo intestinal para determinar o consumo de grãos de pólen.



Figura 4. Vista aproximada em microscópio estereoscópico (ampliação em 40x) de um adulto dissecado de *Chrysoperla externa* (Foto do autor).

2.4 Experimento 2: Teste de Livre Escolha entre os Polens por *C. externa*

Os grãos de pólen das cinco espécies que foram consumidas no primeiro experimento foram retirados das anteras para conduzir o segundo experimento. Para a remoção dos polens, as hastes com botões florais em pré-antese foram inseridas dentro de frascos de vidro de 500 mL com água destilada para manter a turgescência. Em seguida, os frascos foram inclinados de modo que os grãos de pólen caíssem dentro de bandeja plástica (60 cm x 30 cm) com o fundo forrado com uma folha de papel branco (Figura 5).



Figura 5. Coleta de grãos de pólen a partir das panículas do milheto (*Pennisetum glaucum*) (Foto do autor).

No dia seguinte à cada coleta dos botões, o material sobre o papel foi vertido em peneira granulométrica de malha de 0,180 mm (uma peneira para cada espécie de pólen), permitindo que apenas os grãos de pólen fossem separados. Os grãos de pólen foram colocados em frascos de vidro transparentes de 15 mL fechados com tampa e batoque e armazenados em freezer (-22 °C). A coleta dos polens de cada planta foi realizada em salas laboratoriais diferentes, quando os períodos de coleta dos botões florais coincidiram, para evitar possíveis contaminações.

Os grãos de pólen das cinco espécies foram retirados do freezer e deixados para descongelar por 4 horas em geladeira antes do início do experimento. Uma amostra de 1 mg de grãos de pólen das cinco espécies floríferas foi colocada separadamente em uma tampa plástica (8 mm de diâmetro interno) de microtubo de centrifugação e distribuída aleatoriamente dentro de uma gaiola de PVC (10 cm de diâmetro e 10 cm de altura) (Figura 6A). As tampas foram dispostas equidistantes dentro da gaiola e fixadas na parede da gaiola (Figura 6B), a uma altura de 8 cm a partir do seu fundo, sobre pressão em furos realizados com auxílio de uma furadeira com broca de 3 mm. Em seguida, um adulto recém-emergido (24 horas de idade, sem se alimentar) foi liberado dentro de cada gaiola (1 sexo/gaiola).



Figura 6. Gaiola de PVC usada na oferta dos polens extraídos das anteras aos adultos de *Chrysoperla externa* em condições de laboratório. (A) Vista externa das gaiolas de um tratamento (10 gaiolas por tratamento), (B) Vista interna mostrando as tampas dos tubos de centrifugação, cada uma com uma espécie de pólen (Foto do autor).

As duas extremidades da gaiola foram cobertas por pedaços de tecido *voile* de cor branca, que foram presos por fitas elásticas. Água destilada foi ofertada ao inseto em um pequeno pedaço de pano-esponja (Scotch-Brite®, 3M do Brasil) disposto sobre o *voile* na extremidade superior da gaiola. O pano-esponja era saturado com água por meio de um frasco de vidro cilíndrico transparente de 10 mL, com a abertura voltada para baixo. A extremidade inferior da gaiola (fundo) foi apoiada sobre uma placa de Petri de vidro (12 cm de diâmetro).

No total, dez machos e dez fêmeas foram deixados nas gaiolas por 24 horas, e outros dez adultos de cada sexo por 48 horas, totalizando 40 adultos. O experimento foi conduzido no laboratório do CIMP com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo). Findo os períodos de suprimento, os insetos foram mortos por congelamento, sendo processados da mesma maneira que os insetos mortos do primeiro experimento até serem submetidos à análise do conteúdo intestinal para determinar o consumo de grãos de pólen.

2.5 Análise do Conteúdo Intestinal dos Adultos

O conteúdo intestinal foi analisado após a acetólise dos adultos, sendo realizada no Laboratório de Palinologia Álvaro Xavier Moreira do Departamento de Botânica localizado no Museu Nacional (MN) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. O método de acetólise utilizado foi de Erdtman (1960a,b) com modificações de Melhem et al. (2003). Cada inseto mutilado foi colocado em tubo Falcon plástico de 15 mL e

adicou-se de 2 a 5 mL de ácido acético glacial, macerando-os com bastões de vidro e deixando descansar por no mínimo 24 horas. Após o descanso de no mínimo de 24 horas, os tubos foram para centrifugação por 10 minutos ajustado para 2.000 rpm e, por fim descartando o sobrenadante de cada tubo. Em seguida dentro de uma capela de exaustão foi preparada a mistura acetolítica, que foi composta por 9 mL de anidrido acético mais 1 mL de ácido sulfúrico, colocando primeiro, em um Becker, o anidrido acético e em seguida o ácido sulfúrico, com cuidado, pois a mistura é exotérmica, liberando calor. Depois, a mistura acetolítica foi distribuída homogeneamente nos tubos. As etapas seguintes foram levar os tubos para banho-maria a 80°C por 1 minuto e 40 segundos, mexendo com um bastão de vidro sem parar até atingir o tempo, centrifugar por 10 minutos e descartar o sobrenadante.

A próxima etapa foi lavar o material decantado (sedimento) nos tubos com água destilada mais 2 gotas de acetona, seguida de centrifugação e descarte do sobrenadante. O processo de acetólise foi finalizado adicionando homogeneousmente água glicerinada nos tubos e deixando descansar por 30 minutos. Ao final desse tempo, os tubos foram centrifugados por 10 minutos (Figura 7A), o sobrenadante foi descartado e os tubos foram deixados de boca para baixo para escorrer o excesso sobre papel filtro por alguns minutos.

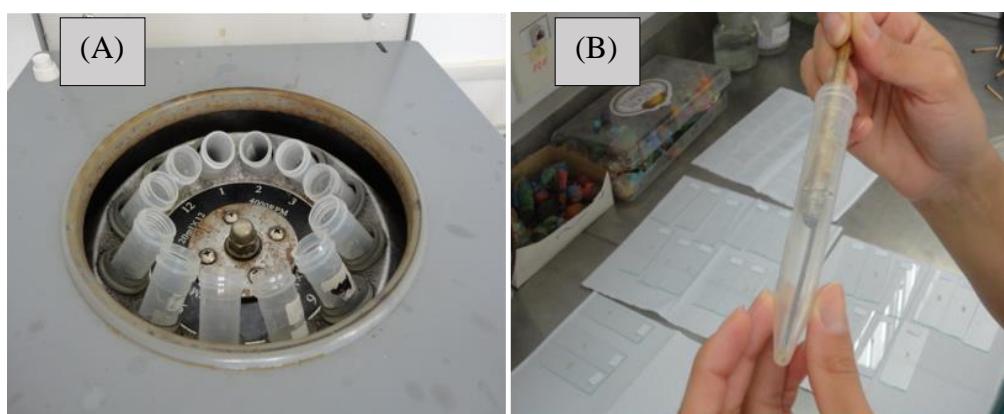


Figura 7. (A) Processo de centrifugação das amostras e (B) coleta dos grãos de pólen do sedimento para montagem das lâminas e lâminas já preparadas sobre papel toalha.

A preparação das lâminas para identificação dos polens ingeridos foi feita utilizando a técnica gelatina-glicerinada proposta por Kissler (1935). Pequenos pedaços de gelatina-glicerinada foram esfregados no fundo do tubo de centrifugação, com auxílio de um estilete esterilizado (Figura 7B), para retirada dos grãos de pólen do sedimento. Em seguida, os pedaços foram divididos em três partes iguais, sendo cada uma transferida para uma lâmina de microscopia, totalizando três lâminas por amostra, sendo etiquetadas de acordo com os dados referente para cada amostra.

Com o auxílio de uma placa aquecedora, as lâminas foram aquecidas a uma temperatura de 50°C até fundir a gelatina, e consecutivamente as lamínulas apoiadas em quatro esferas de massa de modelagem foram colocadas sobre a gelatina fundida sobre a lâmina. Após essa etapa, as lâminas voltaram para a placa aquecedora e foram seladas com parafina para melhor conservação do material.

Cada lâmina após ser selada pela parafina, foi colocada diretamente sobre papel toalha com a lamínula voltada para o papel (Figura 7B), com o objetivo de os grãos de pólen ficarem mais juntos da lamínula, ao esfriar, proporcionando melhor leitura sob microscópio óptico. O excesso de parafina foi retirado com auxílio de gilete para barbear e a limpeza das lâminas-lamínulas foi finalizada com um pano de algodão limpo. Para cada amostra (adulto), três lâminas microscópicas foram preparadas.

As lâminas foram observadas em microscópio óptico com aumento de 100x e os grãos de pólen encontrados nas lâminas foram quantificados e fotomicrografados usando microscópio óptico Hund H-500 Wetzlar® (Helmut Hund GmbH, Alemanha), em objetiva de

imersão de 100x, com câmera lúcida Leitz Wetzlar® acoplada. As lâminas contendo os polens avaliados foram incorporadas à Palinoteca do Laboratório de Palinologia do MN/UFRRJ.

2.6 Análise Quantitativa e Qualitativa dos Polens Extraídos das Anteras

No teste de livre escolha entre os polens (item 2.4), a quantidade de grãos de pólen de cada espécie a ser ofertada aos adultos de *C. externa* (1 mg de pólen por espécie) foi definida com base no número máximo de grãos de pólen ingeridos pelos adultos a partir das flores (experimento 1), independente da espécie, e estimando-se o número de grãos de pólen em uma amostra de 0,5 mg. Assim, os polens foram descongelados por 4 horas na geladeira e pesados em balança analítica de precisão (Mettler Toledo®, AG25, Barueri, SP) para obter essas amostras. Três lâminas microscópicas com uma gota de glicerina foram preparadas para cada amostra e procedeu-se a contagem dos grãos de pólen, com auxílio de um contador manual analógico de 4 dígitos e usando microscópio óptico binocular (Biofocus®, BLUE1000, Araucária, PR, Brasil) em objetiva de 100x.

A análise qualitativa dos grãos de pólen de Fabaceae e Poaceae foi determinada através da observação de 25 grãos de pólen íntegros das cinco espécies avaliadas no experimento 2. O tamanho dos grãos de pólen correspondeu ao diâmetro equatorial em vista polar para as duas espécies de Fabaceae e ao diâmetro polar dos grãos de pólen das três espécies de Poaceae, baseado na posição deles nas lâminas, e a espessura da exina foram medidos em microscópio de luz com ocular micrométrica (Hund H-500 Wetzlar®, Helmut Hund GmbH, Alemanha). O tamanho dos polens foi caracterizado baseado nas categorias citadas por Lu et al. (2022): muito pequeno (< 10 µm), pequeno (10 – 25 µm), médio (25 – 50 µm), grande (50 – 100 µm), muito grande (100 – 200 µm) e extremamente grande (> 200 µm). A terminologia palinológica usada para descrever os padrões das aberturas [forma: poros (porado), colpo (colpado), ou ambos (colporado)] e a ornamentações da exina dos grãos de pólen foi baseada em Punt et al. (2007) e Hesse et al. (2009).

O conteúdo de proteína bruta (i.e., aminoácidos e outros compostos nitrogenados) foi usado como um indicador da qualidade nutricional do pólen e foi estimado para cada pólen multiplicando a porcentagem de nitrogênio pelo fator de conversão de 6,25 (ROULSTON et al., 2000; MARIOTTI et al., 2008). Amostras dos grãos de pólen (8,5 mg de cada espécie) que estavam congeladas, foram descongeladas por 4 horas na geladeira e, depois, foram secas em estufa (Fanem®, São Paulo, SP) a 60 °C até a estabilização do peso seco, sendo três repetições para cada espécie. Em seguida, elas foram moídas e colocadas em dessecador de vidro (Vidrolabor®) até um peso adequado ter sido alcançado para conduzir as análises de acordo com o padrão usado (TBS – Solução Salina Tris Tamponada). Após a pesagem em uma balança analítica (Mettler Toledo®, AG25, Barueri, SP), as amostras foram armazenadas em cápsulas de estanho até a análise. A porcentagem de nitrogênio de cada espécie de pólen foi conduzida no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ), usando um analisador elementar (ECS 4010 CHNSO, Costech International Strumatzione, Florence, Itália).

2.7 Análises Estatísticas

As análises foram efetuadas com o programa R (R Core Team, 2021), considerando 5% de probabilidade de significância. Os testes de consumo de polens a partir das flores recém-abertas (experimento 1) e de livre escolha entre os polens (experimento 2) pelos adultos de *C. externa* foram conduzidos usando delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições e em arranjo fatorial. O primeiro experimento foi em arranjo fatorial 8 x 2, sendo os seguintes fatores avaliados: espécies de grãos de pólen, com oito níveis (quatro espécies de Fabaceae e quatro espécies de Poaceae) e sexos na fase adulta, com dois níveis (fêmea e macho). O segundo experimento foi em dois arranjos fatoriais 5 x 2 x 2, sendo os

seguintes fatores avaliados: famílias dos polens, com dois níveis (Poaceae e Fabaceae), espécies de grãos de pólen, com cinco níveis (duas espécies de Fabaceae e três espécies de Poaceae), sexos na fase adulta, com dois níveis (fêmea e macho) e tempo de oferta dos polens, com dois níveis (24 horas e 48 horas).

Em ambos os experimentos, um Modelo Linear Generalizado (MLG) com distribuição binomial negativa e função de ligação log foi ajustado significativamente aos dados referentes ao número de grãos de pólen consumidos pelos adultos de *C. externa*, visto que os resíduos do modelo estatístico adotado não atenderam a um ou mais pressuposições da análise de variância. O teste de Qui-Quadrado ($\chi^2 < 0,05$), através da análise de deviance (ANODEV), foi usado para determinar a significância das interações entre os fatores e dos fatores isoladamente. As médias estimadas pelo modelo binomial negativo foram comparadas por contraste par-a-par pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As análises quantitativa e qualitativa dos polens seguiram o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos [cinco espécies de polens (duas Fabaceae e três Poaceae) consumidas pelos adultos de *C. externa*]. Analisou-se as seguintes variáveis: número de grãos de pólen existentes em uma amostra de 0,5 mg para cada espécie florífera, porcentagem de conteúdo de proteína bruta, cada qual com três repetições, tamanho dos grãos de pólen e espessura da exina em 25 replicações (grãos de pólen íntegros por espécie). Foram testadas as pressuposições pelos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett, ao nível de 5% de probabilidade, para a realização da análise de variância (ANOVA). Houve apenas necessidade de transformação em raiz(x) somente para variável número de grãos de pólen para atender tais pressuposições. Após as análises de variâncias (ANOVA) dos dados, aplicou-se o teste de Scott-Knott para comparação entre as médias das variáveis ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS

3.1 Consumo de Polens por *C. externa* a partir das Flores Recém-abertas

Houve interação significativa entre os fatores “espécies de pólen” e “sexos” ($\chi^2 = 24.133$; g.l. = 7; $p = 0.0011$; Tabela 1). As fêmeas consumiram significativamente mais grãos de pólen de sorgo e milheto quando confinados com suas flores por 24 horas, mas cujas quantidades não diferiram significativamente daquela de pólen de crotalária, que, por sua vez, igualou-se estatisticamente a quantidade ingerida de polens das outras duas espécies de Poaceae (aveia-preta e milho), cujos polens foram ingeridos pelas fêmeas em quantidades estatisticamente similares entre si (Tabela 1).

Tabela 1. Números de grãos de pólen (média ± erro padrão) de quatro espécies de Fabaceae e quatro espécies de Poaceae consumidos por adulto de *Chrysoperla externa* a partir da oferta de suas flores recém-abertas em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Espécie de pólen	Fêmea (n = 10) ^a	Macho (n = 10) ^a
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	$194,2 \pm 82,0$	a A
Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	$150,9 \pm 63,8$	a A
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	$100,0 \pm 42,3$	ab A
Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i>)	$18,3 \pm 7,8$	b A
Milho (<i>Zea mays</i>)	$23,0 \pm 9,8$	b A
Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	$2,3 \pm 1,1$	c A
Flemingia (<i>Flemingia macrophylla</i>)	$0,0 \pm 0,0$	c A
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	$0,0 \pm 0,0$	c A

^aEntre parênteses, número total de indivíduos testados para cada espécie de pólen.

Valores seguidos de letras distintas, minúsculas na coluna (entre espécies) e maiúsculas na linha (entre sexos), diferem entre si por comparação de contrastes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de significância.

Os machos consumiram também significativamente maiores quantidades de pólen de milheto e crotalária, mas não diferiram significativamente do consumo de polens de aveia-preta e milho e sorgo, sendo que a quantidade consumida de pólen desta última Poaceae não diferiu estatisticamente das três leguminosas. O menor consumo de grãos de pólen por ambos os sexos foi de feijão-de-porco, mas não diferiu significativamente de flemingia e guandu, apesar de que os polens dessas duas últimas leguminosas não foram recuperados do trato digestivo dos adultos. Comparando os consumos do mesmo tipo de pólen entre os sexos, maiores quantidades significativas de pólen de sorgo, milheto e crotalária foram recuperadas das fêmeas do que dos machos (Tabela 1). Não houve diferença significativa na quantidade de grãos de pólen consumidos por ambos os sexos para as demais espécies de pólen.

As fotomicrografias dos grãos de polens das oito espécies de flores ofertadas constam da Figura 8. O número de grãos de pólen por indivíduo variou entre as seis espécies cujos polens foram recuperados. Ao final das 24 horas, grãos de pólen não foram recuperados de 11,7% do total de adultos (n = 120), sendo 3,3% de fêmeas e 8,4% de machos.

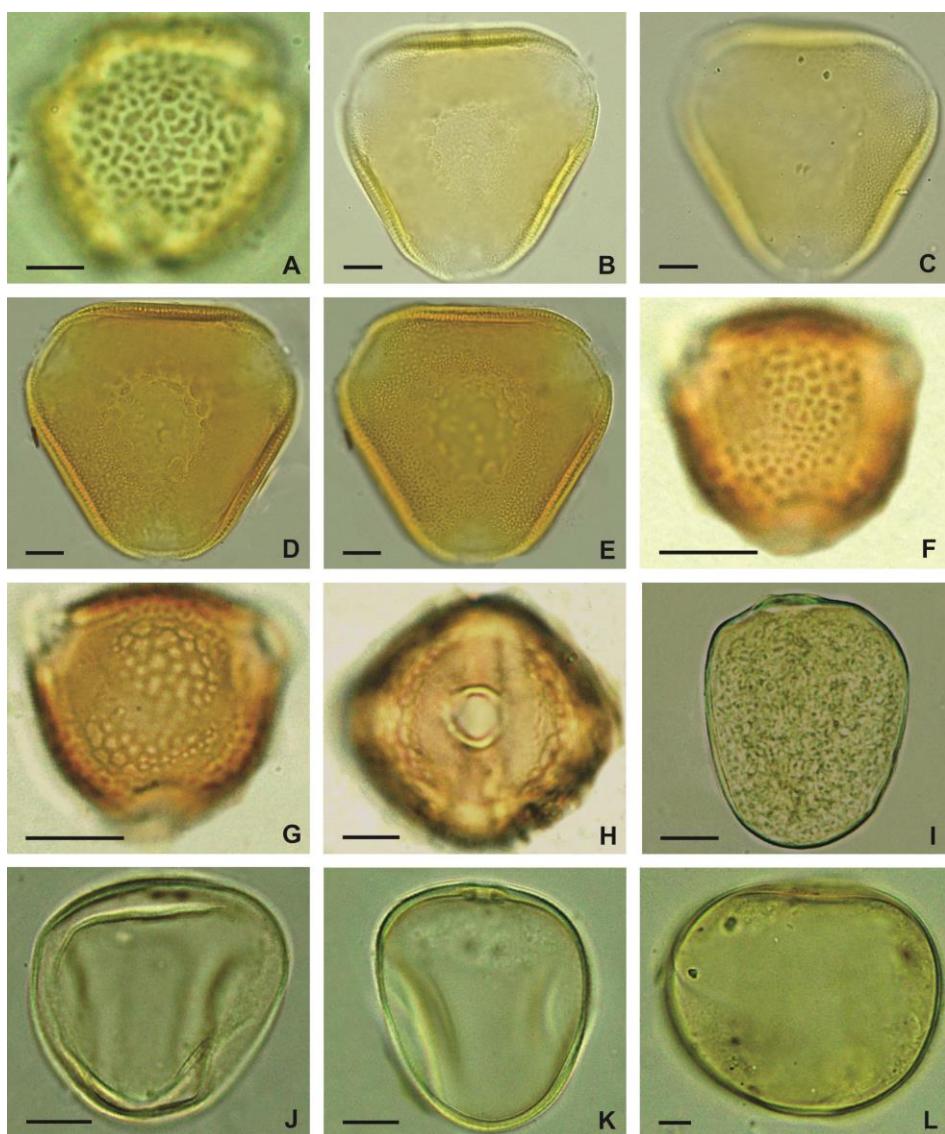


Figura 8. Fotomicrografia das oito espécies grãos de pólen avaliados: A. *Cajanus cajan* (guandu), B-C. *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), D-E. *Crotalaria juncea* (crotalária), F-G-H. *Flemingia macrophylla* (flemingia), I. *Avena strigosa* (aveia-preta), J. *Pennisetum glaucum* (milheto), K. *Sorghum bicolor* (sorgo), L. *Zea mays* (milho). Escala de 10 micrômetros (Fotos de Claudia Barbieri F. Mendonça).

Recuperou-se grãos de pólen de todos os adultos confinados com flores de aveia-preta ($n = 20$) e milheto ($n = 20$), sendo que houve uma fêmea da qual recuperou-se um pouco mais que 10,7 vezes mais pólen de milheto (1.118 grãos) que uma fêmea com o máximo obtido de pólen de aveia-preta ($n = 110$ grãos). Todas as fêmeas confinadas com flores de sorgo ($n = 10$) e crotalária ($n = 10$) tiveram grãos de pólen recuperados do intestino, mas esses polens não foram obtidos dos 10% e 30% dos machos, respectivamente. Grãos de pólen de milho foram recuperados de todos os machos ($n = 10$), mas o intestino de 30% das fêmeas não continha esses grãos. Quanto ao feijão-de-porco, não foram recuperados seus grãos de pólen de 10% das fêmeas e 60% dos machos.

3.2 Escolha entre os polens por *C. externa*

Na análise dos dados envolvendo os fatores “famílias dos polens”, “espécies dos polens”, “sexos”, e “períodos de suprimento dos polens”, a interação tripla entre esses fatores não foi significativa (χ^2 famílias dos polens x sexos x períodos = 26,318; g.l.= 1; p = 0,3421, e χ^2 espécies dos polens x sexos x períodos = 26,651; g.l. = 4; p = 0,8778). As interações duplas

entre os fatores “famílias dos polens” e “sexos” ($\chi^2 = 25,118$; g.l. = 1; $p = 0,0000$) e entre “períodos de suprimento dos polens” e “sexos” ($\chi^2 = 8,705$; g.l. = 1; $p = 0,0032$) tiveram efeitos significativos no consumo de polens das duas famílias avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Números de grãos de polens (média ± erro padrão) de Poaceae e Fabaceae por adulto de *Chrysoperla externa* em 24 e 48 horas após a oferta desses grãos em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Período	Família do pôlen ^a	Fêmea (n = 10) ^b	Macho (n = 10) ^b
24 h	Poaceae	$26,9 \pm 8,2$ a A α	$62,9 \pm 19,2$ a A α
	Fabaceae	$9,0 \pm 3,4$ a A α	$0,8 \pm 0,4$ b A α
48 h	Poaceae	$23,2 \pm 7,1$ a A α	$8,8 \pm 2,7$ a A α
	Fabaceae	$6,1 \pm 2,3$ a A α	$0,3 \pm 0,1$ b A β

^aFabaceae: *Canavalia ensiformis* + *Crotalaria juncea*; Poaceae: Milheto = *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor* + *Zea mays*. ^bEntre parênteses, número total de indivíduos testados para cada família de pôlen.

Valores seguidos de letras distintas num mesmo período, minúsculas na coluna (entre famílias), maiúsculas na linha (entre sexos) e gregas entre períodos de oferta para uma mesma família e sexo, diferem entre si por contraste par-a-par pelo teste de Tukey.

Os números médios de grãos de pôlen de Poaceae e Fabaceae ingeridos pelas fêmeas foram significativamente equivalentes dentro de cada período de suprimento, enquanto os machos consumiram significativamente maior quantidade de pôlen de Poaceae do que Fabaceae em cada um dos períodos, sendo que em 24 h, o valor médio foi de quase 78 vezes mais grãos de pôlen da primeira família em relação à segunda. Na comparação entre os sexos, fêmeas e machos consumiram quantidades estatisticamente iguais de grãos de pôlen da mesma família nos dois períodos de suprimento dos polens. Entre esses períodos, as fêmeas consumiram números significativamente iguais de polens das duas famílias, enquanto os machos consumiram quantidades significativamente iguais de ambas as famílias de pôlen nos dois períodos de suprimento, mas eles consumiram mais pôlen de Fabaceae em 24 h do que em 48 h.

Os efeitos no consumo das espécies de polens foram estatisticamente significantivos somente entre dois fatores (Tabela 3). Na análise dos dados envolvendo os fatores “espécies de polens” e “sexo” ($\chi^2 = 25,651$; df = 4; $p = 0,0000$), observando os resultados do consumo por 24 horas, os grãos de pôlen de milheto, milho e crotalária foram consumidos pelas fêmeas em quantidades significativamente maiores do que a do pôlen de feijão-de-porco por 24 horas, sendo que a quantidade de pôlen dessa última leguminosa não diferiu significativamente de grãos de pôlen de sorgo consumidos por elas. Quanto aos machos, o consumo de polens de milheto e milho foi estatisticamente maior que dos demais polens. Igualmente às fêmeas, o pôlen significativamente menos consumido pelos machos foi o de feijão-de-porco, porém o valor não diferiu estatisticamente do consumo de crotalária.

A oferta de grãos de pôlen por 48 h também resultou com que as fêmeas consumissem maiores quantidades significativas de polens de milheto, milho e crotalária, sendo que o consumo desse último não diferiu estatisticamente do sorgo (Tabela 3). Grãos de pôlen de feijão-de-porco foram consumidos em quantidades significativamente menores pelas fêmeas em relação aos demais, mas não diferiu estatisticamente da quantidade ingerida de pôlen de sorgo. Novamente, os machos consumiram significativamente mais polens de milheto e milho do que dos demais polens, cujas quantidades não diferiram estatisticamente entre si.

Comparando o consumo de grãos de pôlen da mesma espécie entre os sexos nos períodos de 24 h e 48 h, apenas os grãos de pôlen de crotalária foram consumidos em quantidades significativamente maiores pelas fêmeas do que os machos, enquanto os polens das demais espécies foram consumidos em quantidades estatisticamente similares entre os sexos ($\chi^2 = 13,921$; df = 4; $p = 0,0076$). Na análise dos dados envolvendo os fatores “sexo” e “períodos de suprimento dos polens”, a quantidade de grãos de pôlen recuperados das fêmeas das cinco espécies de polens foram as mesmas para 24 e 48 horas, enquanto os machos

consumiram apenas mais grãos de pólen de milheto e sorgo em 24 horas do que em 48 horas, e as quantidades consumidas dos outros polens foram significativamente iguais ($\chi^2 = 10,632$; $df = 1$; $p = 0,0011$).

Tabela 3. Números de grãos de polens (média ± erro padrão) de três espécies de Poaceae e duas espécies de Fabaceae por adulto de *Chrysoperla externa* em 24 e 48 horas após a oferta desses grãos em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Período	Espécie de pólen	Número de grãos de pólen	
		Fêmea (n = 10) ^a	Macho (n = 10) ^a
24 h	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	50,7 ± 21,0	a A α
	Milho (<i>Zea mays</i>)	19,7 ± 8,2	a A α
	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	10,4 ± 4,4	ab A α
	Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	16,7 ± 7,0	a A α
	Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	1,2 ± 0,6	b A α
48 h	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	45,5 ± 18,9	a A α
	Milho (<i>Zea mays</i>)	22,8 ± 9,5	a A α
	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	1,4 ± 0,7	bc A α
	Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	11,0 ± 4,6	ab A α
	Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	1,1 ± 0,6	c A α

^aNúmero total de indivíduos testados para cada espécie de pólen.

Valores seguidos de letras distintas, minúsculas na coluna (entre pólen dentro de cada sexo e período), maiúsculas na linha (entre sexos) e gregas entre períodos para um mesmo pólen e sexo, diferem entre si por contraste par-a-par pelo teste de Tukey.

Nos dois períodos, todos os adultos continham grãos de pólen de duas a cinco espécies em seus tratos digestivos (Figura 9). Às 24 h, dos 10 machos avaliados, apenas um macho consumiu duas espécies de pólen (milheto e milho), e os demais consumiram esses dois pólen de Poaceae com outros tipos polínicos diferentes.

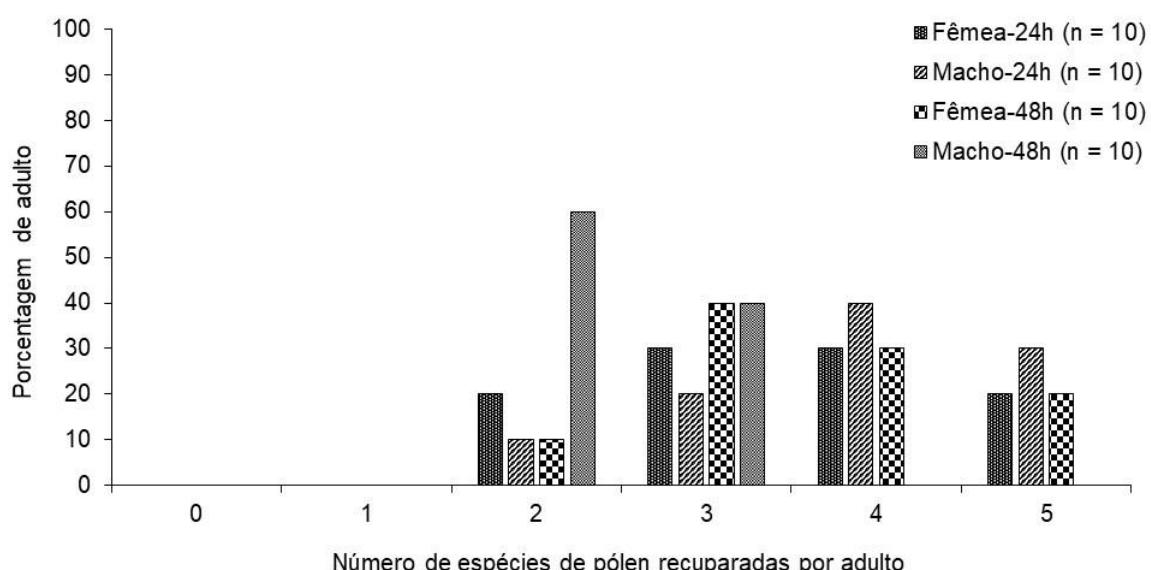


Figura 9. Porcentagens de machos e fêmeas *Chrysoperla externa* com os respectivos números totais de espécies de grãos de polens recuperados do trato digestivo em relação ao número total de indivíduos de cada sexo, dentro de 24 e 48 horas de oferta desses polens, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Ainda às 24 h, dois machos consumiram três espécies polínicas, sendo que um macho consumiu pólen de sorgo, milheto e milho, e o outro consumiu pólen de crotalária, milheto e milho. Três machos consumiram pólen de todas as cinco espécies floríferas (sorgo, milheto, milho, crotalária e feijão-de-porco). Quatro machos consumiram as mesmas quatro espécies de pólen (as três espécies de Poaceae e o pólen de crotalária). Das 10 fêmeas, duas consumiram todas as cinco espécies de pólen e outras duas consumiram duas espécies de pólen: uma consumiu duas espécies de polens de Poaceae (milheto e milho) e a outra consumiu crotalária e pólen de milheto. Três espécies de pólen foram recuperadas de três fêmeas (uma consumiu todas as espécies de Poaceae, a outra consumiu crotalária, milheto e pólen de milho, e outra consumiu o pólen de duas leguminosas e pólen de milheto). Quatro espécies de polens (todas as três espécies de Poaceae e uma das duas leguminosas) foram consumidas por três fêmeas (pólen de crotalária por duas fêmeas e pólen de feijão-de-porco por uma fêmea).

Às 48 h, seis machos consumiram duas espécies de pólen: quatro consumiram pólen de milho e milheto, um consumiu pólen de milho e sorgo e outro consumiu pólen de feijão-de-porco e milheto. Os quatro machos restantes consumiram três espécies de pólen (dois consumiram polen de todas as espécies de Poaceae e dois consumiram pólen de milho, milheto e crotalária). Das 10 fêmeas, duas espécies de polen (milho e milheto) foram recuperadas de uma fêmea. Quatro fêmeas consumiram três espécies de pólen: crotalária e duas espécies de Poaceae (milho ou milheto) foram consumidos por três fêmeas e polens das três Poaceae foram consumidos por uma fêmea. Quatro espécies de polens foram consumidas por três fêmeas, sendo que pólen das duas leguminosas, polen do milho e milheto foram consumidos por uma fêmea, e polen de feijão-de-porco e das três espécies de Poaceae foram recuperados de duas fêmeas, enquanto todas as cinco espécies de pólen foram consumidas por duas fêmeas.

3.3 Características Quantitativas e Qualitativas dos Polens

A amostra de 0,5 mg de polens de crotalária apresentou uma quantidade de grãos de pólen significativamente superior à das amostras de mesmo peso das outras quatro espécies de polens avaliados ($F = 17,425$; g.l. = 4, 10; $p = 0,0002$; Tabela 4). Não houve diferença significativa entre as quantidades de grãos de pólen nas amostras referentes ao milheto e sorgo, que diferiram de feijão-de-porco e milho, os quais, por sua vez, não diferiram entre si. A amostra de 0,5 mg de polens de milho apresentou quase 20 vezes menos pólen do que a amostra de polens de crotalária.

Tabela 4. Comparação entre os números de grãos de pólen (média ± erro padrão) das cinco espécies botânicas em uma amostra de 0,5 mg e das porcentagens de conteúdo de proteína bruta (média ± erro padrão) desses polens provenientes de três repetições.

Pólen	Número de grãos de pólen/amostra (0,5 mg)	Conteúdo de proteína bruta (%)
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	30.502,00 ± 5581,52 a	54,60 ± 0,63 a
Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i>)	7.987,33 ± 2002,92 b	24,16 ± 0,17 c
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	7.431,33 ± 1849,19 b	26,07 ± 1,37 c
Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	3.765,67 ± 405,34 c	40,04 ± 0,83 b
Milho (<i>Zea mays</i>)	1.574,33 ± 159,09 c	21,00 ± 0,27 d
CV (%) ²	47,05	4,08

Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.
CV: coeficiente de variação.

Quanto ao conteúdo de proteína bruta, os grãos de pólen da crotalária apresentaram o maior valor ($F = 322,509$; g.l. = 4, 10; $p = 0,0000$; Tabela 4), que foi seguido pelo valor da

outra leguminosa (feijão-de-porco), as quais diferenciaram estatisticamente entre si e das outras espécies de polens. Os polens das Poaceae avaliadas apresentaram conteúdos de proteína bruta estatisticamente inferiores aos da Fabaceae. Os valores desse parâmetro foram significativamente iguais entre os grãos de pólen de milheto e sorgo. O menor valor de proteína bruta foi encontrado para os polens de milho, correspondendo a 2,6 vezes menor do que o valor para o pólen de crotalária.

Quanto ao número e a forma das aberturas dos grãos de polens (Tabela 5), os das duas leguminosas foram tricolporados [três aberturas em forma de sulco (ectoabertura ou colpo) e um poro central em cada sulco (endoabertura)] e a ornamentação da exina foi caracterizada como microreticulada (i.e., padrão parecido a uma rede delicada). Os polens das três espécies de Poaceae foram monoporados (uma abertura em forma de poro) e a ornamentação da exina é do tipo escabrada (i.e., elementos esculturais apresentam menos do que 1 μm em diâmetro).

Os tamanhos dos grãos de pólen variaram de médio a grande dependendo da espécie de Fabaceae e Poaceae (Tabela 5). Os diâmetros médios dos grãos de pólen entre as espécies foram significativamente distintos ($F = 9323,715$; $df = 4, 120$; $p = 0,0000$; Tabela 5). O tamanho dos grãos de pólen de feijão-de-porco foi significativamente maior que os das demais espécies avaliadas, sendo que a crotalária teve os menores grãos de pólen. Os valores médios da espessura da exina diferiram significativamente entre as cinco espécies ($F = 14,954$; $df = 4, 120$; $p = 0,0000$; Tabela 5). O pólen de crotalária apresentou a maior espessura de exina, seguida pelo feijão-de-porco e milheto, enquanto a menor espessura foi observada para o pólen de milho.

Tabela 5. Comparação das características palinológicas dos grãos de pólen das cinco espécies botânica ($n = 25$ grãos de pólen).

Pólen ^a	Tamanho	Padrão das aberturas	Ornamentação da exina	Diâmetro (μm)	Espessura da exina (μm)
Feijão-de-porco	Grande	Tricolporado	Microrreticulada	$76,05 \pm 0,24$ a	$1,48 \pm 0,02$ b
Milho	Grande	Monoporado	Escabrada	$72,45 \pm 0,21$ b	$1,26 \pm 0,03$ d
Sorgo	Médio	Monoporado	Escabrada	$44,70 \pm 0,15$ c	$1,36 \pm 0,04$ c
Milheto	Médio	Monoporado	Escabrada	$38,55 \pm 0,19$ d	$1,46 \pm 0,03$ b
Crotalária	Médio	Tricolporado	Microrreticulada	$33,45 \pm 0,25$ e	$1,58 \pm 0,04$ a

^aFeijão-de-porco = *Canavalia ensiformis*, milho = *Zea mays*, sorgo = *Sorghum bicolor*, milheto = *Pennisetum glaucum*, crotalária = *Crotalaria juncea*.

Valores (média ± erro padrão) seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que o pólen das quatro espécies de Poaceae (*A. strigosa*, *P. glaucum*, *S. bicolor* e *Z. mays*), de crotalária (*C. juncea*) e feijão-de-porco (*C. ensiformis*) foram recuperados pela análise de acetólise dos adultos de *C. externa*, tanto para machos quanto fêmeas, confinados com as flores dessas espécies, indicando que a morfologia floral, morfologia da cabeça do inseto e/ou tipo de aparelho bucal não impediu o acesso aos grãos de pólen quando as flores se abriram, mesmo que essas características possam limitar ou impedir o acesso dos insetos predadores onívoros (ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009b). Quanto ao acesso aos polens de crotalária, é possível que os adultos tenham sido também favorecidos pela existência de anteras dimórficas em flores de *C. juncea*, apresentado estames com filamentos curtos e longos, sendo que os filamentos dos primeiros sofrem alongamento na ausência de polinizadores (KUMAR et al., 2019).

Todavia, a menor ingestão de pólen de feijão-de-porco em comparação às demais espécies de polens ingeridos sugere maior dificuldade dos adultos de *C. externa* em acessar o pólen nas anteras após a antese dos botões florais dessa fabácea. Embora dados referentes a largura da abertura das corolas das flores avaliadas não tenham sido obtidos no presente estudo, provavelmente a abertura da corola das flores de flemingia e guandu é muito estreita de modo a não permitir o acesso dos adultos de *C. externa* aos grãos de pólen e/ou a largura da cabeça desse inseto é muito grande para acessar esse recurso, visto que nenhum grão de pólen de flemingia (*F. macrophylla*) e guandu (*C. cajans*) foi recuperado. De acordo com Freitas & Morales (2009), a cabeça dos adultos de *C. externa* mede 1,40 mm em média, com uma amplitude de 1,3 a 1,5 mm.

No entanto, as flores do guandu são visitadas por insetos polinívoros e nectarívoros, principalmente abelhas, em geral de 2 a 3 dias após o aparecimento dos primeiros botões florais (SAXENA et al., 2016). Entre esses insetos, destacam-se as abelhas que chacoalham as flores (e.g., gêneros e *Chalicodoma* Lepeletier de Saint Fargeau e *Xylocopa* Latreille), provocando a liberação dos grãos de pólen das anteras (“polinização por vibração”) e facilitando o acesso ao pólen (ROULSTON et al., 2000; SAXENA et al., 2016; PANDO et al., 2018). Contudo, não parece ser o caso dos adultos de *C. externa*, visto que com seu corpo muito delicado em comparação a essas abelhas, eles não sejam capazes de tal comportamento.

Embora *C. juncea* tenham nectários florais (MEAGHER et al. 2019) que poderiam completamente distrair o adulto de *C. externa* para alimentarem-se de néctar visando obter carboidratos, uma grande quantidade de pólen de crotalária foi consumida pelas fêmeas e pelos machos (Tabela 1). Até o momento, não se conhece o comportamento de visitação às flores e o modo funcional do aparelho bucal dos adultos de *C. externa*, que são crepusculares por natureza, para obter pólen, tal como já foi descrito para os adultos de *Nemoptera sinuate* Olivier (Neuroptera: Nemopteridae), que são visitantes florais diurnos e polinívoros obrigatórios (KRENN et al., 2008). Os estudos sobre a manipulação do pólen pelos adultos de *C. externa* são limitados pelo seu comportamento crepuscular a noturno. Geralmente, a morfologia do pólen está mais relacionada com a síndrome de polinização, sendo que os crisopídeos não são reconhecidos como tal (ROULSTON et al., 2000; WANG & DOBRITSA, 2018).

Como esperado, os adultos de *C. externa* apresentaram hábito alimentar generalista, visto que eles ingeriram grãos de pólen a partir das flores recém-abertas de seis espécies das oito ofertadas separadamente. No teste de livre escolha, eles consumiram polens das cinco espécies ofertados quando confinados apenas com os grãos removidos das anteras (i.e., sem as flores). Nesse teste, os adultos consumiram mais do que um tipo de grão de pólen, variando de duas a cinco espécies de pólen por adulto. O hábito generalista dos adultos de *C. externa* pode ser explicado pela necessidade de obter uma dieta bem balanceada, evitando deficiências nutricionais entre as diferentes espécies de polens, tal como aminoácidos essenciais, e/ou

diluir toxinas (e.g., alcaloides, fenóis, e taninos), como ocorre com as abelhas (LUNDGREN, 2009 a,b; REINHARD et al., 2009; WEINER et al., 2010).

Os resultados obtidos quanto ao hábito generalista de *C. externa* corroboram os de Medeiros et al. (2010), que recuperaram, por técnica palinológica (acetólise), polens de 21 famílias de angiospermas, incluindo Fabaceae e Poaceae, de adultos de *C. externa* coletados em cultivo orgânico de hortaliças em Brasília, DF. Usando a mesma técnica, Andrade et al. (2018) verificaram também esse mesmo hábito alimentar a partir da coleta de adultos desse crisopídeo em diferentes culturas em sistema agroecológico de produção orgânica vegetal. Esses autores recuperaram polens de 19 famílias de angiospermas, que incluíram também as famílias avaliadas no presente estudo.

Dos polens avaliados, a ingestão de polens de *F. macrophylla* e *Z. mays* já foi registrada por Andrade et al. (2018), porém os números de grãos de pólen dessa leguminosa variaram apenas entre 1 e 3 por adulto (total de três fêmeas), sendo recuperados com outros pólenes. Numa fêmea coletada em café, esses autores recuperaram apenas um grão pólen de *F. macrophylla* com 33 polens não identificados ao nível específico pertencentes a Poaceae. Essa baixa quantidade de grãos de *flemingia*, que ocorreu junto com outras espécies de pólen avaliadas, também foi observada nos adultos testados no presente estudo. Adultos de outras espécies de *Chrysoperla* Steinmann também apresentam hábito alimentar generalista, como *Chrysoperla affinis* (Stephens), *Chrysoperla carnea* (Stephens) e *Chrysoperla lucasina* (Lacroix) (VILLENAVE et al., 2005; 2006; DENIS & VILLENAVE, 2009).

Apesar do generalismo alimentar, machos e fêmeas de *C. externa* exibiram preferência por Poaceae, possivelmente relacionado à facilidade de obter pólen de espécies anemófilas, pois eles consumiram mais polens dessa família do que de Fabaceae, embora a quantidade ofertada de grãos de pólen dessa última (em média, 17.133,84) tenha sido três vezes maior do que a de Poaceae (em média, 5.664,33). Essa preferência alimentar já tinha sido citada por Freitas (2002), que observou e registrou que esse crisopídeo obtém inclusive pólen de gramíneas invasoras. Medeiros et al. (2010) e Andrade et al. (2018) também sugeriram a preferência dos adultos de *C. externa* por polens de Poaceae.

Outra observação que pode ser feita a partir dos resultados do presente estudo é que os adultos de *C. externa* consumiram uma quantidade de polens relativamente maior quando confinados com as flores recém-abertas (portanto, com polens frescos) (Tabela 1) do que quando polens descongelados foram ofertados, com exceção dos polens de milho, milheto e sorgo para os machos nas 24 h de confinamento (Tabela 3). Os resultados obtidos concordam com as argumentações de González et al. (2022), ao discutirem sobre as limitações que influenciaram os resultados deles, tais como manutenção dos adultos de *C. carnea* em gaiolas pequenas (placas de Petri) com apenas grãos de pólen. De fato, no primeiro experimento do presente estudo, flores recém-abertas foram oferecidas e seus polens, uma vez também frescos, podem também emitir voláteis que podem melhor orientar os adultos para o recurso floral (ORRE et al., 2007; ALBUQUERQUE, 2009).

Quanto às características palinológicas, ambas as famílias tiveram grãos de pólen com tamanhos médio (25 - 50 µm em diâmetro) a grande (50 – 100 µm em diâmetro), e a espessura da exina foi significativamente diferente entre as espécies de pólen avaliadas, exceto para os polens de feijão-de-porco e milheto, que não diferiram entre si. Essas características morfológicas estão de acordo com a espessura da exina e os padrões de abertura na superfície dos polens de Fabaceae e Poaceae (WANG & DOBRITSA, 2018). Algumas características palinológicas obtidas para cada espécie de polens avaliadas já foram reportadas em estudos prévios: Gupta & Gupta (1979) para pólen de crotalaria, Rodrigues & Torne (1991) para pólen de feijão-de-porco, Chaturvedi et al. (1994) para pólen de sorgo, Neha & Kalkar (2010) para pólen de milheto e Morgado et al. (2015) para pólen de milho. Lu et al. (2022) mostraram que o tamanho dos polens de plantas anemófilas variou de médio e pequeno em sua maioria, enquanto aquele das plantas entomófilas foram majoritariamente de médio a grande. Os resultados do presente estudo corroboraram em parte esses estudos prévios.

No teste de livre escolha, os grãos de pólen de feijão-de-porco foram significativamente os menos consumidos, sendo que eles foram classificados como grande e a espessura da exina ficou com segundo maior valor. Por outro lado, entre os polens mais consumidos, milho também produziu grãos de pólens grandes, mas eles tiveram a exina mais fina, os grãos de pólen de milheto foram pequenos ($10 - 25 \mu\text{m}$ em diâmetro), mas a espessura da exina foi significativamente igual à do pólen de feijão-de-porco (Tabela 4). Além disso, os padrões de abertura dos polens poderiam ter influenciado a quantidade de polens consumidos pelos adultos do crisopídeo como argumentado por González et al. (2022). Esses autores observam que quantidades maiores de pólen de *Acer pseudoplatanus* L. (Sapindaceae) foram consumidas por adultos recém-emergidos de *C. carnea* e sem se alimentarem por 24 horas, e esse pólen foi mais rapidamente digerido (até três dias após a alimentação) do que as outras três espécies de polens oferecidas. De acordo com esses autores, os polens das quatro espécies avaliadas são tricolpados, mas o pólen de *A. pseudoplatanus* tem um sulco alongado, o qual pode ter facilitado o processo de digestão enzimática. Enzimas desempenham importante papel na digestão do pólen por crisopídeos (ALBUQUERQUE, 2009; LI et al., 2010). LI et al. (2010) observaram que o conteúdo do pólen do milho extravasa através do poro, o que deve facilitar o acesso ao seus nutrientes, uma vez que a parede do grão de pólen não precisaria ser digerida. Todavia, essa hipótese necessita ser testada. No presente estudo, polens de milho, milheto e crotalária foram os mais consumidos pelos adultos de *C. externa*, e os polens dessas Poaceae e da Fabaceae foram monoporados (i.e., uma abertura) e tricolporado (i.e., com colpos e endoaberturas ou ectoabertura e endoabertura), respectivamente. Esses resultados sugerem que as características palinológicas analisadas não influenciam a escolha entre as espécies de polens avaliadas pelos adultos de *C. externa*.

Os conteúdos de proteína bruta não diferiram expressivamente dos valores registrados por outros autores. No presente estudo, o pólen de *Z. mays* apresentou $21,00 \pm 0,27\%$ de conteúdo de proteína bruta, ficando um pouco abaixo dos valores encontrados por Nielsen (1955), sendo de 25,6% para as amostras coletadas em 1953 e de 26,3% naquelas coletadas no ano seguinte, enquanto Roulston et al. (2000) registraram o valor de 23,9%. Lundgren & Wiedenmann (2004) e Bujang et al. (2021) obtiveram, respectivamente, $24,39 \pm 0,36\%$ e $17,16 \pm 3,13\%$ de conteúdo proteína bruta para *Z. mays*, mas eles utilizaram outro método para a análise de nitrogênio, o que pode ter influenciado em resultados diferentes, além de diferenças entre as variedades e os híbridos avaliados nos estudos desses autores. O conteúdo médio de proteína bruta do pólen de *C. juncea* obtido no presente estudo foi de 54,6%, sendo que Roulston et al. (2000) encontraram também esse valor acima de 50% para polens de outras espécies de *Crotalaria* (*C. retusa* L. com 52,7% e *C. sagittalis* L. com 51,0%), embora Venzon et al. (2006) obtiveram valor bem mais baixo (25,6%), que utilizou outra metodologia (AOAC International).

As fêmeas consumiram quantidades significativamente iguais de polens de Poaceae e Fabaceae quando eles foram ofertados simultaneamente por 24 e 48 horas, enquanto os machos consumiram mais polens de Poaceae do que Fabaceae. Entre os sexos, as quantidades de polens de ambas consumidas pelas fêmeas foram estatisticamente iguais àquelas consumidas pelos machos nesses dois períodos de suprimento dos polens. Os polens das três espécies de Poaceae avaliadas (variou entre 21,0% e 26,7%) mostraram conteúdos de proteína bruta mais baixos do que dos polens das duas espécies da Fabaceae (40,04% e 54,60%). Esses resultados sugerem que esse parâmetro não governa a escolha entre os grãos de pólen avaliados pelos adultos de *C. externa*. De fato, baseando-se em informações gerais sobre os requerimentos nutricionais dos adultos de crisopídeos exigidos para seus voos de dispersão e forrageamento de alimentos (CANARD & PRINCIPI, 1984; ALBUQUERQUE, 2009), esses resultados seriam esperados uma vez que os experimentos usaram adultos recém-emergidos.

Há poucos estudos sobre o comportamento de voo e comportamento dos adultos dos crisopídeos na procurar por seus alimentos (e.g., pólen, néctar e honeydew), incluindo *C. externa* (ALBUQUERQUE, 2009). Considerando estudos com espécies do complexo *C.*

carnea, os adultos recém-emergidos tem gônadas imaturas e fazem voos dispersivos noturnos ajudados pelo vento nos primeiros dois dias após a emergência (períodos de imaturidade sexual e pré-oviposição), no terceiro dia, os adultos famintos exibem voos curtos e respondem a infoquímicos (ou semioquímicos) que sinalizam a presença do alimento e, após a cópula (terceira ou quarta noites), as fêmeas iniciam a oviposição na quinta noite (CANARD & PRINCIPI, 1984; ALBUQUERQUE, 2009). No Peru, Núñez (1989) observou que *C. externa* atinge sua maturidade sexual com $3,0 \pm 1,5$ dias no verão ($25,3^{\circ}\text{C}$ e 78% UR) e $4,0 \pm 2,5$ dias no inverno.

De todas as atividades dos insetos, o voo é uma atividade mais demandante de energia e uma das que mais requerem fontes exógenas de carboidratos (McFARLANE, 1985). Segundo Lundgren (2009 a,b), plantas anemófilas (e.g., Poaceae) tendem a ser mais rica em carboidratos (e.g., amido) do que plantas entomófilas (e.g., Fabaceae), além disso, elas possuem frequentemente menor conteúdo proteico em relação a outros grupos de plantas (média de 25,8% e 39,3% de proteínas em espécies anemófilas e zoófilas, respectivamente). Milho é uma planta polinizada pelo vento e seus grãos de pólen são altamente ricos em amido (média de 20,1%) (ROULSTON & BUCHMANN, 2000). Os experimentos do presente estudo usaram adultos recém-emergidos (com 24 horas de idade) e famintos e, dessa forma, eles tinham 2 e 3 dias de idade nos períodos de 24 e 48 horas de suprimento dos polens, respectivamente. Portanto, polens de Poaceae podem melhor suprir os adultos recém-emergidos de *C. externa* para atender suas necessidades em carboidratos dos que polens de Fabaceae.

Contudo, em muitas espécies de Chrysopidae, o período de oviposição é de 3 a 5 dias e o acasalamento ocorre quando os oócitos estão maduros no trato genital da fêmea virgem (CANARD & PRINCIPI, 1984). As fêmeas dos crisopídeos tendem a ter um maior requerimento de proteínas do que os machos para se tornar sexualmente maduras. Elas requerem quantidades consideravelmente mais elevadas de proteínas para a oogênese e secreção contínua e abundante das glândulas acessórias. Por outro lado, a espermatogênese ocorre na fase larval, e os machos podem ter reserva suficiente para suas necessidades metabólicas, requerendo baixas quantidades de proteínas para a sobrevivência, embora a quantidade de proteínas requerida pelos adultos dos crisopídeos pode variar entre os sexos (PRINCIPI & CANARDI, 1984; ALBUQUERQUE, 2009; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012). Apesar disso, adultos de *C. externa* requerem fontes de proteínas e carboidratos para maximizar sua sobrevivência e reprodução, e a oviposição somente ocorre quando os polens são aprovigionados com uma fonte de açúcar (sacarose, mel ou honeydew, por exemplo), significando que o balanço entre esses dois nutrientes deve ser vital para os adultos desse crisopídeo (VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009).

O presente estudo discutiu a acessibilidade dos adultos de *C. externa* aos polens de Fabaceae e Poaceae e algumas características dos seus polens (padrão de aberturas, tamanho, espessura da exina, ornamentação da exina e conteúdo de proteína bruta), os quais são dois fatores que precisam ser considerados na seleção de plantas floríferas que sejam próprias para prover recursos florais para insetos entomófagos, como apontados por Orre et al. (2007) e Wäckers & Van Rijn (2012). Em resumo, considerando maior consumo de polens de Poaceae, *P. glaucum*, *S. bicolor* e *Z. mays* mostram-se como boas candidatas como plantas atrativas para adultos de *C. externa* no contexto do controle biológico conservativo, visto que seus polens foram mais consumidos por ambos os sexos de *C. externa* entre os demais avaliados. Todavia, outros fatores permanecem para ser investigados, tal como os efeitos dos polens avaliados na performance dos adultos de *C. externa*, objetivando otimizar a probabilidade de sucesso do CBC através da provisão de recursos florais. Dos polens avaliados no presente estudo, somente pólen de *C. juncea* oferecido junto com mel foi provado aumentar a longevidade e aspectos reprodutivos de *C. externa* (VENZON et al., 2006). Adicionalmente, nos períodos de 24 e 48 h, adultos desse crisopídeo consumiram mais pólen de *C. juncea*, que apresentou o maior conteúdo de proteína bruta, do que os machos comparando com as outras

quatro espécies de polens estudadas. Dessa forma, levando-se também em conta o hábito polífago dos adultos de *C. externa*, arranjos de plantios combinados dessas Poaceae com *C. juncea*, de tal forma que seus períodos de florescimento possam ser coincidentes, devem ser mais favoráveis para a conservação desse crisopídeo em sistema de produção agrícola. Avaliando de forma prática os resultados, é importante destacar a duração do período de florescimento dessas plantas para que haja pólen disponível para os crisopídeos. Se for muito curto, será necessário a semeadura frequente, ao longo do tempo, para que esse recurso fique disponível ao longo do ano para os agentes biológicos de controle que sejam polinívoros em alguma fase de suas vidas. No caso do feijão-de-porco deve-se considerar que sua florada é prolongada, com flores abrindo em tempos distintos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo conduzido em condição de laboratório permitiram chegar às seguintes conclusões:

- 1) Fêmeas e machos recém-emergidos de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) ingerem grãos de pólen a partir das flores de *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor* e *Zea mays* (todas Poaceae) e de *Crotalaria juncea* (Fabaceae) num período de 24 horas, mas demonstram dificuldade em acessar o pólen de *Canavalia ensiformis* (Fabaceae) a partir das flores e não conseguem acessar esse recurso das flores de *Cajanus cajan* e *Flemingia macrophylla* (ambas Fabaceae) em igual período de oferta.
- 2) Fêmeas e machos recém-emergidos de *C. externa* exibem preferência por grãos de pólen de Poaceae em relação aos grãos de pólen de Fabaceae, seja quando acessam este recurso a partir das flores, ou quando eles são extraídos das anteras e ofertados por períodos de 24 e 48 horas.
- 3) Os grãos de pólen de *C. juncea*, *P. glaucum* e *Z. mays*, extraídos das anteras e ofertados por 24 e 48 horas, são mais preferidos pelas fêmeas e machos recém-emergidos de *C. externa* do que os polens de *C. ensiformis* e *S. bicolor*, em igualdade de condições.
- 4) O tamanho, padrões de abertura (número e formato), espessura e ornamentação da exina dos grãos de pólen de *C. ensiformis* (grande, tricolporado, microreticulado), *C. juncea* (médio, tricolporado, microreticulado), *P. glaucum* (médio, monoporado e escabrada), *S. bicolor* e *Z. mays* não interferem no consumo deles pelos adultos de *C. externa*, portanto, não explicam a escolha entre eles.
- 5) Os grãos de pólen de *S. bicolor*, *P. glaucum* e *Z. mays* são mais pobres em conteúdo de proteínas (com 26,07%, 24,16% e 21,00%, em média, de proteína bruta, respectivamente) do que os polens de *C. juncea* e *C. ensiformis* (com 54,60% e 40,04%, em média, de proteína bruta, respectivamente), mostrando que esse parâmetro qualitativo não governa a escolha entre esses polens pelos adultos de *C. externa*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMCZYK, S.; STRUCK, J.-H.; WEIGEND, M. The best of two worlds: ecology and evolution of ambophilous plants. **Biological Reviews**, v. 98, p. 391-420, 2023.
- AGUIAR-MENEZES, E. L.; SILVA, A. C. **Plantas atrativas para inimigos naturais e sua contribuição para o controle biológico de pragas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 60p. (Série Documentos, 283p).
- ALBUQUERQUE, G. S. 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 Informação Tecnológica, 2009. p. 969-1022.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history in central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 1994.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: McEwen, P; New, T. R.; Whittington, A. E. (eds). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p 408-423.
- ALCALÁ HERRERA, R.; COTES, B.; AGUSTÍ, N.; TASIN, M.; PORCEL, M. Using flower strips to promote green lacewings to control cabbage insect pests. **Journal of Pest Science**, v. 95, p. 669-683, 2022.
- ALMEIDA, D. P. **Descrição da metodologia de criação de Chrysoperla externa (Hagen, 1861) no Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), UFRRJ**. 2016. 28f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3.ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012. 400p.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. M.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.
- ANDRADE, K. A. **Ingestão natural de polens por Chrysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), ingestão de dietas polínicas e seus efeitos na sua biologia em laboratório**. 2013. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- ANDRADE, K. A.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; MENDONÇA, C. B. F.; VIEIRA, G. R. M.; MELO, S. J.; MAGALHÃES, J. L. A.; MELO, G. J. B. Pollen ingestion by *Chrysoperla externa* (Hagen) adults in a diversified organic agroecosystem. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 118-130, 2018.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. M.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: Embrapa Acre, 2001. 24p. (Circular técnica, 19).

BROOKS, S. J. A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum of Natural History (Entomology)**, v. 63, n. 2, p. 137-210, 1994.

BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; RAMAIYA, S. D. Chemical constituents and phytochemical properties of floral maize pollen. **PLoS ONE**, v.16, n.2, p. e0247327, 2021.

CANARD, M.; PRINCIPI, M. M. Life histories and behavior. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 57-69.

CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed. Lavras: Editora da UFLA, 2009. p. 77-115.

CARVALHO, W. P.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. **Plantas de cobertura no controle de infestantes em sistema orgânico**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 31p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 373).

CASTRO, A. C. M.-C.; BARBOSA, N. C. C. P. Recent evolutionary history of *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, p. e0177414, 2017.

CHATURVEDI, M.; YUNUS, D.; DATTA, K. Pollen morphology of *Sorghum* Moench – Sections *Eu-sorghum* and *Para-sorghum*. **Grana**, v. 33, n. 3, p. 117-123, 1994.

COSTA, M. B.; BEZERRA, S.; SOUZA, B.; SOARES, A.; SILVA, M. Development and reproduction of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Neotoxoptera formosana* (Hemiptera: Aphididae). **Revista Colombiana de Entomología**, v.38, n.2, p.187-190, 2012.

COSTA, R. I F. **Estudos de densidade de ovos e de adultos de Chrysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) visando adequação na criação de laboratório**. 60f. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DENIS, A.; VILLENAVE, J. **Habitats and food preferences concerning Syrphidae and Chrysopidae auxiliaries**. Agrocampus Ouest: Institut National d'Horticulture et du Paysage, Angers, 2009. 11p. Disponível em: <http://alicedenis.toile-libre.org/ARTICLE_AD.pdf> . Acesso em: 16 fev. 2021.

DUELLI, P. Flight activity patterns in lacewings (Planipennia: Chrysopidae). In: GEPP, J.; ASPÖCK, H.; HÖLZEL, H. (eds). **Recent research in neuropterology**. Graz-Thalerhof: By the authors, 1986. p. 165-170.

EMBRAPA. Sistemas de produção Embrapa. Brasília: Embrapa. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/home>. Acesso em: 01 set. 2022.

ERDTMAN, G. Pollen morphology and plant taxonomy: angiosperms. New York: Almqvist and Wiksell, 1960a. 553p.

ERDTMAN, G. The acetolysis method - a revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 54, p. 561-564, 1960b.

FIEDLER, A. K.; LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. **Biological Control**, v. 45, p. 254-271, 2008.

FREITAS, S. **Criação de crisopídeos (bicho lixeiro) em laboratório**. Jaboticabal: Funep, 2001. 20 p.

FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 209-224.

FREITAS, S.; MORALES, A. M. Indicadores morfométricos em cabeças de espécies brasileiras de *Chrysoperla* (Neuroptera, Chrysopidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.4, p. 499-503, 2009.

GONZÁLEZ, E.; BIANCHI, F. J. J.; WIZOREK, S.; SCHUMACHER, M.; ENTLING, M. H. Variation between plant species in pollen digestion rates in the green lacewing *Chrysoperla carnea*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 170, n. 12, p. 1049-1054, 2022.

GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Agriculturas**, v. 4, n. 1, p. 24-28, 2007.

GUPTA, P. K.; GUPTA, R. Pollen morphology in diploid species of *Crotalaria* L. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, v. 88, n. 1, p. 49-56, 1979.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n. 2, p. 107-116, 2003.

HATT, S.; XU, Q.; FRANCIS, F.; OSAWA, N. Aromatic plants of East Asia to enhance natural enemies towards biological control of insect pests. a review. **Entomologia Generalis**, v. 38, n. 4, p. 275-315, 2019.

HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCH-RADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen terminology: an illustrated handbook**. Wien: Springer, 2009.

KISSER, J. Bemerkungen Zum Einschluss in glycerin-gelatine. **Zeitschrift Für Wissenschaftliche Mikroskopie Technik**, v. 51, p. 372-374, 1935.

KRENN, H. W.; GEREBEN-KRENN, B.-A.; STEINWENDER, B. M.; POPOV, A. Flower visiting Neuroptera: mouthparts and feeding behavior of *Nemoptera sinuata* (Nemopteridae). **European Journal of Entomology**, v. 105, n. 2, p. 267-277, 2008.

KUMAR, V.; BELAVADI, V.V.; REVANASIDDA; THARINI, K.B.; SRINIVASA, Y.B. Stamen elongation in sunn hemp appears to allow delayed self-pollination in the absence of

pollinators – A case of bet-edging? **South African Journal of Botany**, v. 127, p. 110-116, 2019.

LI, Y.; MEISSLE, M.; ROMEIS, J. Use of maize pollen by adult *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and fate of Cry proteins in Bt-transgenic varieties. **Journal of Insect Physiology**, v. 56, n. 2, p. 157-64, 2010.

LU, X.; YE, X.; LIU, J. Morphological differences between anemophilous and entomophilous pollen. **Microscopy Research and Technique**, v. 85, n 3, p. 1056-1064, 2022.

LUNDGREN, J. G. Pollen nutrition and defense. LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009a. p. 127-139.

LUNDGREN, J. G. Pollinivory. In: LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009b. p. 85-116.

LUNDGREN, J. G. Sugar feeder. In: LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009c. p. 16-43.

LUNDGREN, J. G.; WIEDENMANN, R. N. Nutritional suitability of corn pollen for the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 50, n. 6, p. 567-75, 2004.

McFARLANE, J. E. Nutrient and digestive organs. In: BLUM, M. S. (ed.). **Fundamentals of insect physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1985. p. 59-89.

MARIOTTI, F.; TOME, D.; MIRAND, P. P. Converting nitrogen into protein-beyond 6.25 and Jones' factors. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 2, p. 177-184, 2008. doi: 10.1080/10408390701279749.

MEDEIROS, M. A.; RIBEIRO, P. A.; MORAIS, H. C.; CASTELO BRANCO, M.; SUJII, E. R.; SALGADO-LABORIAU, M. L. Identification of plant families associated with the predators *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* Guérin-Menéville (Coleoptera: Coccinellidae) using pollen grain as a natural marker. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 293-300, 2010.

MEAGHER, R.L.; WATROUS, K. M.; FLEISCHER, S. J.; NAGOSHI, R. N.; BROWN, J. T.; BOWERS, K.; MILLER, N.; HIGHT, S. D.; LEGASPI, J. C.; WESTBROOK, J. K. Documenting potential sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) pollinators in Florida. **Environmental Entomology**, v. 48, n. 2, p. 343-350, 2019.

MELHEM, T. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORRÊA, A. M. S.; MAKINO-WATANABE, H.; SILVESTRE-CAPELATO, M. S. F.; GONÇALVES-ESTEVES, V. L. Morfologia polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**, n. 16, p. 1-104, 2003.

MORGADO, L. N.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; RESENDES, R.; VENTURA, M. A. M. Pollen morphology of Poaceae (Poales) in the Azores, Portugal. **Grana**, v. 54, n. 4, p. 282-293, 2015.

MYERS, R.; WEBER, A.; TELLATIN, S. **Cover crop economics: opportunities to improve your bottom line in row crops**. College Park: Sustainable Agriculture Research &

Education (SARE), 2019. 24p. Disponível em: <https://www.sare.org/resources/cover-crop-economics/>. Acesso em: 03 fev. 2023.

NEHA, K.; KALKAR, S. A. Pollen morphology of millets-exine surface ultrastructure. **Asian Journal of Experimental Biological Sciences**, s/v, p. 85-90, 2010.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do km 47. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (eds.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005. p.149-172.

NIELSEN, N.; GROMMER, J.; LUNDEN, R. Investigations on the chemical composition of pollen from some plants. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 9, p. 1100-1106, 1955.

NÚÑEZ Z., E. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 31, n.1, p. 76-82, 1989.

OLIVEIRA, A. S.; AUAD, A. M.; SOUZA, B.; CARVALHO, C. A.; SOUZA, L. S.; AMARAL, R. L.; SILVA, D. M. Benefícios do mel e pólen de forrageiras nos parâmetros biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 583-588, 2009.

ORRE, G. U. S.; TOMPKINS, J.-M.; JONSSON, M.; JACOMETTI, M. A.; WRATTEN, S. D. Provision of floral resources for biological control restoring an important ecosystem service. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 2, p. 96-84, 2007.

PANDO, J. B.; DJONWANGWE, D.; MOUDELSIA, O. B.; FOHOUE, F.-N. T.; TAMESSE, J. L. Insect floral visitors of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) and impact of the foraging activities on the pollination, pod and seed yields at Maroua – Cameroon. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 12, n. 4, p. 48-58, 2018.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; CECON, P. R.; GUERRA, J. G. M.; FREITAS, G. B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5., p. 453-459, 2006.

PESSOA, L. G. A.; FREITAS, S.; LOUREIRO, E. S. Potencial reprodutivo de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): efeito da proporção sexual e período de acasalamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 57-61, 2013.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S. NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 143, n. 1-2, p. 1-81, 2007.

POVEDA, K.; GÓMEZ, M. I.; MARTÍNEZ, E. Diversification practices: their effects on pest regulation and production. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 34, n. 2, p. 131-144, 2008.

R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

REFLORA. Fabaceae in Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115>>. Acesso em: 30 jul. 2023

REINHARD, A.; JANKE, M.; VON DER, W.; KEMPF, M.; THEURING, C.; HARTMANN, T.; SCHREIER, P.; BEUERLE, T. Feeding deterrence and detrimental effects of pyrrolizidine alkaloids fed to honey bees (*Apis mellifera*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1086-95, 2009.

RESENDE, A. L. S.; SOUZA, B.; FERREIRA, R. B.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Flowers of Apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera). **Biological Control**, v. 106, p. 40-44, 2017.

RODRIGUES, B. F.; TORNE, S. G. Morphological features of pollen grains in the three *Canavalia* species. **Plant Cell**, v. 23, p. 51-54, 1991.

ROULSTON, T. H.; BUCHMANN, S. L. A phylogenetic reconsideration of the starch-pollination correlation. **Evolutionary Ecology Research**, v. 2, p. 627-643, 2000.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? **Ecological Monographs**, v. 70, p. 617-643, 2000.

SAXENA, K. B.; TIKLE, A. N.; KUMAR, R. V.; CHOUDHARY, A. K.; BAHADUR, B. Nectarivore-aided hybridization and its exploitation for productivity enhancement in pigeonpea. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 6, n. 8, p. 321-331, 2016.

SCHULZE-ALBUQUERQUE, I.; COSTA, A. C. G.; MILET-PINHEIRO, P.; NAVARRO, D. M. A. F.; THOMAS, W. W.; MACHADO, I. C. Visual and olfactory floral cues related to ambophilous pollination systems in Poaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 192, p. 242-257, 2020.

VATTALA, H. D.; WRATTEN, S. D.; PHILLIPS, C. B.; WÄCKERS, F. L. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. **Biological Control**, v. 39, n. 2, p. 179-185, 2006.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E.; SOUZA, B.; SCHOEREDER, J. H. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 371-376, 2006.

VENZON, M.; TOGNI, P. H. B.; SUJII, E. R. Controle biológico conservativo. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (eds.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 99-124.

VILLENAVE, J.; DEUTSCH, B.; LODÉ, T.; RAT-MORRIS, E. Pollen choice by the *Chrysoperla* species (Neuroptera: Chrysopidae) occurring in the crop environment of western France. **European Journal of Entomology**, v. 103, n. 4, p. 771-777, 2006.

VILLENAVE, J.; THIERRY, D.; MAMUN, A. A.; LODÉ, T.; RAT-MORRIS, E. The pollens consumed by common green lacewings *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae)

in cabbage crop environment in western France. **European Journal of Entomology**, v. 102, n. 3, p. 547-552, 2005.

WÄCKERS, F. L.; VAN RIJN, P. C. J. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In: GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; SNYDER, W. E.; READ, D. M. Y. (eds.). **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. Chichester: Wiley, 2012. p. 139-165.

WANG, R.; DOBRITSA, A. A. Exine and aperture patterns on the pollen surface: their formation and roles in plant reproduction. **Annual Plant Reviews**, v. 1, n. 2, p. 1-40, 2018.

WEINER, C. N.; HILPERT, A.; WERNER, M.; LINSENMAIR, K. E.; BLÜTHGEN, N. Pollen amino acids and flower specialization in solitary bees. **Apidologie**, v. 41, p. 476-487, 2010.

CAPÍTULO II

**EFEITOS DE DIETAS COM POLENS DE FABACEAE E POACEAE NA BIOLOGIA
DE ADULTOS DE *Chrysoperla externa* (Hagen) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

RESUMO

Chrysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), quando larva, preda artrópodes fitófagos, representando um importante agente de controle biológico nos agroecossistemas da região Neotropical. Os adultos são glicopolinívoros, generalistas, alimentando-se de polens de diferentes famílias de plantas, que constituem a sua fonte de nitrogênio. Por sua vez, o conteúdo do nitrogênio e outros nutrientes dos polens podem diferir entre as famílias, podendo produzir efeitos sobre a biologia dos adultos. O presente estudo foi conduzido como os objetivos de (1) avaliar se polens de espécies de Fabaceae [*Canavalia ensiformis* (L.) DC e *Crotalaria juncea* L.] e Poaceae [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench e *Zea mays* L.], ofertados separadamente e em mistura entre as duas famílias, são adequados para manter ou melhorar a performance dos adultos de *C. externa*, e (2) avaliar a influência dos constituintes químicos dessas dietas em sua biologia. O experimento da biologia foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com 6 repetições e 14 dietas distribuídas em esquema fatorial 3 [polens das Poaceae *Z. mays* (MO), *P. glaucum* (MT) e *S. bicolor* (SO), sozinhos] x 3 [combinações polínicas: polens das Poaceae sozinhas, misturados com pólen de *C. ensiformis* (FP) ou pólen de *C. juncea* (CR)] e 5 testemunhas: FP, CR, dieta padrão (mistura de levedo + mel 1:1), solução aquosa de mel a 50% e somente água (controle negativo), nas parcelas, que foram subdivididas (sexo nas subparcelas). Os conteúdos de carbono, nitrogênio, proteína bruta e minerais das dietas polínicas foram analisados como experimento em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As fêmeas não ovipositaram quando se alimentaram apenas de água ou solução de mel. As misturas de polens de uma espécie de Poaceae com uma espécie de Fabaceae (dietas dipolínicas) não melhoraram a longevidade, peso do macho, períodos de pré-oviposição e oviposição e viabilidade dos ovos de *C. externa* em comparação às dietas monopolínicas. Entretanto, com exceção de MT, MT+FP e MO+FP que resultaram em menor fecundidade ou taxa de oviposição, as outras dietas polínicas resultaram em fêmeas com performance igual àquelas alimentadas com a dieta padrão, indicando que foram capazes de atender os requerimentos nutricionais quando acrescidas de solução de mel. O conteúdo dos minerais não diferiu significativamente entre as misturas de pólenes. Contudo, CR teve significativamente maior conteúdo de nitrogênio, possibilitando que as misturas de polens das três Poaceae com CR fossem mais ricas nesse elemento do que aquelas com FP, o qual produziu efeito contrário às misturas com essas mesmas gramíneas. Os resultados da análise fatorial indicaram ainda que a dieta MT+CR foi a mais promissora em melhorar a fecundidade e a taxa de oviposição de *C. externa*, em relação às dietas com polens das três gramíneas sozinhas ou suas misturas com FP. Os adultos de *C. externa* alimentados com os polens de Fabaceae e Poaceae avaliados, sozinhos ou misturados, acrescidos de mel, apresentam a mesma performance daqueles alimentados com a dieta padrão, de modo que esses polens são capazes de fornecer nutrientes para mantê-los vivos e reprodutivos em condições de laboratório.

Palavras-chave: Crisopídeo; polinivoria; tempo de vida; performance do inseto; qualidade nutricional do alimento.

ABSTRACT

Chrysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), when larvae, prey on phytophagous arthropods, representing an important biological control agent in the agroecosystems of the Neotropical region. Adults are glycopolinivorous,, generalists, feeding on pollens from different plant families, which constitute their source of nitrogen. In turn, the content of nitrogen and other nutrients in pollens may differ between families, which may have effects on the biology of adults. The present study was carried out with the objectives of (1) evaluating whether pollens from species of Fabaceae [*Canavalia ensiformis* (L.) DC and *Crotalaria juncea* L.] and Poaceae [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench and *Zea mays* L.], offered separately and in mixture between the two families, are adequate to maintain or improve the performance of adult *C. externa*, and (2) to evaluate the influence of the chemical constituents of these diets on its biology. The biological experiment was conducted in a randomized block design, with 6 replications and 14 diets distributed in a 3 factorial design [Poaceae pollens *Z. mays* (MO), *P. glaucum* (MT) and *S. bicolor* (SO), alone] x 3 [pollen combinations: Poaceae pollen alone, mixed with *C. ensiformis* pollen (FP) or *C. juncea* pollen (CR)] and 5 control treatments: FP, CR, standard diet (mixture of yeast + honey 1:1), 50% aqueous honey solution and only water (negative control), in the plots, which were subdivided (sexes in the subplots). The carbon, nitrogen, crude protein and mineral contents of the pollen diets were analyzed as an experiment in a completely randomized design, with three replications. Females did not lay eggs when fed only water or honey solution. Pollen mixtures of a Poaceae species with a Fabaceae species do not improve longevity, male weight, pre-oviposition and oviposition periods, and egg viability of *C. externa* compared to diets with alone pollen. However, with the exception of MT, MT+FP and MO+FP which resulted in lower fecundity or oviposition rate, the other pollen diets resulted in females with the same performance as those fed the standard diet, indicating that they were able to meet the nutritional requirements when added with honey solution. Mineral content did not differ significantly between pollen mixtures. However, CR had a significantly higher nitrogen content, allowing the pollen mixtures of the three Poaceae with CR to be richer in this element than those with FP, which produced the opposite effect to the mixtures with these same grasses. The results of the factorial analysis also indicated that the MT+CR diet was the most promising in improving the fecundity and the oviposition rate of *C. externa*, in relation to the diets with pollens of the three grasses alone or their mixtures with FP. Adult *C. externa* fed with pollens from Fabaceae and Poaceae evaluated, alone or mixed, plus honey, showed the same performance as those fed with the standard diet, so that these pollens are capable of providing nutrients to keep them alive and reproductive under conditions of laboratory.

Key words: Green lacewing; pollinivory; lifespan; insect performance; nutritional food quality.

1 INTRODUÇÃO

A diversidade vegetal é um dos princípios a serem seguidos ao implantar sistemas de produção agroecológicos, onde além das culturas que geram renda para o produtor, deve-se cultivar plantas que gerem ou otimizem serviços ecológicos, privilegiando plantas com múltiplas funções (ALTIERI et al., 2003; GURR et al., 2003; FIEDLER et al., 2008; POVEDA et al., 2008; ALTIERI, 2012; WEZEL et al., 2014; GARCIA & STAUT, 2018; BARROS et al., 2022). Espécies de Fabaceae [e.g., *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Crotalaria juncea* L.] e Poaceae [e.g., *Sorghum bicolor* L. Moench, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. e *Zea mays* L.] são exemplos dessas plantas. Além de alimentícias, essas espécies servem, por exemplo, como adubos verdes ou plantas de cobertura do solo, as quais mantém ou melhoraram a fertilidade do solo, reduzem os processos erosivos, protegem contra a perda rápida da água do solo, ajudam a controlar as plantas espontâneas, tendem a conservar organismos benéficos acima e abaixo do solo, e ainda podem promover o aporte de nitrogênio ao solo quando tais espécies são Fabaceae que se associam com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico, reduzindo ou excluindo a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados (PERIN et al., 2006; GUERRA et al., 2007; WEZEL et al., 2014; MYERS et al., 2019; BARROS et al., 2022).

Chrysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é um importante agente de controle biológico de pragas agrícolas na região Neotropical, inclusive no Brasil, devido a elevada capacidade predatória de suas larvas, e ocorre em diferentes cultivos (NÚÑEZ, 1989; GONÇALVES-GERVÁSIO & SANTA-CECÍLIA, 2001; FREITAS, 2002; AUAD et al., 2005; BASTIDAS et al., 2010; TAVARES et al., 2011; COSTA et al., 2012). Por outro lado, os adultos de *C. externa* são herbívoros, mais especificamente se alimentam de pólen e néctar floral ou extrafloral, embora possam consumir também *honeydew* excretado por insetos hemípteros (ALBUQUERQUE et al., 1994; 2001; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; DANTAS et al., 2021). Assim, esse crisopídeo é considerado um agente promissor no controle biológico conservativo (CBC) através do uso de plantas atrativas aos inimigos naturais (“insectary plants”) cujos recursos florais sejam acessíveis a ele (ALBUQUERQUE, 2009; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012; AGUIAR-MENEZES et al., 2021; ALCALÁ HERRERA et al., 2022; BARROS et al., 2022).

Fabaceae e Poaceae são apontadas como potenciais plantas insetárias para a conservação de crisopídeos, incluindo *C. externa*, dentro do contexto do CBC de pragas agrícolas (TEETES, 1975; JIMENEZ & CARRILLO, 1978; GRAVENA et al., 1984; VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; MEDEIROS et al., 2010; ANDRADE et al., 2018; BARROS et al., 2022). Todavia, os valores nutricionais do pólen variam consideravelmente entre as espécies, alterando sua adequação como alimento para os inimigos naturais nas fases em que são polinívoros (ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009). Dessa forma, os estudos sobre a qualidade nutricional dos recursos florais usados como alimento pelos insetos entomófagos está entre os fatores a serem levados em consideração na seleção dessas plantas para aplicação bem-sucedida do CBC através do uso de plantas insetárias (WRATTEN et al., 2003; WÄCKERS, 2005; VATTALA et al., 2006; ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012).

Em geral, o pólen é uma boa fonte de nitrogênio, sendo que todos os aminoácidos estão presentes em grandes concentrações, exceto fenilalanina e triptofano, podendo conter de 2,5% a 61% de conteúdo de proteína bruta (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000; ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009; WEINER et al., 2010; NICOLSON & HUMAN, 2013; CONTI et al., 2016; KHANAMANI et al., 2017). O pólen pode ainda conter até 14 tipos de carboidratos, como açúcares simples (e.g., frutose, glicose e sacarose) e outros carboidratos mais complexos (e.g., amido), variando de 1,4% a 15% de açúcares, 20% a 50% de água e 1,5% a 18,9% de lipídios (e.g., ácidos esteárico, linoleico, oleico, palmitoleico, palmítico e linolênico), como reserva energética, além de minerais (e.g., B, Ca, K, Mg, P, S e

cinzas inorgânicas) e vitaminas, entre elas, vitamina A, as do complexo B (e.g., tiamina, riboflavina, niacina, biotina e ácido fólico) e vitamina C (ácido ascórbico) (NIELSEN et al., 1955; LUNDGREN, 2009; NICOLSON & HUMAN, 2013; CONTI et al., 2016; KHANAMANI et al., 2017).

Segundo Albuquerque (2009), os nutrientes requeridos para a reprodução dos adultos não-carnívoros de crisopídeos estão presentes no pólen de algumas espécies vegetais, embora por vezes, precisam complementar sua dieta com néctar e/ou *honeydew*. Estudos conduzidos em laboratório mostraram que dietas com apenas uma determinada espécie de pólen de Fabaceae (VENZON et al., 2006) ou Poaceae (OLIVEIRA et al., 2009; ANDRADE, 2013) influenciam a longevidade e a fecundidade de *C. externa*. Todavia, adultos de *C. externa* são considerados polífagos (ou generalistas), consumindo pólen de diferentes famílias botânicas, incluindo Fabaceae e Poaceae, em condições de campo, podendo ser encontrado mais de dois tipos polínicos no trato intestinal de um indivíduo (MEDEIROS et al., 2010; ANDRADE et al., 2018).

Entretanto, não há registro sobre os efeitos de dietas de mistura de espécies diferentes de polens sobre parâmetros biológicos dos adultos de *C. externa*. É possível encontrar no mercado internacional misturas de sementes de plantas insetárias que são atrativas para crisopídeos, como, por exemplo, a mistura de sementes de diferentes espécies de plantas atrativas da marca Good Bug Power Blend® vendida no mercado estadunidense (ARBICO ORGANICS, 2023). Todavia, restrições fitossanitárias globais são impostas para a importação de sementes, o que impede ou dificulta sua aquisição por outros mercados. Uma alternativa é investigar plantas nativas e/ou adaptadas localmente para constituir esse mix de sementes.

Esse estudo foi, então, conduzido em laboratório com os seguintes objetivos: (1) avaliar se dietas com grãos de pólen de duas espécies de Fabaceae (*Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*) e de três espécies de Poaceae (*Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor* e *Zea mays*), ofertados separadamente e em mistura entre as duas famílias, são adequadas para manter ou melhorar a performance dos adultos de *C. externa* em condições de laboratório, e (2) determinar os conteúdos de macronutrientes e micronutrientes desses polens, avaliando possíveis influências na biologia desse crisopídeo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos Polens

Grãos de pólen de Poaceae e Fabaceae foram avaliados separadamente e misturados, num total de cinco espécies, sendo duas Fabaceae: *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e *Crotalaria juncea* L. (crotalária), e três Poaceae: *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (milheto, cultivar BRS 1501), *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo tipo “vassoura”) e *Zea mays* L. (Poaceae) (milho variedade, cultivar BRS Caatingueiro).

Essas espécies foram cultivadas a partir de sementes obtidas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido também como Fazendinha Agroecológica km 47, localizado no município de Seropédica, RJ ($22^{\circ} 44' 29''$ S, $43^{\circ} 42' 19''$ O) (NEVES et al., 2005), exceto milheto, cujas sementes foram adquiridas por compra (BR Seeds, Araçatuba, SP). O plantio foi realizado por semeadura direta, com espaçamento recomendado para cada cultura, sob manejo orgânico, com capina manual e irrigação por gotejamento, na área experimental do Departamento de Entomologia e Fitopatologia (DEnF) do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS), no *campus* de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), seguindo recomendações técnicas de cultivo dessas espécies adotadas no SIPA. Quando os botões florais estavam em pré-antese, eles foram coletados com as hastes à medida que disponíveis no campo, e transportados para o Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP)/ICBS, localizado também área experimental do DEnF e acondicionados em salas com condições de umidade alta ($80 \pm 10\%$ UR) para evitar rápida desidratação.

As hastes com botões florais das Fabaceae foram depositadas, separadamente, em bancadas, enquanto aquelas de Poaceae foram imersas em água contida em uma garrafa de vidro de 500 mL, que foi inclinada de modo que os grãos de pólen caíssem e se depositassem dentro de uma bandeja plástica (60 x 30 cm) com o fundo forrado com papel branco A4. Em pré-teste, observou-se que 24 horas após a coleta dos botões florais em pré-antese, as flores e suas anteras já estavam abertas. Assim, findo esse período, os polens das Fabaceae foram retirados diretamente das anteras, com auxílio de um pincel fino, sobre peneiras granulométricas (0,180 mm de malha) para reter materiais provenientes das flores abertas e separá-los dos grãos de pólen. Os polens de Poaceae depositados no papel foram também vertidos em peneiras de mesmo tipo ao final desse tempo. As peneiras foram apoiadas dentro de bandejas plásticas (60 x 30 cm) com o fundo forrado com papel branco A4 e utilizou-se peneiras distintas para cada espécie de pólen para não ocorrer contaminação das amostras.

As amostras de polens peneiradas sobre papel branco foram despejadas em frascos de vidro vedados com batoque e tampa de rosca de 15 mL, sendo que parte delas com polens ainda fresco foram usadas para determinação do conteúdo de água, e o restante das amostras foi armazenado em freezer a -20°C , seguindo metodologia usada por Michaud & Grant (2005), para usá-las nas outras análises e experimento.

2.2 Determinação de Parâmetros Biológicos dos Adultos

2.2.1 Obtenção dos adultos

Os adultos de *C. externa* foram obtidos da colônia estoque do laboratório do CIMP mantida em condições ambientais controladas ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas), seguindo metodologia descrita no Capítulo I. Basicamente, os adultos foram criados em gaiolas de PVC (23 cm de altura x 10 cm de diâmetro), com 20 adultos por gaiola (50% fêmeas e 50% machos) (COSTA, 2002; PESSOA et al., 2003) e alimentados com uma mistura pastosa na proporção de 1:1 de levedo de cerveja (Arma Zen Produtos Naturais Ltda.[®], Rio de Janeiro, RJ) e mel de abelha europeia (origem: apiário do Sr. Gilberto Corte de

Oliveira, Frutal, MG), seguindo metodologia de criação de crisopídeos de Freitas (2001), com adaptações de Carvalho & Souza (2009) e Almeida (2016). As paredes internas das gaiolas eram revestidas com papel sulfite para ser usado como substrato para oviposição. Após a eclosão, as larvas foram alimentadas com ovos de *Ephestia* (=*Anagasta*) *kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (PROMIP™, Engenheiro Coelho, SP) oferecidas *ad libitum*, sendo trocados a cada 3 dias até transformarem em pupa. A colônia estoque foi mantida em sala com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas).

2.2.2 Dietas avaliadas

No total, foram testadas 14 dietas (tratamentos: dieta A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M e N), sendo as composições a seguir descritas. A dieta A foi constituída somente de água destilada, sendo considerada a testemunha negativa. A dieta B (levedo + mel) foi composta de levedo de cerveja em pó e mel na proporção de 1:1, homogeneamente misturados, até formar uma pasta de textura firme. Esta última dieta correspondeu à dieta padrão usada na criação de adultos de *C. externa* em laboratório, devido possuir alto valor nutricional para esse crisopídeo (RIBEIRO & FREITAS, 2000; FREITAS, 2001; CARVALHO & SOUZA, 2009), portanto, foi a testemunha positiva. A dieta C (mel + água) consistiu em uma solução de mel e água destilada na proporção de 1:1 (solução aquosa de mel a 50%). As demais dietas foram constituídas de grãos de pólen de Fabaceae e Poaceae, separados por tipo polínico ou em mistura homogênea de dois tipos, um de cada família. As dietas polínicas foram ofertadas na quantidade de 0,5 mg de grãos de pólen, com exceção dos polens de milho e feijão-de-porco, que foram ofertados em dobro (1 mg), visto que em estudo prévio os números médios de grãos de pólen desses dois últimos tipos polínicos por unidade de peso foram inferiores ao das demais espécies, sendo esses resultados já apresentados no Capítulo I. As dietas polínicas tiveram as seguintes composições: pólen de milho (MO) (dieta D), pólen de milheto (MT) (dieta E), pólen de sorgo (SO) (dieta F), pólen de crotalária (CR) (dieta G), pólen de feijão-de-porco (FP) (dieta H), mistura de MO e CR (MO+CR) (dieta I), mistura de MO e FP (MO+FP) (dieta J), mistura de MT e CR (MT+CR) (dieta K), mistura de MT e FP (MT+FP) (dieta L), mistura de SO e CR (SO+CR) (dieta M) e mistura de SO e FP (SO+FP) (dieta N). As dietas com apenas uma espécie de pólen foram designadas de “monopolínicas” e as misturas de duas espécies de polens de “dipolínicas”.

O levedo de cerveja foi adquirido por compra e tinha 2 g de proteínas e 2 g de carboidratos para cada 5 g do produto, conforme o rótulo (Arma Zen Produtos Naturais Ltda.®, Rio de Janeiro, RJ). O mel foi de abelha-europeia (*Apis mellifera* L.), proveniente de florada predominantemente da espécie nectarífera *Serjania lethalis* A.St.-Hil (Sapindaceae), adquirido do apiário do Sr. Gilberto Corte de Oliveira (Frutal, MG), apresentando 25 g de carboidratos e sem traços de proteínas em cada 32 g de mel, conforme o rótulo do produto.

2.2.3 Avaliação das dietas

O experimento foi conduzido em sala do CIMP com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 h de fotoperíodo). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 6 repetições e as 14 dietas nas parcelas.

A unidade experimental consistiu em um casal de *C. externa* (com até 24 horas após a emergência, em jejum e previamente não acasalados) e que foi acondicionado em uma gaiola de PVC (10 cm de altura x 10 cm de diâmetro, com 785 cm^3) (Figura 1). As duas extremidades da gaiola foram cobertas por tecido *voile* de cor branca, que foi fixado com fitas elásticas na extremidade superior (Figura 1A). Na parede interna, uma tampa plástica de microtubo de centrifugação (8 mm de diâmetro interno) foi fixada a uma altura de 8 cm a partir do fundo da gaiola (Figura 1B-a), servindo para o acondicionamento da dieta

correspondente ao tratamento. A parede interna da gaiola foi também revestida com papel de filtro branco usado como substrato para oviposição, sendo trocado a cada três dias.

Com exceção da dieta A, mel foi ofertado à parte como uma fonte extra de carboidratos, visto que o mel foi considerado alimento essencial para a criação dos adultos de *C. externa* no laboratório (FREITAS, 2001; VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009). A oferta foi feita através de um chumaço de algodão hidrófilo embebido em uma solução aquosa de mel, na proporção de 1:1 e colocado em uma tampa plástica de garrafa tipo PET, no centro do fundo da gaiola (Figura 1B-b).

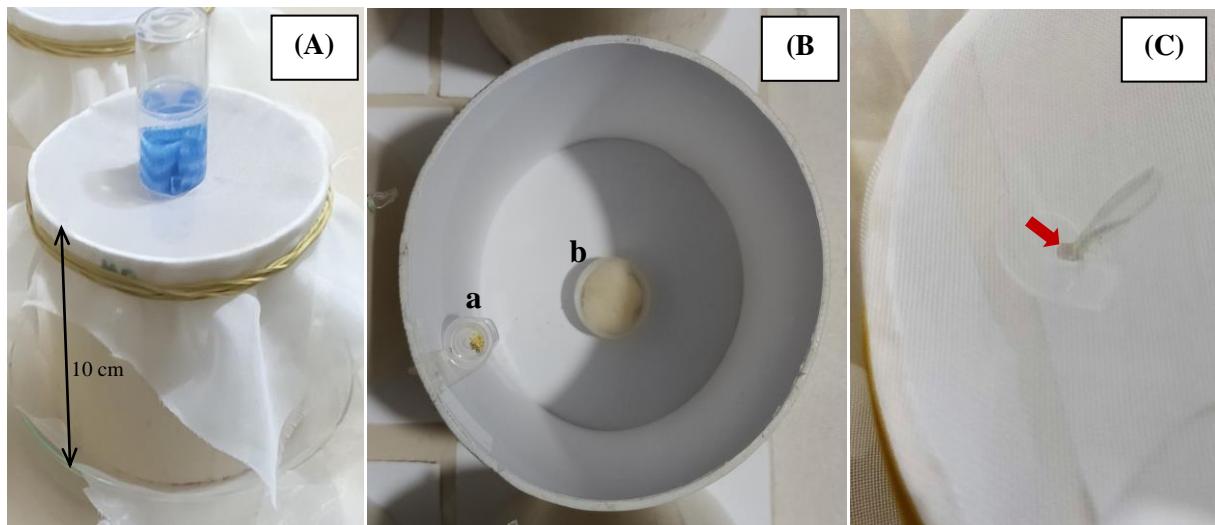


Figura 1. Gaiola experimental: (A) vista externa; (B) vista superior do interior exibindo a tampa do microtubo de centrifugação com amostra de pólen (a) e a tampa com chumaço de algodão (b) embebido com solução aquosa de mel, centralizada no fundo gaiola; (C) vista, através do tecido *voile*, de um adulto alimentando-se da dieta padrão oferecida na tampa do microtubo, sinalizada por uma seta vermelha. Fotos do autor.

As dietas A (água destilada) e C (solução de mel e água a 50%) foram ofertadas embebidas em um pequeno chumaço de algodão hidrófilo, enquanto a dieta B (levedo + mel) foi oferecida em uma porção de 0,5 mg em formato de uma pequena bola compacta (Figura 1C). Os pólens testados estavam conservados em freezer e foram fornecidos após descongelamento por 4 horas em geladeira. A quantidade de dieta B e de grãos de pólen de cada dieta polínica foi medida em balança analítica de precisão (marca Shimadzu®, modelo AUX320, São Paulo, SP).

As gaiolas foram inspecionadas a cada 24 horas após a colocação dos casais no seu interior, visando renovar as dietas e a solução aquosa de mel ofertada à parte, bem como obter os dados referentes aos parâmetros biológicos dos adultos. As variáveis biológicas avaliadas foram as seguintes: (1) longevidade do macho e da fêmea (tempo de vida da emergência do adulto até a sua morte, sendo expresso em número de dias), (2) peso fresco do corpo do macho e da fêmea, com pesagem feita logo após a morte natural, em balança analítica de precisão (marca Shimadzu®, modelo AUX320, São Paulo, SP), sendo expresso em mg, (3) período de pré-oviposição (tempo decorrido desde a colocação do casal de adultos virgens na gaiola até a primeira postura, sendo expresso em número de dias), (4) fecundidade (número total de ovos depositados durante a longevidade da fêmea), (5) período de oviposição (tempo decorrido entre a primeira até a última postura, durante a longevidade da fêmea, sendo expresso em número de dias), (6) taxa de oviposição (número de ovos depositados por dia e por fêmea) e (7) viabilidade dos ovos (número de larvas eclodidas dividido pela fecundidade x 100, sendo expresso em porcentagem). Para determinar esse último parâmetro, todos os ovos foram retirados das gaiolas e individualizados em microtubo de centrifugação de plástico

transparente de 2 mL, os quais foram fixados em isopor e cobertos com filme PVC transparente, até a eclosão das larvas.

2.3 Análise dos Constituintes Químicos das Dietas Polínicas

O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e três repetições. Os tratamentos corresponderam as 11 dietas com polens: MO, MT, SO, CR, FP, MO+CR, MT+CR, SO+CR, MO+FP, MT+FP e SO+FP. Os elementos químicos carbono (C), nitrogênio (N), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e fósforo (P) foram analisados no Laboratório de Química Agrícola – LQA da Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ), usando as amostras de grãos dos polens acondicionadas no freezer, após o descongelamento por 4 horas em geladeira. As concentrações dos minerais (ou sais inorgânicos) foram determinadas seguindo a metodologia de Nogueira & Souza (2005).

As análises dos conteúdos de nitrogênio (N) e carbono (C) foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis John Day (Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ), usando o analisador elementar ECS 4010 CHNSO (Costech International Strumatzione, Florence, Itália). Outras amostras de polens acondicionadas no freezer, após o descongelamento por 4 horas em geladeira, foram secadas em estufa (Fanem®, São Paulo, SP) a 60 °C até o peso seco estabilizar, moídas e colocadas em dessecador de vidro (Vidrolabor®) até um peso adequado ter sido alcançado de acordo com o padrão TBS (solução salina tris tamponada). Após a pesagem em uma balança analítica (Mettler Toledo®, AG25, Barueri, SP), as amostras secas (8,5 mg de cada pólen, com três repetições) foram pesadas novamente para preenchimento das cápsulas de estanho até as análises. O analisador elementar determinou a porcentagem de nitrogênio (N) e carbono (C) ao final da corrida das amostras. O conteúdo de proteína bruta (i.e., aminoácidos e outros compostos nitrogenados) foi estimado para cada espécie de pólen, sendo obtido multiplicando-se a porcentagem de nitrogênio (N) pelo fator de conversão de 6,25, o qual provém do teor médio de 16% de nitrogênio encontrado nas proteínas (MARIOTTI et al., 2008).

2.4 Análises Estatísticas

Para avaliar o efeito das dietas na longevidade da fêmea e do macho e no peso dos adultos de ambos os sexos, o experimento foi delineado em blocos casualizados, com 6 repetições, com as 14 dietas distribuídas em esquema fatorial 3 x 3 + 5 testemunhas, nas parcelas, e os dois sexos na subparcelas, sendo um macho e uma fêmea por repetição, totalizando 84 casais (84 machos e 84 fêmeas) (Figura 2). O fator 1 foi “polens separados das Poaceae” (dietas com polens separados de cada Poaceae, com três níveis: polens de milho, milheto e sorgo). O fator 2 foi “combinações dos polens de Poaceae”, com três níveis (duas combinações com polens de Fabaceae: dieta de polens de cada Poaceae com feijão-de-porco e dieta dos polens de cada Poaceae com crotalária, e uma combinação sem polens de Fabaceae: polens separados de cada Poaceae). As cinco testemunhas foram as seguintes: água, solução aquosa de mel a 50%, mistura homogênea de levedo de cerveja + mel (1:1), pólen de feijão-de-porco separado e pólen de crotalária separado. O efeito das dietas nos parâmetros das fêmeas ($n = 84$) foi avaliado considerando as dietas distribuídas apenas nas parcelas, no mesmo esquema fatorial acima supracitado.

As análises estatísticas das variáveis dos adultos de *C. externa* foram realizadas por meio do software R (R CORE TEAM, 2021). Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett para testar o atendimento às pressuposições da análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de peso do corpo da fêmea se ajustaram à distribuição normal, enquanto os dados de peso do corpo do macho foram transformados em log para atender as pressuposições da ANOVA. O teste de Qui-Quadrado ($\chi^2 < 0,05$) foi utilizado, através da análise de deviance

(ANODEV), para determinar a significância das interações entre os fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” e a significância dos fatores sozinhos. No esquema fatorial, as médias dos dados de peso de ambos os sexos foram comparadas pelo método de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		Bloco 4		Bloco 5		Bloco 6	
D♀	L♀	K♀	C♀	E♀	K♀	D♀	F♀	A♀	D♀	G♀	K♀
D♂	L♂	K♂	C♂	E♂	K♂	D♂	F♂	A♂	D♂	G♂	K♂
K♀	M♀	I♀	F♀	D♀	M♀	G♀	M♀	L♀	F♀	F♀	L♀
K♂	M♂	I♂	F♂	D♂	M♂	G♂	M♂	L♂	F♂	F♂	L♂
N♀	J♀	A♀	L♀	H♀	B♀	C♀	A♀	K♀	I♀	E♀	I♀
N♂	J♂	A♂	L♂	H♂	B♂	C♂	A♂	K♂	I♂	E♂	I♂
E♀	C♀	E♀	B♀	L♀	N♀	I♀	L♀	J♀	B♀	J♀	M♀
E♂	C♂	E♂	B♂	L♂	N♂	I♂	L♂	J♂	B♂	J♂	M♂
G♀	B♀	D♀	G♀	J♀	C♀	N♀	E♀	C♀	M♀	A♀	B♀
G♂	B♂	D♂	G♂	J♂	C♂	N♂	E♂	C♂	M♂	A♂	B♂
I♀	F♀	J♀	H♀	I♀	G♀	H♀	J♀	N♀	G♀	H♀	C♀
I♂	F♂	J♂	H♂	I♂	G♂	H♂	J♂	N♂	G♂	H♂	C♂
A♀	H♀	M♀	N♀	A♀	F♀	K♀	B♀	E♀	H♀	D♀	N♀
A♂	H♂	M♂	N♂	A♂	F♂	K♂	B♂	E♂	H♂	D♂	N♂

Figura 2. Croqui experimental com os tratamentos (dietas), nas parcelas: A = água, B = mistura pastosa de levedo de cerveja e mel, C = mel (solução aquosa de 50%), D = pólen 1 (*Zea mays* - MO), E = pólen 2 (*Pennisetum glaucum* - MT), F = pólen 3 (*Sorghum bicolor* - SO), G = pólen 4 (*Crotalaria juncea* - CR), H = pólen 5 (*Canavalia ensiformis* - FP), I = mistura de pólen 1 e pólen 4 (MO+CR), J = mistura de pólen 1 e pólen 5 (MO+FP), K = mistura de pólen 2 + pólen 4 (MT+CR), L = mistura de pólen 2 e pólen 5 (MT+FP), M = mistura de pólen 3 e pólen 4 (SO+CR) e N = mistura de pólen 3 e pólen 5 (SO+FP), distribuídos aleatoriamente em seis blocos (repetição) e os dois sexos (♀ = fêmea, ♂ = macho), nas subparcelas.

Um Modelo Linear Generalizado (MLG) com distribuição binomial negativa e função de ligação log foi ajustado significativamente aos dados das seguintes variáveis: longevidade da fêmea, longevidade do macho, fecundidade, período de oviposição e viabilidade dos ovos (%), e os dados de período de pré-oviposição e taxa de oviposição se ajustaram à distribuição Poisson, porque os resíduos dos modelos estatísticos adotados não atenderam uma ou mais pressuposições da ANOVA. O teste de Qui-Quadrado ($\chi^2 < 0,05$) foi utilizado, através da análise de deviance (ANODEV), para determinar a significância das interações entre os fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” e a significância dos fatores sozinhos. As médias estimadas pelos modelos Poisson ou binomial negativo foram comparadas por contraste par-a-par pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No esquema fatorial, as médias dos dados de longevidade de ambos os sexos foram comparadas por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os dados dos constituintes químicos dos polens foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, ao nível de 5% de probabilidade, para verificação da normalidade da variância dos erros usando os programas BioEstat® 5.3 (AYRES et al., 2007) e SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019). Dados de C, N, proteína bruta e Mg atenderam as pressuposições da ANOVA, sendo avaliados pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), usando o programa SISVAR 5.6. Os dados das variáveis Ca, K e P foram transformados em logX para atender as pressuposições da ANOVA e avaliados pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), usando o programa SISVAR 5.6.

3 RESULTADOS

3.1 Parâmetros Biológicos das Fêmeas e Machos

As fêmeas e os machos de *C. externa* apresentaram a menor longevidade média quando se alimentaram de apenas de água em relação aos adultos de ambos os sexos que se alimentarem das demais dietas e cujas longevidades médias foram estatisticamente iguais entre si ($\chi^2_{\text{dietas} \times \text{fêmea}} = 119,79$; g.l. = 13; p = 0,0000 e $\chi^2_{\text{dietas} \times \text{macho}} = 71,797$; g.l. = 13; p = 0,0000; Tabela 1). Na média geral, os adultos viveram por menor tempo quando se alimentaram apenas de água, quando comparados com aqueles que consumiram as demais dietas ($\chi^2 = 160,71$; g.l. = 13; p = 0,0000), não passando de 2 dias, na média. Excluindo os adultos que receberam apenas água, os valores da longevidade média das fêmeas variaram de 59,33 dias (dieta FP) a 129,33 dias (dieta SO+CR) e os da longevidade dos machos entre 22,66 dias (dieta padrão: mistura homogênea de levedo de cerveja + mel na proporção 1:1) e 66,50 dias (solução aquosa de mel a 50%).

Tabela 1. Longevidade dos adultos de *Chrysoperla externa* (média ± erro padrão, em número de dias) alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	Fêmea (n = 84) ^{2,3}	Macho (n = 84) ^{2,3}	Média geral ²
MT + mel	72,83 ± 15,19 Aa	38,33 ± 9,73 Aa	55,58 ± 8,75 A
MO + mel	75,17 ± 15,66 Aa	48,16 ± 12,14 Aa	61,67 ± 9,65 A
SO + mel	102,17 ± 21,14 Aa	42,16 ± 10,67 Ab	72,17 ± 11,20 A
CR + mel	90,83 ± 18,84 Aa	46,00 ± 11,61 Aa	68,41 ± 10,65 A
FP + mel	59,33 ± 12,44 Aa	56,83 ± 14,26 Aa	58,08 ± 9,12 A
MT+CR + mel	97,17 ± 20,12 Aa	39,83 ± 10,09 Ab	68,50 ± 10,66 A
MT+FP + mel	108,17 ± 22,36 Aa	45,00 ± 11,36 Ab	76,58 ± 11,85 A
MO+CR + mel	92,83 ± 19,25 Aa	34,00 ± 8,66 Ab	63,42 ± 9,91 A
MO+FP + mel	71,00 ± 14,81 Aa	22,83 ± 5,92 Ab	46,92 ± 7,47 A
SO+CR + mel	129,33 ± 26,65 Aa	43,50 ± 10,99 Ab	86,42 ± 13,31 A
SO+FP + mel	96,83 ± 20,06 Aa	24,33 ± 6,29 Ab	60,58 ± 9,49 A
Levedo com mel (controle positivo)	90,50 ± 18,77 Aa	22,66 ± 5,88 Ab	56,58 ± 8,90 A
Solução de mel	83,83 ± 17,42 Aa	66,50 ± 16,63 Aa	75,17 ± 11,64 A
Água (controle negativo)	1,83 ± 0,67 Ba	2,16 ± 0,80 Ba	2,00 ± 0,65 B
Média geral	83,7 ± 4,70 a	38,02 ± 2,83 b	

¹Poaceae: MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = pólen de milho (*Zea mays*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), Fabaceae: CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Sinal + significa suplementação com mel. ²Valores seguidos de letras distintas, maiúsculas na coluna (entre dietas) e minúsculas na linha (entre sexos), diferem entre si pelo teste de contraste e de Qui-quadrado a 5% de probabilidade de significância, respectivamente. ³Entre parênteses, número total de indivíduos testados para cada espécie de pólen.

Na análise do efeito dos sexos dentro de cada tratamento (dieta), o sexo dos adultos não interferiram na longevidade média de *C. externa* quando os adultos se alimentaram das dietas MT, MO, CR e FP ($\chi^2 = 2,6582$; g.l. = 1; p = 0,1030, $\chi^2 = 1,6882$; g.l. = 1; p = 0,1938, $\chi^2 = 3,5395$; g.l. = 1; p = 0,0599 e $\chi^2 = 0,13428$; g.l. = 1; p = 0,7140, respectivamente), bem como quando as dietas foram solução de mel ($\chi^2 = 0,51311$; g.l. = 1; p = 0,4738) e apenas água ($\chi^2 = 0,16686$; g.l. = 1; p = 0,6829) (Tabela 1). Entretanto, o efeito dos sexos foi significativo com as demais dietas, ou seja, dieta SO ($\chi^2 = 3,8446$; g.l. = 1; p = 0,0499), dieta padrão (mel + levedo) ($\chi^2 = 75,101$; g.l. = 1; p = 0,0000) e todas as misturas de polens ($\chi^2_{\text{MT+CR}} = 6,7009$; g.l. = 1; p = 0,0096, $\chi^2_{\text{MT+FP}} = 7,5785$; g.l. = 1; p = 0,0059, $\chi^2_{\text{MO+CR}} = 10,956$; g.l. = 1; p = 0,0009, $\chi^2_{\text{MO+FP}} = 8,6546$; g.l. = 1; p = 0,0032, $\chi^2_{\text{SO+CR}} = 16,648$; g.l. = 1; p = 0,0000 e $\chi^2_{\text{SO+FP}} = 20,235$; g.l. = 1; p = 0,0000), sendo as fêmeas significativamente mais

longevas do que os machos. No geral, as fêmeas apresentaram maior longevidade média do que os machos ($\chi^2 = 74,683$; g.l. = 1; p = 0,0000).

Os efeitos dos fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” e de suas interações não foram significativas para as variáveis longevidade das fêmeas ($\chi^2 = 3,2866$; g.l. = 2; p = 0,1933, $\chi^2 = 1,9545$; g.l. = 2; p = 0,3763 e $\chi^2 = 1,7411$; g.l. = 4; p = 0,7832, respectivamente) e longevidade dos machos ($\chi^2 = 0,6515$; g.l. = 2; p = 0,722, $\chi^2 = 3,2586$; g.l. = 2; p = 0,1961 e $\chi^2 = 4,4379$; g.l. = 4; p = 0,3500, respectivamente) de *C. externa*, indicando que as dietas com polens das três gramíneas sozinhos ou misturados com polens de qualquer um das duas leguminosas não influenciaram esses parâmetros (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação das médias, pela análise dos fatoriais embutidos, das longevidades (em número de dias) dos adultos de *Chrysoperla externa* alimentados com dietas de polens de Poaceae, misturados com polens de Fabaceae ou separados, e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ¹	Mistura com pólen de Fabaceae ¹				Separado		Média geral	
	CR		FP		Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²
	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²
MT	97,17 aA	39,83 aA	108,17 aA	45,00 aA	72,83 aA	38,33 aA	92,72 A	41,06 A
MO	92,83 aA	34,00 aA	71,00 aA	22,83 aA	75,17 aA	48,17 aA	79,67 A	35,00 A
SO	129,33 aA	43,5 aA	96,83 aA	24,33 aA	102,17 aA	42,17 aA	109,44 A	36,67 A
Média geral	106,44 a	39,11 a	92,00 a	30,72 a	83,39 a	42,89 a		

¹Poaceae: MT (milheto) = *Pennisetum glaucum*, MO (milho) = *Zea mays*, SO (sorgo) = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: CR (crotalária) = *Crotalaria juncea*, FP (feijão-de-porco) = *Canavalia ensiformis*. ²Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre misturas) e maiúsculas na coluna (entre Poaceae), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação ao peso dos adultos, não houve interação significativa entre as dietas e os sexos, de modo que as dietas se comportaram similarmente em relação aos sexos ($F = 1,431$; g.l. = 13, 70; p = 0,1674). Todavia, as dietas influenciaram significativamente os pesos corpóreos médios das fêmeas após a sua morte natural ($F = 3,9720$; g.l. = 13, 134; p = 0,0000), mas não houve diferença significativa entre os pesos corpóreos médios dos machos após a sua morte natural ($F = 1,2000$; g.l. = 13, 134; p = 0,2857) (Tabela 3).

As fêmeas foram significativamente mais pesadas quando as dietas foram FP, MO+FP, SO+CR e a dieta padrão do que quando se alimentaram das demais dietas. As fêmeas confinadas com apenas água tiveram menor peso corpóreo, diferindo estatisticamente de todas as outras dietas. Os valores médios do peso corpóreo das fêmeas variaram de 2,29 mg (água) a 7,59 mg (dieta padrão), enquanto obteve-se valores médios entre 3,1 mg (água) a 4,99 mg (dieta padrão) para os machos.

Na média geral, os adultos significativamente mais pesados foram os que se alimentaram de dietas FP, MO+CR e SO+CR, as quais não diferiram estatisticamente do peso corpóreo médio dos adultos que consumiram dieta padrão, enquanto os adultos significativamente mais leves alimentara-se de apenas água ($F = 4,007$; g.l. = 13, 134; p = 0,0001).

Os pesos corpóreos, medidos logo após a morte natural, foram significativamente maiores para as fêmeas do que para os machos, quando se alimentam de nove das 14 dietas avaliadas, a saber: SO ($F = 7,5170$; g.l. = 1, 70; p = 0,0078), CR ($F = 4,1970$; g.l. = 1, 70; p = 0,0442), todas as misturas de pólen de uma Poaceae e uma Fabaceae: MT+CR ($F = 6,8640$; g.l. = 1, 70; p = 0,0108), MT+FP ($F = 8,3320$; g.l. = 1, 70; p = 0,0052), MO+CR ($F = 7,2280$; g.l. = 1, 70; p = 0,0090), MO+FP ($F = 4,8450$; g.l. = 1, 70; p = 0,0310), SO+CR ($F = 15,3840$; g.l. = 1, 70; p = 0,0002) e SO+FP ($F = 10,9760$; g.l. = 1, 70; p = 0,0015) e dieta padrão ($F = 9,6080$; g.l. = 1, 70; p = 0,0028). Não houve diferenças significativas entre os pesos de ambos os sexos para as outras cinco dietas: MT ($F = 2,4850$; g.l. = 1, 70; p = 0,1194), MO ($F = 1,2000$; g.l. = 1, 70; p = 0,2857) e agua ($F = 0,0000$; g.l. = 1, 70; p = 1,0000).

1,5220; g.l. = 1, 70; p = 0,2214), FP (F = 0,0130; g.l. = 1, p = 0,9094), solução de mel (F = 0,6270; g.l. = 1, 70, p = 0,4310) e água (F = 0,00006; g.l. = 1, 70; p = 0,9879). Na média geral, as fêmeas foram significativamente mais pesadas do que os machos (F = 60,9980; g.l. = 1, 70; p = 0,0000).

Tabela 3. Peso corpóreo dos adultos de *Chrysoperla externa* (média ± erro padrão, em mg), logo após sua morte natural, quando foram alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	Fêmea (n = 84) ^{2,3}	Macho (n = 84) ^{2,3}	Média geral ²
MT + mel	4,96 ± 0,56 Ba	4,53 ± 0,59 Aa	4,75 ± 0,38 B
MO + mel	5,35 ± 0,80 Ba	4,27 ± 0,34 Aa	4,76 ± 0,24 B
SO + mel	4,68 ± 0,49 Ba	4,38 ± 0,41 Ab	4,53 ± 0,27 B
CR + mel	5,54 ± 0,71 Ba	3,63 ± 0,41 Ab	4,59 ± 0,32 B
FP + mel	6,73 ± 0,97 Aa	4,70 ± 0,38 Aa	5,71 ± 0,40 A
MT+CR + mel	5,38 ± 0,29 Ba	3,71 ± 0,52 Ab	4,54 ± 0,19 B
MT+FP + mel	4,97 ± 0,30 Ba	4,62 ± 0,88 Ab	4,81 ± 0,38 B
MO+CR + mel	5,17 ± 0,49 Ba	4,36 ± 0,48 Ab	5,36 ± 0,23 A
MO+FP + mel	6,36 ± 0,25 Aa	4,35 ± 0,45 Ab	4,79 ± 0,24 B
SO+CR + mel	6,31 ± 0,66 Aa	4,53 ± 0,43 Ab	5,42 ± 0,29 A
SO+FP + mel	4,98 ± 0,42 Ba	3,91 ± 0,19 Ab	4,44 ± 0,18 B
Levedo com mel (controle positivo)	7,59 ± 1,02 Aa	4,99 ± 0,31 Ab	6,29 ± 0,29 A
Solução de mel	4,85 ± 0,49 Ba	3,25 ± 0,45 Aa	4,05 ± 0,22 B
Água (controle negativo)	2,29 ± 0,25 Ca	3,10 ± 0,23 Aa	2,69 ± 0,15 C
Média geral	5,37 ± 0,03 a	4,17 ± 0,04 b	

¹Poaceae: MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = pólen de milho (*Zea mays*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), Fabaceae: CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Sinal + significa suplementação com mel. ²Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (entre dietas) e minúsculas na linha (entre sexos) diferem entre si pelo teste de contraste, a 5% de probabilidade. ³Entre parênteses, número total de indivíduos testados para cada espécie de pólen.

Igualmente à longevidade, os efeitos dos fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” e de suas interações não foram significativas para as variáveis peso das fêmeas ($\chi^2 = 0,4640$; g.l. = 2; p = 0,7931, $\chi^2 = 0,6898$; g.l. = 2; p = 0,7083 e $\chi^2 = 1,9613$; g.l. = 4; p = 0,7429, respectivamente) e peso dos machos ($\chi^2 = 0,0079$; g.l. = 2; p = 0,9960, $\chi^2 = 0,0802$; g.l. = 2; p = 0,9607 e $\chi^2 = 0,9473$; g.l. = 4; p = 0,9177, respectivamente), indicando que não há influência das dietas com polens separados das três gramíneas ou a misturas desses polens com pólen de uma das duas leguminosas no peso de ambos os sexos (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, dos pesos corpóreos (média, em miligramas) de fêmeas e machos de adultos de *Chrysoperla externa* alimentados com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ¹	Mistura com pólen de Fabaceae ¹				Separado		Média geral	
	CR		FP		Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²
	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²	Fêmea ²	Macho ²
MT	5,38 aA	3,71 aA	4,97 aA	4,62 aA	4,96 aA	4,53 aA	5,62 A	4,29 A
MO	5,17 aA	4,36 aA	6,36 aA	4,35 aA	5,35 aA	4,27 aA	5,10 A	4,33 A
SO	6,31 aA	4,53 aA	4,98 aA	3,91 aA	4,68 aA	4,38 aA	5,32 A	4,27 A
Média geral	5,62 a	4,20 a	5,44 a	4,29 a	5,00 a	4,39 a		

¹Poaceae: MT (milheto) = *Pennisetum glaucum*, MO (milho) = *Zea mays*, SO (sorgo) = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: CR (crotalária) = *Crotalaria juncea*, FP (feijão-de-porco) = *Canavalia ensiformis*. ²Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre misturas) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si pelo método de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3.2 Parâmetros Biológicos das Fêmeas e de seus Ovos

As fêmeas não depositaram ovos quando se ofertou apenas água ou apenas solução de mel para o casal (Tabela 5). A oviposição ocorreu quando as fêmeas foram alimentadas com todas as dietas com polens e a dieta padrão. Houve diferença significativa entre as dietas em relação ao período de pré-oviposição ($\chi^2 = 130,90$; g.l. = 13; $p < 0,0000$) e período de oviposição ($\chi^2 = 253,83$; g.l. = 13; $p < 0,0000$) das fêmeas de *C. externa* e à viabilidade dos ovos depositados durante a longevidade das fêmeas ($\chi^2 = 976,31$; g.l. = 13; $p < 0,0000$). Contudo, os valores médios do período de pré-oviposição, período de oviposição e viabilidade dos ovos das fêmeas que se alimentaram das dietas monopolínicas, dipolínicas e padrão não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5). Entre as dietas em que ocorreu oviposição, o período médio de pré-oviposição variou de 4,83 dias (dieta CR) a 6,83 dias (dieta SO), enquanto o período médio de oviposição variou de 44,83 dias (dieta FP) a 112,33 dias (SO+CR). A viabilidade média dos ovos ficou entre 71,97% (MT+FP) e 89,30% (MO+CR).

Tabela 5. Parâmetros reprodutivos das fêmeas de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético e porcentagem de viabilidade de seus ovos em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	Pré-oviposição (dias) ²	Fecundidade (total de ovos) ²	Período de oviposição (dias) ²	Taxa de oviposição (ovos/dia) ²	Viabilidade dos ovos (%) ²
MT + mel	$5,83 \pm 0,99$ a	$118,67 \pm 29,58$ b	$60,33 \pm 14,2$ a	$2,45 \pm 0,99$ b	$86,50 \pm 7,07$ a
MO + mel	$5,17 \pm 0,93$ a	$297,33 \pm 72,20$ a	$64,33 \pm 15,1$ a	$4,83 \pm 0,93$ a	$86,25 \pm 7,05$ a
SO + mel	$6,83 \pm 1,07$ a	$315,67 \pm 85,90$ a	$83,33 \pm 19,4$ a	$3,71 \pm 1,07$ a	$81,55 \pm 6,72$ a
CR + mel	$4,83 \pm 0,90$ a	$341,17 \pm 73,25$ a	$82,67 \pm 19,3$ a	$4,29 \pm 0,90$ a	$79,02 \pm 6,54$ a
FP + mel	$5,33 \pm 0,94$ a	$139,00 \pm 24,31$ a	$44,83 \pm 10,6$ a	$5,17 \pm 0,94$ a	$78,57 \pm 6,51$ a
MT+CR + mel	$6,17 \pm 1,01$ a	$477,5 \pm 136,76$ a	$87,00 \pm 20,3$ a	$6,47 \pm 1,01$ a	$85,50 \pm 7,00$ a
MT+FP + mel	$5,83 \pm 0,99$ a	$222,50 \pm 73,61$ a	$100,50 \pm 23,4$ a	$2,05 \pm 0,99$ b	$71,97 \pm 6,05$ a
MO+CR + mel	$5,83 \pm 0,99$ a	$352,50 \pm 96,42$ a	$72,50 \pm 17,00$ a	$4,58 \pm 0,99$ a	$89,30 \pm 7,26$ a
MO+FP + mel	$6,67 \pm 1,05$ a	$119,83 \pm 55,79$ b	$57,17 \pm 13,4$ a	$3,02 \pm 1,05$ a	$77,73 \pm 6,45$ a
SO+CR + mel	$5,33 \pm 0,94$ a	$491,0 \pm 136,06$ a	$112,33 \pm 26,1$ a	$4,34 \pm 0,94$ a	$83,15 \pm 6,83$ a
SO+FP + mel	$5,50 \pm 0,96$ a	$269,33 \pm 97,49$ a	$85,67 \pm 20,00$ a	$3,74 \pm 0,96$ a	$86,22 \pm 7,05$ a
Levedo com mel	$5,00 \pm 0,91$ a	$293,17 \pm 56,51$ a	$81,17 \pm 18,90$ a	$3,75 \pm 0,91$ a	$80,33 \pm 6,63$ a
Solução de mel	0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 b	0 ± 0 b	0 ± 0 b
Água	0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 b	0 ± 0 b	0 ± 0 b

¹Poaceae: MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = pólen de milho (*Zea mays*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), Fabaceae: CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Sinal + significa suplementação com mel. ²Valores (média ± erro padrão) seguidos de letras distintas na coluna (entre dietas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey ($p = 0,05$).

Houve diferença significativa entre as médias referentes à fecundidade ($\chi^2 = 257,19$; g.l. = 13; $p < 0,0000$) e à taxa de oviposição ($\chi^2 = 130,90$; g.l. = 13; $p < 0,0000$) para as dietas avaliadas. As fêmeas que se alimentaram com as dietas MT e MO+FP depositaram menor número total de ovos durante a longevidade delas do que aquelas que se alimentaram da dieta padrão e das demais dietas com polens (separados ou misturas), as quais não diferiram entre si. Entre as dietas em que ocorreu oviposição, a fecundidade média das fêmeas variou de 118,67 ovos, que foram depositados no decorrer de 72,83 dias, quando elas se alimentaram da dieta MT, e de 491,0 ovos durante 129,33 dias, quando a dieta SO+CR foi oferecida ao casal.

A taxa de oviposição também foi menor quando as fêmeas se alimentaram de MT, que não diferiu significativamente do valor obtido para as fêmeas que receberam MT+FP como dieta, sendo que esses valores diferiram estatisticamente dos das demais dietas polínicas, os

quais, por sua vez, foram significativamente iguais à dieta padrão. Entre as dietas em que ocorreu oviposição, uma fêmea depositou, em média, 2,05 ovos por dia, quando o alimento foi MT+FP, e 6,47 ovos por dia, com a dieta MT+CR.

A interação entre os fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” (com e sem polens de Fabaceae) não foi significativa para as variáveis pré-oviposição ($\chi^2 = 2,48744$; g.l. = 4; p = 0,6469; Tabela 6), período de oviposição ($\chi^2 = 2,0927$; g.l. = 4; p = 0,7187; Tabela 7) e viabilidade dos ovos ($\chi^2 = 2,1841$; g.l. = 4; p = 0,7019; Tabela 8), indicando que nenhuma das dietas com pólen das três espécies de Poaceae com ou sem pólen de uma das duas espécies de Fabaceae não influenciaram nesses parâmetros.

Tabela 6. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, do período médio de pré-oviposição (dias após a união do casal) de fêmeas de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ¹	Mistura com pólen de Fabaceae ¹		Separado ²	Média geral ²
	CR ²	FP ²		
MT	$6,17 \pm 1,01$ aA	$5,83 \pm 0,99$ aA	$5,83 \pm 0,99$ aA	$3,42 \pm 0,58$ A
MO	$5,83 \pm 0,99$ aA	$6,67 \pm 1,05$ aA	$5,17 \pm 0,93$ aA	$3,47 \pm 0,57$ A
SO	$5,33 \pm 0,94$ aA	$5,5 \pm 0,96$ aA	$6,83 \pm 1,07$ aA	$3,56 \pm 0,57$ A
Média geral	$5,78 \pm 0,57$ a	$6,00 \pm 0,58$ a	$5,94 \pm 0,58$ a	

¹Poaceae: MT (milheto) = *Pennisetum glaucum*, MO (milho) = *Zea mays*, SO (sorgo) = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: CR (crotalária) = *Crotalaria juncea*, FP (feijão-de-porco) = *Canavalia ensiformis*. ²Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre combinações) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de significância.

Tabela 7. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, do período médio de oviposição¹ (dias) de fêmeas de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ²	Mistura com pólen de Fabaceae ²		Separado ³	Média geral ³
	CR ³	FP ³		
MT	$87,00 \pm 20,8$ aA	$100,5 \pm 23,9$ aA	$60,33 \pm 14,5$ aA	$58,51 \pm 11,15$ A
MO	$72,50 \pm 17,4$ aA	$57,17 \pm 13,8$ aA	$64,33 \pm 15,4$ aA	$45,04 \pm 8,92$ A
SO	$112,33 \pm 26,7$ aA	$85,67 \pm 20,4$ aA	$83,33 \pm 15,4$ aA	$65,69 \pm 11,15$ A
Média geral	$90,61 \pm 12,3$ a	$81,11 \pm 10,9$ a	$69,33 \pm 9,5$ a	

¹ Período de oviposição = tempo decorrido entre a primeira até a última postura, durante a longevidade da fêmea. ²Poaceae: MT (milheto) = *Pennisetum glaucum*, MO (milho) = *Zea mays*, SO (sorgo) = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: CR (crotalária) = *Crotalaria juncea*, FP (feijão-de-porco) = *Canavalia ensiformis*. ³Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre combinações) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de significância.

Contudo, os efeitos do fator “combinações dos polens de Poaceae” e da interação entre os fatores “polens separados das Poaceae” e “combinações dos polens de Poaceae” foram estatisticamente significativos para as variáveis fecundidade ($\chi^2 = 10,5716$; g.l. = 2; p = 0,0051 e $\chi^2 = 6,6130$; g.l. = 4; p = 0,0157, respectivamente; Tabela 9) e taxa de oviposição ($\chi^2 = 11,3152$; g.l. = 2; p = 0,0035 e $\chi^2 = 10,3199$; g.l. = 4; p = 0,0354, respectivamente; Tabela 10). Os valores médios das fêmeas alimentadas com as dietas MT+CR e SO+CR foram significativamente maiores do que quando se ofertou MO+CR (Tabela 9). Na média geral, as fêmeas alimentadas com os polens das gramíneas misturados com CR apresentam significativamente maior fecundidade do que as fêmeas alimentadas com a mistura dessas gramíneas com FP e com as dietas com apenas uma espécie dessas gramíneas, que não diferiram entre si.

Tabela 8. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da viabilidade média dos ovos (%) depositados pelas fêmeas de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ¹	Mistura com pólen de Fabaceae ¹		Separado ²	Média geral ²
	CR ²	FP ²		
MT	$89,3 \pm 8,18$ aA	$77,7 \pm 7,24$ aA	$86,3 \pm 7,93$ aA	$53,7 \pm 4,49$ A
MO	$85,5 \pm 8,87$ aA	$72,0 \pm 6,77$ aA	$86,5 \pm 7,95$ aA	$51,5 \pm 4,34$ A
SO	$83,2 \pm 7,68$ aA	$86,2 \pm 7,93$ aA	$81,6 \pm 7,55$ aA	$53,3 \pm 4,46$ A
Média geral	$86,0 \pm 4,57$ a	$78,6 \pm 4,21$ a	$84,8 \pm 4,51$ a	

¹ Poaceae: MT (milheto) = *Pennisetum glaucum*, MO (milho) = *Zea mays*, SO (sorgo) = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: CR (crotalária) = *Crotalaria juncea*, FP (feijão-de-porco) = *Canavalia ensiformis*. ²Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre combinações) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de significância.

Tabela 9. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da fecundidade¹ de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ²	Mistura com pólen de Fabaceae ²		Separado ³	Média geral ³
	Crotalária ³	Feijão-de-Porco ³		
Milheto	$477,5 \pm 152,00$ aA	$222,5 \pm 71,00$ aA	$118,67 \pm 38,00$ aA	$208,33 \pm 42,9$ A
Milho	$352,5 \pm 112,3$ aB	$119,83 \pm 38,3$ aA	$297,33 \pm 94,7$ aA	$184,05 \pm 42,00$ A
Sorgo	$491,00 \pm 156,3$ aA	$269,33 \pm 85,8$ aA	$315,67 \pm 100,6$ aA	$263,62 \pm 63,8$ A
Média geral	$440,33 \pm 80,1$ a	$203,89 \pm 35,6$ b	$243,89 \pm 41,1$ b	

¹Fecundidade = média do número total de ovos depositados durante a longevidade da fêmea. ²Poaceae: milheto = *Pennisetum glaucum*, milho = *Zea mays*, sorgo = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: crotalária = *Crotalaria juncea*, feijão-de-porco = *Canavalia ensiformis*. ³Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre combinações) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de significância.

A dieta MT+CR proporcionou ainda que as fêmeas apresentassem taxa de oviposição significativamente superior do que quando a dieta foi MO+CR e SO+CR (Tabela 10). Não houve diferença significativa com as misturas das Poaceae com FP, nem com os polens das Poaceae separados. Na média geral, as fêmeas alimentadas com pólen de uma das três gramíneas misturado com pólen de crotalária apresentaram também taxa de oviposição significativamente maior do que quando os polens dessas gramíneas foram misturados com FP ou foram oferecidos separadamente.

Tabela 10. Comparação, pela análise dos fatoriais embutidos, da taxa de oviposição¹ das fêmeas de *Chrysoperla externa* alimentadas com diferentes dietas polínicas e mel como suprimento energético, em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Pólen de Poaceae ²	Mistura com pólen de Fabaceae ²		Separado ³	Média geral ³
	Crotalária ³	Feijão-de-Porco ³		
Milheto	$6,47 \pm 1,03$ aA	$2,05 \pm 0,59$ aA	$2,45 \pm 0,64$ aA	$2,52 \pm 0,45$ A
Milho	$4,58 \pm 0,87$ aB	$3,02 \pm 0,71$ aA	$4,83 \pm 0,90$ aA	$2,80 \pm 0,48$ A
Sorgo	$4,34 \pm 0,85$ aB	$3,74 \pm 0,79$ aA	$3,71 \pm 0,79$ aA	$2,69 \pm 0,47$ A
Média geral	$5,13 \pm 0,53$ a	$2,94 \pm 0,4$ b	$3,66 \pm 0,45$ b	

¹Taxa de oviposição = número de ovos depositados por fêmea por dia. ²Poaceae: milheto = *Pennisetum glaucum*, milho = *Zea mays*, sorgo = *Sorghum bicolor*, Fabaceae: crotalária = *Crotalaria juncea*, feijão-de-porco = *Canavalia ensiformis*. ³Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha (entre combinações) e maiúsculas na coluna (entre gramíneas), diferem entre si por contraste pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de significância.

3.3 Constituintes Químicos das Dietas Polínicas

Houve diferença significativa entre todas as dietas polínicas para maioria dos constituintes químicos avaliados (Tabela 11). As dietas monopolínicas e dipolínicas não diferiram estatisticamente entre si apenas para o conteúdo médio de C (carbono) ($F = 1,859$; g.l. = 10, 22; $p = 0,1142$; Tabela 11).

Tabela 11. Conteúdo (média ± erro padrão) de água, carbono (C), nitrogênio (N), proteína bruta (PB) dos grãos de pólen de duas espécies de Fabaceae e três espécies de Poaceae, separados ou misturados, ofertados aos adultos de *Chrysoperla externa*.

Dieta polínica ¹	C (%) ²	N (%) ²	PB (%) ²
MT	46,99 ± 0,65 a	3,87 ± 0,03 g	24,16 ± 0,17 g
MO	47,15 ± 0,52 a	3,36 ± 0,04 h	21,00 ± 0,27 h
SO	45,84 ± 1,88 a	4,17 ± 0,22 g	26,07 ± 1,37 g
CR	46,68 ± 0,74 a	8,74 ± 0,10 a	54,60 ± 0,63 a
FP	51,32 ± 0,96 a	6,41 ± 0,13 d	40,04 ± 0,83 d
Mistura MT + CR	48,00 ± 0,35 a	7,65 ± 0,09 b	47,82 ± 0,54 b
Mistura MO + CR	44,96 ± 2,05 a	6,29 ± 0,33 d	39,32 ± 2,07 d
Mistura SO + CR	46,88 ± 0,75 a	6,93 ± 0,12 c	43,34 ± 0,76 c
Mistura MT + FP	46,36 ± 0,73 a	5,60 ± 0,12 e	34,97 ± 0,77 e
Mistura MO + FP	48,49 ± 1,12 a	5,82 ± 0,17 e	36,40 ± 1,08 e
Mistura SO + FP	48,13 ± 2,38 a	5,24 ± 0,26 f	32,76 ± 1,66 f

¹Poaceae: MT = milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = milho (*Zea mays*), SO = sorgo (*Sorghum bicolor*), Fabaceae: CR = crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*).

²Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O conteúdo médio de N (nitrogênio) e, consequentemente, o conteúdo de proteína bruta foram significativamente maiores na dieta CR ($F = 89,963$; g.l. = 10, 22; $p = 0,0000$ e $F = 89,963$; g.l. = 10, 22; $p = 0,0000$, respectivamente; Tabela 11), sendo seguido pela dieta MT+CR, ambas diferindo estatisticamente entre si e das demais dietas. A dieta MO teve o menor valor dessas duas variáveis, diferindo significativamente das dietas com as outras duas Poaceae e das demais dietas.

Em relação aos sais minerais, as dietas CR e FP apresentaram maiores valores médios de conteúdo de Ca (cálcio), que diferiram significativamente dos demais, sendo que as misturas de polens foram as que apresentaram o segundo maior valor desse mineral ($F = 43,3100$; g.l. = 10, 20; $p = 0,0000$; Tabela 12). Os conteúdos médios de Ca das dietas MO e SO foram estatisticamente menores em relação à demais dietas.

As seis misturas de polens de Poaceae e Fabaceae tiveram significativamente o mesmo conteúdo médio de K (potássio) ($F = 2,5150$; g.l. = 10, 20; $p = 0,0380$; Tabela 12), sendo os valores significativamente maiores do que as dietas com polens das gramíneas e leguminosas separados, os quais não diferiram entre si. Todas as dietas com as misturas de polens das Poaceae e Fabaceae obtiveram também os valores médio de conteúdo de Mg (magnésio) significativamente maiores do que das dietas com os polens sozinhos, exceto para SO, do qual não diferiram ($F = 4,752$; g.l. = 10, 20; $p = 0,0015$; Tabela 12).

As misturas dos polens apresentaram também valores do conteúdo de P (fósforo) que não diferiram significativamente entre si, sendo tais valores estatisticamente maiores do que as das dietas com polens sozinhos, com exceção da dieta CR ($F = 14,5350$; g.l. = 10, 20; $p = 0,0000$; Tabela 12). Os valores desse mineral significativamente menores foram encontrados para as dietas MT e MO.

Tabela 12. Conteúdo (média ± erro padrão) dos quatro minerais dos grãos de pólen de duas espécies de Fabaceae e três espécies de Poaceae, separados ou misturados, ofertados aos adultos de *Chrysoperla externa*.

Dieta polínica ¹	Ca ^{2,3} (g.kg ⁻¹)	K ^{2,3} (g.kg ⁻¹)	Mg ^{2,3} (g.kg ⁻¹)	P ^{2,3} (g.kg ⁻¹)
MT	1,18 ± 0,05 c	9,76 ± 0,51 b	1,44 ± 0,04 b	5,07 ± 0,10 c
MO	0,90 ± 0,08 d	9,02 ± 0,66 b	1,19 ± 0,13 b	5,10 ± 0,17 c
SO	0,89 ± 0,03 d	9,50 ± 0,89 b	1,83 ± 0,15 a	6,44 ± 0,44 b
CR	3,83 ± 0,29 a	9,52 ± 0,25 b	1,50 ± 0,13 b	12,19 ± 0,56 a
FP	3,84 ± 0,40 a	9,81 ± 0,44 b	1,40 ± 0,03 b	6,37 ± 0,41 b
Mistura MT + CR	1,95 ± 0,09 b	10,81 ± 0,54 a	1,75 ± 0,13 a	9,73 ± 0,89 a
Mistura MO + CR	1,91 ± 0,09 b	10,76 ± 0,52 a	1,75 ± 0,12 a	9,73 ± 0,90 a
Mistura SO + CR	1,94 ± 0,09 b	10,89 ± 0,50 a	1,75 ± 0,13 a	9,75 ± 0,88 a
Mistura MT + FP	1,90 ± 0,25 b	12,13 ± 1,46 a	1,85 ± 1,17 a	9,07 ± 0,14 a
Mistura MO + FP	1,90 ± 0,25 b	12,13 ± 1,46 a	1,85 ± 0,14 a	9,07 ± 1,17 a
Mistura SO + FP	1,87 ± 0,23 b	12,18 ± 1,53 a	1,84 ± 0,13 a	9,11 ± 1,14 a

¹Poaceae: MT = milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = milho (*Zea mays*), SO = sorgo (*Sorghum bicolor*), Fabaceae: CR = crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*).

²Ca = Cálculo, K = Potássio, Mg = Magnésio, P = Fósforo.

³Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4 DISCUSSÃO

Os adultos de *C. externa* exibem hábito polinívoro generalista, com relatos de ingestão de mais de um tipo polínico por indivíduo (MEDEIROS et al., 2010; ANDRADE et al., 2018). Assim, ao contrário do esperado, observou-se que, no geral, em comparação às dietas monopolínicas, as seis dietas dipolínicas, ou seja, as misturas de polens das três espécies de Poaceae (MT, MO e SO) com pólen de uma das duas espécies de Fabaceae (FP ou CR), não melhoraram os seis parâmetros biológicos dos adultos de *C. externa* avaliados, a saber: longevidade das fêmeas, longevidade dos machos, peso corpóreo dos machos, período de pré-oviposição, período de oviposição e viabilidade dos ovos.

Contudo, todas as dietas com polens sozinhos ou misturados e ofertadas simultaneamente com solução aquosa de mel à 50% (adicionada à parte) não diferiram da dieta padrão (mistura homogênea de levedo de cerveja e mel na proporção 1:1, que serviu de testemunha positiva), em relação aos períodos de pré-oviposição e oviposição e à viabilidade dos ovos. A dieta MO+FP resultou em redução da fertilidade, a dieta MT+FP, na redução da taxa de oviposição em comparação à dieta padrão, e a dieta MT causou redução significativa em ambos os parâmetros reprodutivos. As demais dietas polínicas possibilitaram que as fêmeas depositassem significativamente maior número de ovos durante a longevidade delas e maior número de ovos por dia, sendo estatisticamente iguais àquelas alimentadas com a dieta padrão, indicando que são capazes de atender os requerimentos nutricionais de *C. externa*, quando acrescidas de mel.

As fêmeas e os machos de *C. externa* viveram, em média, por cerca de apenas 2 dias quando se ofertou água apenas. Portanto, esses adultos, quando morreram, não passaram de 3 dias de idade, visto que se usou adultos com até 24 horas depois de emergidos e em jejum. Esse curto período de vida já era esperado visto que somente uma limitada quantidade de metabólitos são transferidos das larvas para os adultos dos crisopídeos (PRINCIPI & CANARD, 1984; ALBUQUERQUE, 2009). Dessa forma, a limitada reserva de metabólitos nos adultos recém-emergidos de *C. externa* possibilitaria aos adultos irem em busca de alimento, o qual teria que ser encontrado num breve intervalo de tempo para garantir a sua vida por maior período de tempo.

Esses resultados indicam ainda que uma fonte de carboidratos é necessária para garantir a longevidade dos adultos de ambos os sexos, sendo o pólen ou o levedo de cerveja, como fontes de proteínas, não influenciaram significativamente nesse parâmetro, considerando que a longevidade média dos adultos alimentados com apenas água diferiu estatisticamente daqueles alimentados com solução de mel (83,83 e 66,50 dias, respectivamente), que, por sua vez, não diferiram estatisticamente das demais dietas. Isso evidencia que, na natureza, os adultos de *C. externa* necessitam encontrar alimentos ricos em açúcares, como néctar ou *honeydew*, para manter a sua longevidade.

Os valores médios de longevidade para ambos os sexos corroboram os obtidos por Resende et al. (2007), que ao fornecer apenas água aos adultos de *C. externa*, observaram uma média de 1,5 e 1,3 dias para fêmeas e machos, respectivamente (variando de 0 a 2 dias para ambos). Melo et al. (2020) demonstram que a longevidade das fêmeas e dos machos de *C. externa* foram relativamente maiores (4,2 e 3,8 dias, em média) quando supridas com apenas água, enquanto esses valores subiram para 19,6 e 18,8 dias, respectivamente, quando a dieta foi apenas mel. Esses dois autores obtiveram os adultos provenientes de larvas criadas com a mesma presa usada no presente estudo.

As fêmeas de *C. externa* não ovipositaron quando se alimentaram de apenas água ou somente mel (solução aquosa de 50%). Esse resultado já era esperado, porque, em geral, as fêmeas do gênero *Chrysoperla* Steinmann não são capazes de produzir ovos se não consumirem um alimento proteico (PRINCIPI & CANARD, 1984; ALBUQUERQUE, 2009). Venzon et al. (2006) já tinham observado que as fêmeas de *C. externa* não depositaram ovos com apenas mel, enquanto Resende et al. (2007) demonstraram que a oferta de apenas água

para casais de *C. externa* não resultava em oviposição. Contrariamente aos resultados do presente estudo, Ribeiro et al. (1993) e Andrade (2013) observam a oviposição de *C. externa* quando o alimento foi solução aquosa de mel, porém, o número total de ovos foi bem pequeno, com uma média total de 22,3 ovos (mel a 40%) e 2,71 ovos (mel a 50%), respectivamente. Convém salientar que nesses trabalhos, incluindo no presente estudo, os adultos foram provenientes de larvas que se alimentaram de ovos de *E. kuehniella*, visto que a qualidade do alimento ingerido pelas larvas tende afetar a reprodução dos adultos (HAGEN, 1976), portanto, os resultados desses estudos podem ser comparados.

Resultados de estudos prévios referentes à dieta padrão foram relativamente diferentes dos obtidos no presente estudo, mesmo com as larvas sendo alimentadas com ovos de *E. kuehniella*. Boregas et al. (2003) encontram maiores valores para os seguintes parâmetros: período de pré-oviposição = $7,0 \pm 0,7$ dias (contra $5,0 \pm 0,91$ dias) e taxa de oviposição de uma fêmea = $13,3 \pm 0,9$ ovos/dia (contra $3,75 \pm 0,91$ ovos/dia), enquanto para outros parâmetros, os valores estiveram abaixo do encontrado, a saber: período de oviposição = $17,5 \pm 4,6$ dias (contra $81,17 \pm 18,90$ dias) e fecundidade = $221,0 \pm 41,4$ ovos (contra $293,17 \pm 56,51$ ovos). Oliveira et al. (2009) obtiveram os seguintes valores: longevidade média do macho = 44,7 dias (contra 22,66 dias no presente estudo), longevidade média da fêmea = 78,1 dias (contra 90,5 dias), fecundidade média = 586,85 ovos (relativamente 2,6 vezes maior que o valor obtido no presente estudo) e taxa média de oviposição = 8,51 ovos/dia (um pouco mais que o dobro do obtido), período médio de pré-oviposição = 7,71 dias e período médio de oviposição = 70,42 dias.

Quanto às dietas com polens, os valores de alguns parâmetros reprodutivos dos adultos de *C. externa* obtidos no presente estudo foram, por vezes, bem discrepantes daqueles de Venzon et al. (2006), particularmente em relação a FP e CR, ambos com mel. Esses autores observaram que as fêmeas depositaram, em média, um total de 667,5 e 444,3 ovos e taxa média de 11,9 e 11,0 ovos por dia, respectivamente, com essas dietas. No presente estudo, esses valores foram relativamente mais baixos, sendo $139,0 \pm 24,31$ ovos (4,8 vezes menor) e $341,17 \pm 73,25$ ovos (relativamente mais próximo) e $5,17 \pm 0,94$ ovos por dia e $4,29 \pm 0,9$ ovos por dia (no mínimo 2 vezes menor) para FP e CR, respectivamente, ambos acrescidos de mel. É possível que essas discrepâncias nos resultados sejam decorrentes de diferenças intraespecíficas, visto que os adultos investigados no presente estudo foram coletados no município de Seropédica, Rio de Janeiro, enquanto Venzon et al. (2006) obtiveram os adultos de criação em laboratório, oriundos do município de Lavras, Minas Gerais, portanto, originários de locais diferentes e relativamente distantes. Não se pode atribuir as diferenças entre os resultados aos conteúdos de proteína bruta, pois os métodos de determinação do nitrogênio usados por Venzon et al. (2006) não foi o mesmo do presente estudo. Venzon et al. (2006) observaram que CR e FP apresentaram 25,6% e 24,9% de proteína bruta, respectivamente (método AOAC Internacional), enquanto no presente estudo os valores médios foram relativamente bem maiores: 54,6% e 40,0%, respectivamente, usando o fator de conversão 6,25 (MARIOTTI et al. 2008).

Os resultados obtidos com as dietas com polens suplementados com solução de mel confirmam relatos prévios de que as fêmeas aumentam seu potencial reprodutivo quando os casais de *C. externa* são nutridos com um alimento rico em proteínas (e.g., pólen e levedo de cerveja) suplementado com alimento rico em carboidratos (e.g., solução de mel) (RIBEIRO et al., 1993; RIBEIRO & FREITAS, 2000; VENZON et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; ANDRADE, 2013; MELO et al., 2020). Resende et al. (2017) verificaram que adultos de *C. externa* foram capazes de se reproduzir e produzir ovos férteis quando alimentados com polens de Apiaceae aromáticas (*Anethum graveolens* L., *Coriandrum sativum* L. e *Foeniculum vulgare* Mill.), quando ofertados nas próprias flores, as quais possuem nectários florais; entretanto, a acessibilidade ao néctar dessa fonte não foi confirmada pelos autores. Assim, é possível que a variação da performance reprodutiva de *C. externa* decorrente da oferta de diferentes espécies de polens com ou sem fonte de carboidratos resulte de diferenças

na digestibilidade e na assimilação dos nutrientes dos polens pelas fêmeas. Todavia, essa hipótese ainda carece de comprovação. Na espécie holártica *Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae), por exemplo, as fêmeas digeriram mais rapidamente polens com maior conteúdo de proteína bruta do que os mais pobres em proteínas (GONZÁLEZ et al., 2022). Estudos sobre os mecanismos de digestão dos polens por animais, incluindo insetos, sugerem ainda que diferenças na digestibilidade entre os diferentes tipos de polens pode refletir diferenças na porosidade da parede do pólen e espessura da exina (ROULSTON & CANE, 2000).

De acordo com Albuquerque (2009), a fecundidade das fêmeas dos crisopídeos ao longo do tempo é altamente dependente dos nutrientes presentes nos alimentos por elas usados. As análises fatoriais dos dados referentes à fecundidade e à taxa de oviposição (Tabelas 9 e 10, respectivamente) mostraram que a dieta MT+CR possibilitou maior fecundidade das fêmeas de *C. externa*, que apresentam aumento significativo do número de ovos depositados diariamente por cada fêmea (ou seja, maior taxa de oviposição) do que quando alimentadas com MT+FP e as dietas com polens das Poaceae sozinhos. A dieta SO+CR proporcionou também aumento da taxa de oviposição em relação a essas mesmas dietas. Em crisopídeos, sabe-se que a espermatogênese ocorre na fase larval, de modo que as fêmeas requerem quantidades de proteínas consideravelmente mais elevadas do que os machos, para que elas se tornem sexualmente maduras e, assim, possibilitar a oogênese e a secreção contínua e abundante de suas glândulas acessórias (McFARLANE, 1985; PRINCIPI & CANARDI, 1984; ALBUQUERQUE, 2009; WÄCKERS & VAN RIJN, 2012). Avaliando os conteúdos de nitrogênio e proteína bruta das dietas MT+CR e SO+CR e considerando a análise fatorial, observou-se que elas foram as mais ricas nesses componentes químicos, sendo inferiores apenas em relação a dieta CR, o que pode explicar, portanto, os efeitos positivos dessas dietas mistas na performance reprodutiva de *C. externa*.

Ademais, a dieta CR, por ser significativamente mais rica em nitrogênio, resultou no enriquecimento das misturas dela com polens das três gramíneas, com consequente aumento dos conteúdos de proteína bruta. O contrário foi observado quando os polens dessas Poaceae foram combinados com FP. Entretanto, as fêmeas que se alimentaram das dietas monopolísticas MT, MO, SO, suplementadas com solução de mel, foram igualmente fecundas, comparadas àquelas que consumiram a dieta padrão, sendo que as taxas de oviposição não diferiram entre essas dietas. Como essas Poaceae apresentaram os menores valores médios de conteúdo de nitrogênio, é possível que microrganismos simbiontes forneçam alguns aminoácidos essenciais não existentes ou existentes em baixas concentrações nas dietas (CHAPMAN, 1971). Estudos mostram que o requerimento completo de nitrogênio dos crisopídeos adultos tem sido atribuído à presença de leveduras e bactérias simbiontes mutualísticas no intestino (WOOLFOLK et al., 2004; GIBSON & HUNTER, 2005; ALBUQUERQUE, 2009; HEMALATHA et al. 2014). Todavia, não é conhecido se esse mecanismo opera em *C. externa* (DANTAS et al., 2021).

Os efeitos da alimentação com pólen de outra espécie de sorgo, *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Sigma-Aldrich®), suplementado com solução aquosa de mel a 50% (sem traços de proteínas), sobre a biologia de adultos de *C. externa* foram investigados por Andrade (2013), a qual obteve os seguintes valores médios: longevidade dos machos = 14,42 dias, longevidade das fêmeas = 74,29 dias, fecundidade = 54,57 ovos e taxa de oviposição = 2,85 ovos/dia/fêmea. Esses valores estão bem abaixo daqueles obtidos no presente estudo para a dieta de pólen de *S. bicolor* complementado com solução de mel a 50% à parte (Tabelas 1 e 5). Os grãos de pólen de *S. halepense* apresenta, em média, 29,9% de proteína bruta (ROULSTON et al., 2000) e, no presente estudo, o pólen de *S. bicolor* (dieta SO) apresentou $26,1 \pm 2,37\%$ de proteína bruta. Desse modo, a proximidade dos valores do conteúdo de proteína bruta dessas duas espécies de polens indica que o nitrogênio não deve ser o fator responsável pelas diferenças entre os valores dos parâmetros biológicos encontrados por Andrade (2013) e no presente estudo. Contudo, igualmente à Andrade (2013), observou-se

que as fêmeas foram mais longevas do que os machos. Na média geral, no presente estudo, as fêmeas viveram um pouco mais que o dobro do tempo vivido pelos machos, além de serem cerca de 1,3 vezes mais pesadas do que os machos.

Quanto ao cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e fósforo (P), os requerimentos desses minerais (ou sais inorgânicos) pelos insetos ainda é pouco conhecido. Todavia, sabe-se que uma fonte desses elementos na dieta é essencial para a vida dos insetos, sendo que a importância deles recai na manutenção adequada do balanço iônico para as células, como cofatores de alguns sistemas enzimáticos e/ou parte integrante das próprias enzimas (CHAPMAN, 1971; RUBIN et al., 1980; McFARLANE, 1985; LEHMANN, 2021). Por exemplo, o Ca está envolvido na síntese de feromônio sexual, reprodução, liberação de neurotransmissores, metabolismo do carboidrato e respostas olfativas em insetos (DOĞAN et al., 2021). Segundo McFarlane (1985), a privação de minerais na dieta de alguns insetos pode afetar os microrganismos simbiontes (e.g., em pulgões). No presente estudo, as misturas de cada uma das três Poaceae com CR apresentaram maiores conteúdos médios de K, Mg e P, diferindo significativamente dietas monopolínicas, exceto o conteúdo de Mg para SO e de P para CR que se igualaram estatisticamente aos das dietas dipolínicas e o conteúdo médio de Ca para CR e FP que foram superiores aos das misturas de polens. Todavia, a importância desses minerais especificamente para os crisopídeos precisa ainda ser investigada.

Os valores médios de Ca e Mg obtidos para a dieta MO (90 mg e 119 mg por 100 g) foram próximos aos observados por Pfahler & Linskens (1974), que encontraram os seguintes valores: 92 e 115,8 mg de Ca e Mg, respectivamente, por 100 g de pólen de *Z. may*. Bujang et al. (2021) obtiveram valores mais alto para Ca (147 mg/100 g) e mais baixos para Mg (97,30 mg/100 g) e K (768,50 mg/100 g) para pólen de milho doce (*Zea mays* var. *saccharata*). No presente estudo, o conteúdo de K da dieta MO foi de 920 mg por 100 g de pólen, que foi relativamente mais baixo do que o obtido por Bujang et al. (2021) (1059 mg/100 g).

Nenhum estudo na literatura foi encontrado sobre os requerimentos nutricionais exatos de *C. externa* à semelhança do que se conhece para as abelhas, mas apenas informações generalizadas (HUMAN et al., 2007; ALBUQUERQUE, 2009; LUNDGREN, 2009; PAOLI et al., 2014). Todavia, considerando riqueza nutricional da dieta MT+CR e seu efeito positivo na fecundidade e taxa de oviposição de *C. externa*, estudos futuros que investiguem o cultivo de milheto e crotalária em diferentes arranjos (e.g., em faixa ou consorciado) devem ser encorajadas para avaliar o efeito sobre a população desse crisopídeo em condições de campo, na expectativa de aumento de suas populações nos períodos de florescimento pleno dessas culturas, de modo a auxiliar no desenvolvimento de práticas agroecológicas no contexto do controle biológico conservativo. Ressalta-se que Perin et al. (2006) demonstraram que o consórcio de milheto (*P. glaucum*) e crotalária (*C. juncea*) (50% + 50%), usados como adubos verdes, constitui-se em uma estratégia biológica promissora para alcançar e manter o nitrogênio no sistema de produção em condições tropicais. De certo, o plantio dessas culturas deve ser feito de modo que os períodos da antese floral sejam coincidentes, sabendo-se que os adultos de *C. externa* conseguem acessar os polens quando visitam as flores dessas espécies, conforme mostraram os resultados do capítulo I.

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo conduzido em condição de laboratório permitiram chegar às seguintes conclusões:

- 1) A performance dos adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados com as dietas com polens de milheto (*Pennisetum glaucum*), milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) (todas Poaceae), crotalária (*Crotalaria juncea*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (ambas Fabaceae), fornecidos separadamente (dietas monopolínicas) ou em mistura homogênea de uma dessas gramíneas com uma dessas leguminosas (dietas dipolínicas), todas suplementadas com solução aquosa de mel a 50%, se equipara a daqueles alimentados com a dieta padrão usada em criação desse crisopídeo em laboratório (ou seja, mistura homogênea de levedo de cerveja com mel na proporção 1:1).
- 2) A água não permite que os adultos de *C. externa* expressem sua longevidade máxima, sendo que uma fonte de carboidrato é necessária para que eles vivam por tempo mais longo.
- 3) O aumento do peso corpóreo dos machos de *C. externa* não depende de serem alimentados com fontes de carboidratos (e.g., mel) e proteínas (e.g., polens), enquanto as fêmeas necessitam dessas fontes para que se tornarem mais pesadas.
- 4) As fêmeas de *C. externa* dependem do consumo de uma fonte de proteína e uma fonte de carboidrato para que sejam reprodutivas e depositem ovos férteis.
- 5) As fêmeas de *C. externa* são mais fecundas e depositam mais ovos diariamente quando se alimentam das misturas de polens de milheto com crotalária, em comparação às misturas de polens das outras duas Poaceae (milho e sorgo) com feijão-de-porco e dos polens das três Poaceae quando ofertados separadamente, todas elas suplementadas com mel, devido à riqueza em nitrogênio da dieta de pôlen de milheto misturado com pôlen de crotalária.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G. S. 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 Informação Tecnológica, 2009. p. 969-1022.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history in central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, , p. 8-13, 1994.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: McEwen, P; New, T. R.; Whittington, A. E. (eds). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p 408-423.
- ALCALÁ HERRERA, R.; COTES, B.; AGUSTÍ, N.; TASIN, M.; PORCEL, M. Using flower strips to promote green lacewings to control cabbage insect pests. **Journal of Pest Science**, v. 95, p. 669-683, 2022.
- ALMEIDA, D. P. **Descrição da metodologia de criação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) no Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), UFRRJ**. 2016. 28f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3.ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012. 400p.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. M.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.
- AMARAL, A. L.; CÂMARA, T. M. M.; SANTOS, J. M.; DUARTE FILHO, L. S. C.; BARBOSA, G. V. S. **Metodologia de desidratação do pólen de cana-de-açúcar**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, 9p. (Comunicado Técnico, 67).
- ANDRADE, K. A. **Ingestão natural de polens por *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), ingestão de dietas polínicas e seus efeitos na sua biologia em laboratório**. 2013. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- ANDRADE, K. A.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; GONÇALVES-ESTEVES, V.; MENDONÇA, C. B. F.; VIEIRA, G. R. M.; MELO, S. J.; MAGALHÃES, J. L. A.; MELO, G. J. B. Pollen ingestion by *Chrysoperla externa* (Hagen) adults in a diversified organic agroecosystem. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 118-130, 2018.
- ARBICO ORGANICS. ARBICO Organics™ Good Bug Power Blend: don't let your green lacewing and other beneficial insects fly away -this great seed assortment provides pollen and nectar. Disponível em: <https://www.arbico-organics.com/product/good-bug-flower-seeds-attract-feed-beneficial-insects/pollination-aids>. Acesso em: 20 jan. 2023
- AUAD, A. M.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; TREVIZANI, R.; MAGALHÃES, C. M. F. R. Desenvolvimento das fases imaturas, aspectos reprodutivos e potencial de predação de

Chrysoperla externa (Hagen) alimentada com ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 327-334, 2005.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, 2007. 364p.

BARROS, A. P.; SILVA, A. C.; ABOUD, A. C. S.; RICALDE, M. P; ATAIDE, J. O. Effect of *Cosmos*, *Crotalaria*, *Foeniculum*, and *Canavalia* species, single-cropped or mixes, on the community of predatory arthropods. **Scientific Reports**, v. 12, n. 16013, 2022.

BASTIDAS, J. S.; DEVIA, E. H. V.; AMAYA, O. S. Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. **Revista Corpóica Ciencia. Tecnología. Agropecuaria**, v. 11, n. 1, p. 31-40, 2010.

BOREGAS, K. G. B.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 7-16, 2003.

BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; RAMAIYA, S. D. Chemical constituents and phytochemical properties of floral maize pollen. **PLoS ONE**, v.16, n.2, p. e0247327, 2021.

CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2.ed. Lavras: Editora da UFLA, 2009. p. 77-115.

CHAPMAN, R. F. Nutrition. In: CHAPMAN, R. F. **The insects, structure and function**. New York: Elsevier, 1971. p. 70-82.

CONTI, I.; MEDRZYCKI, P.; ARGENTI, C.; MELONI, M.; VECCHIONE, V.; BOI, M.; MARIOTTI, M. G. Sugar and protein content in different monofloral pollens - building a database. **Bulletin of Insectology**, v. 69, n .2, p.318-320, 2016.

COSTA, R. I F. **Estudos de densidade de ovos e de adultos de Chrysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) visando adequação na criação de laboratório**. 60f. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DANTAS, P. C.; SERRÃO, J. E.; SANTOS, H. C. P.; CARVALHO, G. A. Anatomy and histology of the alimentary canal of larvae and adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 60, p. 1-7, 2021.

DOĞAN, C.; HÄNNIGER, S.; HECKEL, D. G.; COUTU, C.; HEGEDUS, D. D.; CRUBAUGH, L.; GROVES, R. L.; MUTLU, D. A.; SULUDERE, Z.; BAYRAM, S.; TOPRAK, U. Characterization of calcium signaling proteins from the fat body of the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae): implications for diapause and lipid metabolism. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.33, n. 103549, 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FREITAS, S. **Criação de crisopídeos (bicho lixeiro) em laboratório.** Jaboticabal: Funep, 2001. 20 p.

FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores.** São Paulo: Manole, 2002. p. 209-224.

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. 12p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 44).

GIBSON, C. M.; HUNTER, M. S. Reconsideration of the role of yeasts associated with *Chrysoperla* green lacewings. **Biological Control**, v. 32, n. 1, p. 57-64, 2005.

GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. Consumo alimentar de *Chrysoperla externa* sobre as diferentes fases de desenvolvimento de *Dysmicoccus brevipes*, em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 387-391, fev. 2001.

GONZÁLEZ, E.; BIANCHI, F. J. J.; WIZOREK, S.; SCHUMACHER, M.; ENTLING, M. H. Variation between plant species in pollen digestion rates in the green lacewing *Chrysoperla carnea*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 170, n. 12, p. 1049-1054, 2022.

GRAVENA, S.; CHURATA-MASCA, M. G. G.; ARAI, J.; RAGA, A. Manejo integrado da mosca branca *Bemisia tabaci* (Gennadius. 1889) em cultivares de tomateiro de crescimento determinado visando redução de virose do mosaico dourado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.13, n.1, p. 35-45, 1984.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n. 2, p. 107-116, 2003.

HAGEN, K. S. Role of nutrition in insect management. **Proceedings of the tall timbers conference on ecological animal control by habitat management**, v. 6, p. 221-261, 1976.

HEMALATHA, B. N.; VENKATESAN, T.; JALALI, S. K.; REETHA, B. Distribution and characterization of microbial communities in *Chrysoperla zastrowi sillemi*, an important predator of sap sucking insect pests. **African Journal of Microbiology Research**, v. 18., n. 14, p. 1492-1500, 2014.

HUMAN, H.; NICOLSON, S. W.; STRAUSS, K.; PIRK, C. W.; DIETEMANN. V. Influence of pollen quality on ovarian development in honeybee workers (*Apis mellifera scutellata*). **Journal of Insect Physiology**, v. 53, v. 7, p. 649-55, 2007.

JIMENEZ, A. J. G.; CARRILLO, S. J. L. Fauna insectel benefica en algodonero con maiz intercalado, comparada con algodonero solo. **Agricultura Técnica in Mexico**, v. 4, n. 2. p. 113-154, 1978.

KHANAMANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; MEHRABADI, M. Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programmes. **Pest Management Science**, v. 73, n. 2, p. 452-461, 2017.

LEHMANN, M. Diverse roles of phosphatidate phosphatases in insect development and metabolism. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 133, n. 103469, 2021.

LUNDGREN, J. G. Pollen nutrition and defense. LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009. p. 127-139.

MARIOTTI, F.; TOME, D.; MIRAND, P. P. Converting nitrogen into protein-beyond 6.25 and Jones' factors. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 2, p. 177-184, 2008.

McFARLANE, J. E. Nutrient and digestive organs. In: BLUM, M. S. (ed.). **Fundamentals of insect physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1985. p. 59-89.

MEDEIROS, M. A.; RIBEIRO, P. A.; MORAIS, H. C.; CASTELO BRANCO, M.; SUJII, E. R.; SALGADO-LABORIAU, M. L. Identification of plant families associated with the predators *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* Guérin-Menéville (Coleoptera: Coccinellidae) using pollen grain as a natural marker. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 293-300, 2010.

MELO, G. J. B.; BERBER, G. C. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RESENDE, A. L. S.; PEREIRA, R. N. Parâmetros biológicos de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados com pólen de Asteraceae em condições de laboratório. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 2, p. 43-50, 2020.

MICHAUD, J. P.; GRANT, A. K. Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. **Biological Control**, v. 32, n. 3, p. 363-370, 2005.

NICOLSON, S.; HUMAN, H. Chemical composition of the 'low quality' pollen of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). **Apidologie**, v. 44, p. 144-152, 2013.

NIELSEN, N.; GROMMER, J.; LUNDEN, R. Investigations on the chemical composition of pollen from some plants. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 9, p. 1100-1106, 1955.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.

NÚÑEZ Z., E. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 31, n.1, p. 76-82, 1989.

OLIVEIRA, A. S.; AUAD, A. M.; SOUZA, B.; CARVALHO, C. A.; SOUZA, L. S.; AMARAL, R. L.; SILVA, D. M. Benefícios do mel e pólen de forrageiras nos parâmetros biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 583-588, 2009.

ORRE, G. U. S.; TOMPKINS, J.-M.; JONSSON, M.; JACOMETTI, M. A.; WRATTEN, S. D. Provision of floral resources for biological control restoring an important ecosystem service. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 2, p. 96-84, 2007.

PAOLI, P. P.; DONLEY, D.; STABLER, D.; SASEENDRANATH, A.; NICOLSON, S. W.; SIMPSON, S. J.; WRIGHT, G. A. Nutritional balance of essential amino acids and

carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. **Amino Acids**, v. 46, n. 6, p. 1449-58, 2014.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; CECON, P. R.; GUERRA, J. G. M.; FREITAS, G. B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5., p. 453-459, 2006.

PESSOA, L. G. A.; FREITAS, S.; LOUREIRO, E. S. Potencial reprodutivo de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): efeito da proporção sexual e período de acasalamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 57-61, 2013.

PFAHLER, P. L., LINSKENS, H. F. Ash percentage and mineral content of maize (*Zea mays* L.) pollen and style. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 45, p. 32-36, 1974.

PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. Feeding habits. In: CANARD, M.; SÉMÉRIA, Y.; NEW, T. R. (eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 76-92.

RESENDE, A. L. S.; SOUZA, B.; FERREIRA, R. B.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Flowers of Apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera). **Biological Control**, v. 106, p. 40-44, 2017.

RIBEIRO, M. J.; CARVALHO, C. F.; MATIOLI, J. C. Biologia de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) em diferentes dietas artificiais. **Ciência e Prática**, v. 17, p. 120-130, 1993.

RIBEIRO, L. J.; FREITAS, S. Influência da alimentação no potencial reprodutivo de crisopídeos. **Revista de Agricultura**, v. 75, p. 187-196, 2000.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H. Pollen nutritional content and digestibility for animals. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 187-209, 2000.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? **Ecological Monographs**, v. 70, p. 617-643, 2000.

RUBIN, A. L.; CLARK, A. F.; STAHL, W. L. Sodium, potassium stimulated adenosine triphosphate in the nerve cord of the hawk moth, *Manduca sexta*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 67, n. 2, p. 271-275, 1980.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Maydica**, v. 56, n. 3, p. 283-289, 2011.

VATTALA, H. D.; WRATTEN, S. D.; PHILLIPS, C. B.; WÄCKERS, F. L. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. **Biological Control**, v. 39, n. 2, p. 179-185, 2006.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E.; PALLINI, A. Controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (eds.). **Controle alternativo de doenças e pragas**. Viçosa: EPAMIG, 2005. p. 1-22.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E.; SOUZA, B.; SCHOEREDER, J. H. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 371-376, 2006.

WÄCKERS, F. L. Suitability of (extra-) floral nectar, pollen and honeydew as insect food source. In: WÄCKERS, F. L.; VAN RIJN, P. C. J.; BRUIN, J. (eds.). **Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 17-73.

WEINER, C. N.; HILPERT, A.; WERNER, M.; LINSENMAIR, K. E.; BLÜTHGEN, N. Pollen amino acids and flower specialisation in solitary bees. **Apidologie**, v. 41, p. 476-487, 2010.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J-F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 1, p.1-20, 2014.

WOOLFOLK, S. W.; COHEN, A. C.; INGLIS, G. D. Morphology of the alimentary canal of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) adults in relation to microbial symbionts. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, n. 4, p. 796-808, 2004.

WRATTEN, S.; LAVANDERO, B. I.; TYLIANAKIS, J.; VATTALA, D.; CILGI, T.; SEDCOLE, R. Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity. **Arable Entomology and Pathology**, v. 56, p. 239-245, 2003.

CAPÍTULO III

**EFEITOS DE DIETAS DE POLENS DE FABACEAE E POACEAE, COM OU SEM
PRESA, NA BIOLOGIA DA LARVA DE *Chrysoperla externa* (Hagen)
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) E CONTRIBUIÇÃO DO CARBONO DESSES
ALIMENTOS NO DESENVOLVIMENTO DO 1º INSTAR**

RESUMO

As larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) são carnívoras e predam, em geral, insetos e ácaros de importância agrícola, sendo que elas podem se beneficiar do consumo de polens de Poaceae, todavia, ainda se tem dúvidas se a onivoria é eventual ou habitual. Ademais, a composição química dos polens varia entre as famílias, podendo causar efeitos diferenciados no desenvolvimento larval. Assim, o entendimento da extensão na qual as larvas de insetos predadores onívoros assimilam os nutrientes de alimentos não-presas podem auxiliar na avaliação da importância da presença de fontes de polens nos sistemas de cultivos. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos das dietas com pólen de uma única espécie, testando polens de duas espécies de Fabaceae [*Canavalia ensiformis* (L.) DC e *Crotalaria juncea* L.] e três de Poaceae [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench e *Zea mays* L.] na biologia da larva de *C. externa*, suplementadas ou não com presa (ovos de *Ephestia kuehniella*), e determinar a contribuição do carbono dessas dietas para o desenvolvimento do primeiro instar. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo 12 tratamentos e cinco repetições por tratamento (cinco larvas por repetição), com parcelas perdidas. Os parâmetros biológicos das larvas (primeiro, segundo e terceiro instar) com os diferentes tratamentos foram avaliados e foi conduzida a análise isotópica do C¹³ das dietas (polens e presa) e dos adultos resultantes das larvas do primeiro instar alimentadas com essas dietas. As dietas com apenas polens de *P. glaucum* e *Z. mays* são adequadas para o crescimento e o desenvolvimento completo das larvas de *C. externa*. Conclui-se que os três instares de *C. externa* exibem hábito onívoro, mas nem todos os polens avaliados foram adequados para esse crisopídeo completar seu ciclo biológico, sendo que o carbono assimilado pelos adultos não é proveniente desses polens quando suas larvas se alimentam simultaneamente de ovos de *E. kuehniella*, mas sim desta presa.

Palavras-chave: Crisopídeo, performance larval, polinivoria, C¹³, análise isotópica.

ABSTRACT

The larvae of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) are carnivorous and generally prey on insects and mites of agricultural importance, and they can benefit from the consumption of Poaceae pollens. However, there are still doubts whether omnivory is occasional or habitual. Furthermore, the chemical composition of pollens varies between families, which may cause different effects on larval development. Thus, understanding the extent to which omnivorous predatory insect larvae assimilate nutrients from non-prey foods can help assess the importance of the presence of pollen sources in cropping systems. The present study aimed to evaluate the effects of diets with pollen from a single species, testing pollens from two species of Fabaceae [*Canavalia ensiformis* (L.) DC and *Crotalaria juncea* L.] and three of Poaceae [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., *Sorghum bicolor* L. Moench and *Zea mays* L.] on the biology of *C. externa* larvae, supplemented or not with prey (eggs of *Ephestia kuehniella*), and to determine the carbon contribution of these diets to the development of the first instar. The experiment was conducted in a completely randomized design, with 12 treatments and five replications per treatment (five larvae per replication), with lost plots. The biological parameters of the larvae (first, second and third instar) with the different treatments were evaluated and an isotopic analysis of the C¹³ of the diets (pollens and prey) and of the adults resulting from the first instar larvae fed on these diets was conducted. Diets with only *P. glaucum* and *Z. mays* pollens are adequate for full growth and development of *C. externa* larvae. It is concluded that the three instars of *C. externa* exhibit an omnivorous habit, but not all the evaluated pollens were suitable for this lacewing to complete its biological cycle, and the carbon assimilated by the adults does not come from these pollens when their larvae feed simultaneously on eggs of *E. kuehniella*, but of this prey.

Key words: Green lacewing, larval fitness, pollinivory, ¹³C, isotopic analysis.

1 INTRODUÇÃO

A incorporação de espécies de plantas atrativas aos insetos entomófagos no agroecossistema consiste em uma dessas práticas agrícolas reconhecida em auxiliar na conservação dos inimigos naturais das pragas, entre eles os insetos entomófagos (parasitoides e insetos predadores), aos quais podem ser inimigos naturais de pragas agrícolas (AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011; AGUIAR-MENEZES, 2017). Essas plantas fornecem recursos florais, como pólen (fonte de proteínas) e néctar (fonte de carboidratos), usados por determinadas fases de vida dos insetos entomófagos, influenciando positivamente a longevidade e a fecundidade desses insetos benéficos. Entretanto, a maioria dos estudos sobre essas plantas foi conduzida em países temperados ou regiões com condições edafoclimáticas distintas dos agroecossistemas brasileiros, tornando-se necessário a geração de conhecimento para consolidar o manejo de pragas através dessa estratégia no Brasil (BARBOSA et al., 2011; AGUIAR-MENEZES & SILVA, 2011).

No Brasil, a espécie *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é um dos predadores mais estudado no uso do controle biológico de pragas agrícolas (ALBUQUERQUE, 2009; AGUIAR-MENEZES et al., 2021; VENZON et al., 2021). Os adultos são considerados glicopolinívoros, usando como alimento os recursos como o pólen, néctar e honeydew, todavia, na fase imatura, suas larvas são predadoras vorazes de vários tipos de artrópodes de corpo mole e entre outros (ALBUQUERQUE et al., 1994; 2001; FREITAS, 2002; ALBUQUERQUE, 2009; DANTAS et al., 2021).

Atualmente, existem poucas evidências de que a larva de *C. externa* é capaz de se alimentar de pólen e dar continuidade no seu ciclo biológico. Mas ele pode ser um recurso de fundamental importância alimentar quando suas presas são escassas (OLIVEIRA et al., 2010). O pólen é considerado uma fonte rica em nitrogênio, sendo que todos os aminoácidos estão presentes em grandes concentrações, exceto fenilalanina e triptofano, mas outros nutrientes são encontrados, como açúcares simples, lipídios, minerais e vitaminas (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000; ORRE et al., 2007; LUNDGREN, 2009; WEINER et al., 2010; NICOLSON & HUMAN, 2013; CONTI et al., 2016). Contudo, os nutrientes dos polens podem variar entre as espécies e, assim, produzir efeitos diferenciados no desenvolvimento dos artrópodes (LUNDGREN, 2009; KHANAMANI et al., 2017).

Pilcher et al. (1997) estudaram em laboratório os efeitos no desenvolvimento de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), usando o pólen de milho transgênico (*Zea mays* L) e outro não transgênico como parte da dieta durante o ciclo de desenvolvimento desse predador, e observaram que não houve efeitos negativos no desenvolvimento e sobrevivência das larvas de *C. carnea* quando usados os polens dos tipos de milho. Meissle et al. (2014) observaram que o pólen de milho, transgênico ou convencional, não permitiu o desenvolvimento completo das larvas de *C. carnea*, mas 25% das larvas conseguiram alcançar o 3º instar.

Todavia, a extensão pela qual os nutrientes do pólen são assimilados por insetos predadores onívoros (ou seja, consomem alimentos de origem animal e origem vegetal) ainda é pouco conhecida. Usando a análise de isótopos estáveis, Patt et al. (2003) observaram que as larvas de *C. carnea* obtém entre 55-73% do carbono e 71-73% nitrogênio da presa (larvas de *Drosophila melanogaster* Meigen), enquanto apenas de 2-5% do carbono e 3-11% foram provenientes do pólen coletados por abelhas complementado com solução aquosa de sacarose. Nenhum resultado foi encontrado na literatura sobre a assimilação desses nutrientes de polens obtidos das flores das quais os crisopídeos podem acessar diretamente os grãos de pólen. Esse trabalho busca contribuir para suprir parte dessa lacuna, de modo a auxiliar na avaliação de fontes de polens que podem compor os sistemas produtivos para o desenvolvimento do controle biológico conservativo.

Os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos de dietas com polens de duas Fabaceae (*Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*) e três espécies de Poaceae (*Avena*

strigosa, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor* e *Zea mays*), suplementadas ou não com presa (ovos de *Ephestia kuehniella*), na sobrevivência, crescimento e desenvolvimento dos três instares de *C. externa*, e determinar a contribuição do carbono dessas dietas para o desenvolvimento do primeiro instar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Cultivo das Espécies Avaliadas e Obtenção de seus Polens

Cinco espécies de polens foram avaliadas, sendo duas de Fabaceae: *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e *Crotalaria juncea* L. (crotalária), e três de Poaceae: *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (milheto, cultivar BRS 1501), *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo “vassoura”) e *Zea mays* L. (milho variedade, cultivar BRS Caatingueiro). As sementes foram adquiridas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) (Seropédica, RJ) (NEVES et al., 2005), enquanto as sementes de milheto foram compradas na BR Seeds (Araçatuba, SP).

O cultivo das espécies foi feito na área experimental do Departamento de Entomologia e Fitopatologia (DEnF) do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS), no campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) ($22^{\circ}45'S$, $43^{\circ}41'W$; 33 metros de altitude), seguindo todas as recomendações técnicas de plantio adotadas pelo SIPA.

Botões florais em pré-antese das cinco espécies floríferas foram coletados à medida que estavam disponíveis na área de cultivo, de acordo com a fase de florescimento, sendo a coleta realizada a partir da primeira semana do surgimento dos primeiros botões de cada uma das espécies. Esses botões florais foram transportados para o Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), DEnF/ICBS/UFRRJ, e manuseados individualmente para retirada dos grãos de pólen.

As hastes com botões florais das Fabaceae foram depositadas, separadamente, em bancadas no CIMP. As hastes com os botões das Poaceae foram colocadas em uma garrafa de vidro de 500 mL contendo previamente água destilada e, em seguida, inclinadas de modo que os grãos de pólen caíssem e se depositassem dentro de uma bandeja plástica (60 cm x 30 cm) forrada com papel branco no fundo. Após 24 horas, os polens das Fabaceae foram retirados diretamente das anteras, com auxílio de pincel fino e peneirados para separar o pólen de outros materiais provenientes das flores. Os polens de Poaceae que se depositaram no papel foram também peneirados ao final desse tempo.

Os polens foram peneirados sobre papel branco, usando uma peneira granulométrica (0,180 mm de malha) para cada espécie de pólen para não ocorrer contaminação das amostras. Em seguida, eles foram despejados em frascos de vidro de 15 mL e vedados com batoque e tampa de rosca. As amostras dos polens foram armazenadas em freezer a $-20^{\circ}C$, seguindo metodologia usada por Michaud & Grant (2005).

2.2 Obtenção das larvas de *C. externa*

As larvas foram obtidas da colônia estoque do laboratório do Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), do Departamento de Entomologia e Fitopatologia (DEnF) do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS), no campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), mantida em condições ambientais controladas ($25 \pm 1^{\circ}C$, umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas), seguindo metodologia de criação de crisopídeos de Freitas (2001), com adaptações de Carvalho & Souza (2009) e Almeida (2016), sendo descrita com mais detalhes no Capítulo 1. Em síntese, gaiolas de PVC (23 cm de altura x 10 cm de diâmetro) foram usadas para a criação dos adultos (20 adultos por gaiola) (COSTA, 2002; PESSOA et al., 2003). Uma mistura homogênea e de consistência pastosa de levedo de cerveja (Arma Zen Produtos Naturais Ltda.[®], Rio de Janeiro, RJ) e mel de abelha europeia (origem: apiário do Sr. Gilberto Corte de Oliveira, Frutal, MG), na proporção de 1:1, foi usada como alimento dos adultos. As paredes internas das gaiolas foram revestidas com papel sulfite A4 75 g/m² para ser usado como substrato para oviposição. Após a eclosão, as larvas foram alimentadas com ovos de *Ephestia* (=*Anagasta*) *kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (PROMIPTM, Engenheiro

Coelho, SP) *ad libitum*, sendo trocados a cada 3 dias até transformarem em pupa. A colônia estoque foi mantida em sala com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas).

2.3 Bioensaio

O experimento foi conduzido na sala de criação de predadores do Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP) da UFRRJ, com condições ambientais controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo). O delineamento foi inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e cinco repetições por tratamento (cinco larvas por repetição), totalizando 25 larvas por tratamento. O experimento foi repetido três vezes, sendo um com larvas de 1º instar (bioensaio 1), outro com larvas de 2º instar (bioensaio 2) e um terceiro com larvas de 3º instar (bioensaio 3).

Avaliou-se cinco espécies de pólen: *Zea mays* – MO (milho, Poaceae), *Pennisetum glaucum* – MT (milheto, Poaceae), *Sorghum bicolor* – SO (sorgo, Poaceae), *Crotalaria juncea* – CR (crotalária, Fabaceae) e *Canavalia ensiformis* – FP (feijão-de-porco, Fabaceae). Os tratamentos corresponderam às cinco espécies de polens puros, cinco misturas de cada espécie de pólen com a presa (ovos de *E. kuehniella* – O): MO + O, MT + O, SO + O, CR + O e FP + O, e duas testemunhas: presa (controle positivo) e sem alimento (SA) (controle negativo). O tratamento controle negativo (SA) foi excluído da análise do bioensaio 1 porque o 1º instar não completou o seu desenvolvimento. Os tratamentos que foram perdidos devido à morte de todas as larvas, de acordo com o bioensaio, também foram excluídos da análise estatística.

A unidade experimental consistiu em cinco larvas (com até 24 h após a eclosão e em jejum), sendo uma larva acondicionada em uma placa de Petri de poliestireno com tampa (5 mm de altura x 50 mm de diâmetro) (Figura 1), devido elas terem hábito canibal (ALBUQUERQUE, 2009).

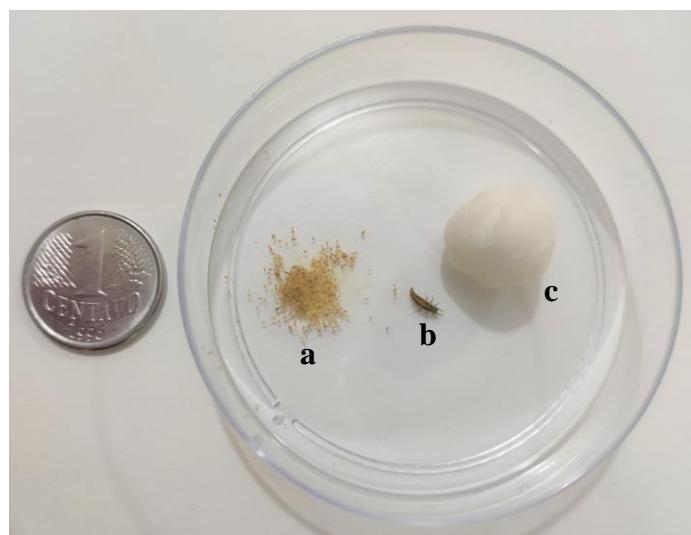


Figura 1. Placa de Petri com grãos de pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*) + presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) (a), uma larva de *Chrysoperla externa* (b) e chumaço de algodão umedecido (c) (Foto do autor).

Uma amostra de 2,0 mg de alimento foi colocada por placa de Petri com a larva. No caso dos tratamentos de polens com a presa, foi colocado 1,0 mg de cada item. A quantidade de alimento foi medida com balança analítica de precisão (marca Shimadzu®, modelo AUX320, São Paulo, SP). O alimento foi colocado no canto da placa de Petri e trocado a cada 24 horas. Simultaneamente, fez-se a troca das placas usadas para o desenvolvimento das

larvas por outra limpa. Os pólens testados estavam conservados em freezer, conforme descrito no Capítulo 1, e foram fornecidos às larvas de *C. externa* após descongelamento por 4 horas em geladeira. A água foi fornecida em um chumaço de algodão hidrófilo embebido em água destilada, sendo renovado a cada 24 horas.

2.4 Avaliação dos Parâmetros Biológicos das Larvas

As placas foram inspecionadas diariamente para coleta de dados referentes aos parâmetros biológicos das larvas, pupas e adultos obtidos. No primeiro bioensaio, as variáveis biológicas determinadas foram as seguintes: duração do 1º instar (DL1, em dia), duração do 2º instar (DL2, em dia), duração do 3º instar (DL3, em dia), duração do período de pupa (DP, em dia) e peso fresco do adulto – PA (adulto logo após sua emergência e com as asas estendidas, em mg). Para determinar esse último parâmetro, todos os adultos foram retirados das placas de Petri e individualizados em tubos de Eppendorf transparente de 2 mL, mortos por congelamento em freezer e, em seguida, determinado o peso corpóreo em balança analítica de precisão (marca Shimadzu®, modelo AUX320, São Paulo, SP). No segundo bioensaio, as seguintes variáveis foram determinadas: DL2, DL3, DP e PA, e no terceiro bioensaio, determinou-se DL3, DP e PA, todas obtidos da mesma forma que no bioensaio 1.

Nos três bioensaios, as viabilidades dos estágios imaturos (em porcentagem) foram também determinadas da mesma forma. Esse parâmetro correspondeu ao número de indivíduos que sobreviveram até o final de cada estágio em avaliação x número total de larvas de cada repetição ($n = 5$) e multiplicado por 100%. No bioensaio 1, determinou-se a VL1 (viabilidade do 1º instar), VL2 (viabilidade do 2º instar), VL3 (viabilidade do 3º instar) e VP (viabilidade da pupa). As seguintes variáveis foram também determinadas: VL2, VL3 e VP no bioensaio 2, e VL3 e VP no bioensaio 3.

2.5 Análises do Nitrogênio, Carbono e seu Isótopo C¹³ dos Adultos

O conteúdo de nitrogênio (N) total também foi determinado para avaliar a qualidade nutricional dos polens como fontes de proteínas. O conteúdo de carbono (C) total e a razão do isótopo estável do carbono 13 (δC^{13}) foram obtidos para cada item das dietas (grãos de pôlen das cinco espécies e ovos de *E. kuehniella*) e para os adultos obtidos do experimento 1 (bioensaio com 1º instar) porque possibilitou o crisopídeo completar seu ciclo biológico, visando avaliar a contribuição de cada alimento no desenvolvimento das larvas até obtenção dos adultos.

As análises foram conduzidas no Laboratório John Day da Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ), usando um analisador elementar (ECS 4010 CHNSO, Costech International Strumatzione, Florence, Itália) acoplado a espectrômetro de massa de razão isotópica (DELTA V, Thermo Scientific™, Bremen, Alemanha). As amostras foram secas a 60°C em estufa (Fanem®, São Paulo, SP, Brasil) por 48 horas, sendo obtidas uma amostra seca de 3 mg dos insetos (adultos) para cada tratamento, 3 mg da presa (ovos de *E. kuehniella*) e 2 mg de pôlen. Ao final de cada corrida das amostras, determinou-se o conteúdo de carbono total (%) e δC^{13} (‰). As razões isotópicas foram padronizadas usando o tampão isotônico TBS (Tris-Buffered Saline).

2.6 Análises Estatísticas

Todas as análises foram feitas usando o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019). Os dados dos parâmetros biológicos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e D'Agostino-Pearson para verificação da normalidade da variância dos erros, ao nível de 5% de probabilidade. O experimento da biologia da larva foi avaliado em DIC, com parcelas perdidas. Todos os dados desses parâmetros atenderam as pressuposições da ANOVA e,

assim, foram avaliados pelo teste F ($p < 0,05$). As médias das variáveis DL1, DL2, DL3 e DP foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$), enquanto as médias da variável PA foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). No bioensaio 1, as médias da variável VL1 foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e as médias das variáveis VL2, VL3 e VP pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). No bioensaio 2, as médias das variáveis DL2, DL3 foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$), as médias DP, PA pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e as médias das variáveis VL2, VL3 foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e as médias da variável VP pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). No bioensaio 3, as médias da variável DL3 foi comparada pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), as médias das variáveis DP, PA pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), as médias das variáveis VL3 e VP foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os dados de nitrogênio (N) e carbono (C) total dos polens foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, ao nível de 5% de probabilidade, para verificação da normalidade da variância dos erros, usando o programa SISVAR 5.6. Os dados atenderam as pressuposições da ANOVA, sendo avaliados pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS

3.1 Efeito dos polens no desenvolvimento dos imaturos de *C. externa*

No bioensaio 1, a dieta FP não possibilitou que o 1º instar completasse seu desenvolvimento (Tabela 1). Houve diferenças significativas entre as demais dietas em relação à duração de todos os estágios de desenvolvimento dos imaturos, ou seja, duração do 1º instar ($F = 15,763$, g.l. = 9, 32, $p = 0,0000$), duração do 2º instar ($F = 16,204$, g.l. = 9, 26, $p = 0,0000$), duração do 3º instar ($F = 2,228$, g.l. = 8, 23, $p = 0,0063$) e duração da fase de pupa ($F = 4,107$, g.l. = 7, 22, $p = 0,0050$).

Tabela 1. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de *Chrysoperla externa* e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 1º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	DL1 ^{2,3}	n1 ⁴	DL2 ^{2,3}	n2 ⁴	DL3 ^{2,3,4}	n3 ⁴	DP ^{2,3}	nP ⁴	PA ^{2,5}	nA ⁴
MO	6,8 ± 1,11c	6	6,0 ± 0,00b	1	3,0 ± 0,50a	2	10,0 ± 0,0a	2	5,5 ± 0,2a	2
MT	5,6 ± 0,42b	12	10,3 ± 1,44c	4	6,5 ± 2,77b	4	12,3 ± 1,9b	4	5,0 ± 0,0a	1
SO	6,2 ± 0,82c	21	6,6 ± 1,96b	11	5,3 ± 1,70b	7	*	0	-	-
CR	10,0 ± 1,0d	3	10,0 ± 0,0c	1	*	0	-	-	-	-
FP	*	0	-	-	-	-	-	-	-	-
MO + O	3,7 ± 0,20a	24	2,7 ± 0,24a	23	3,6 ± 0,11a	23	9,5 ± 0,09a	22	5,8 ± 0,2a	21
MT + O	3,8 ± 0,26a	19	2,8 ± 0,13a	20	3,2 ± 0,16a	19	9,7 ± 0,19a	17	6,2 ± 0,3a	17
SO + O	3,9 ± 0,15a	24	2,5 ± 0,23a	24	3,5 ± 0,19a	24	9,5 ± 0,19a	23	5,5 ± 0,1a	23
CR + O	3,7 ± 0,21a	24	2,7 ± 0,19a	24	3,6 ± 0,21a	24	9,3 ± 0,09a	23	5,3 ± 0,1a	23
FP + O	3,6 ± 0,19a	23	2,6 ± 0,27a	23	3,1 ± 0,26a	22	9,5 ± 0,15a	22	5,2 ± 0,2a	22
O	3,8 ± 0,19a	25	2,8 ± 0,12a	24	3,3 ± 0,04a	24	9,5 ± 0,15a	20	5,6 ± 0,1a	20
SA	*	0	-	-	-	-	-	-	-	-

¹MO = pólen de milho (*Zea mays*), MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Ephestia kuehniella*), SA = sem alimento (somente água). ²DL = Duração da fase de larva (L1 = 1º instar, L2 = 2º instar, L3 = 3º instar), DP = Duração da fase de pupa, PA = Peso fresco do adulto, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamentos excluídos das análises estatísticas). ³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (1 = 1º instar, 2 = 2º instar, 3 = 3º instar, P = pupa), nA = número total de adultos. ⁵Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A duração do 1º instar alimentado com dieta de MT diferiu estatisticamente daqueles que receberam apenas a presa (O) como dieta, que, por sua vez, não diferiu dos valores obtidos para esse instar alimentado com todas as misturas de polens com a presa (MO + O, MT + O, SO + O, CR + O e FP + O) (Tabela 1). A dieta CR foi a que significativamente mais alongou a duração do 1º instar, chegando a ser um pouco mais do que 2,6 vezes a duração desse instar alimentado com a presa. O 1º instar quando alimentado com a dieta CR conseguiu completar seu desenvolvimento até o 2º instar, sendo também mais longo que a duração observada para a presa.

As larvas alimentadas com apenas a presa e todas aquelas com a presa combinada com os cinco polens apresentaram estatisticamente o mesmo tempo de desenvolvimento nos três instares e na fase de pupa, diferindo dos polens sozinhos no 1º e 2º instares, do MT e SO no 3º instar e do MT na fase pupal. A dieta SO permitiu o desenvolvimento completo da fase larval, mas não houve desenvolvimento em pupa. Portanto, não se obteve adultos nesse tratamento. Os adultos apresentaram pesos corpóreos estatisticamente iguais nas dietas com polens MO e MT sozinhos, todas as misturas e apenas presa ($F = 2,057$, g.l. = 7, 20, $p = 0,0975$).

Em suma, as fases imaturas de *C. externa* completaram seu desenvolvimento quando as larvas no 1º instar se alimentaram de todas as misturas, cujas durações médias não diferiram significativamente entre si e geraram adultos com pesos corpóreos estatisticamente iguais, variando de 5,2 a 6,2 mg. As viabilidades médias dos imaturos foram superiores a

68%, alcançando 100% (presa como dieta), dependendo do estágio de desenvolvimento, sendo que os valores não diferiram significativamente entre si.

No bioensaio com o 2º instar, os períodos de desenvolvimento das larvas alimentadas com as dietas MO, MT, SO e CR não diferiram estatisticamente entre si, mas foram mais longos do que quando ofertado apenas FP, todas as misturas, somente a presa e sem alimento ($F = 2,468$, g.l. = 11, 44, $p = 0,0167$; Tabela 2). O 3º instar não se desenvolveu completamente quando alimentado com MT, SO e CR. Este instar levou significativamente mais tempo para se desenvolver quando alimentado com MO e FP, diferindo significativamente das demais dietas ($F = 47,213$, g.l. = 5, 20, $p = 0,0000$).

Tabela 2. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de *Chrysoperla externa* e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 2º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	DL2 ^{2,3}	n2 ⁴	DL3 ^{2,3}	n3 ⁴	DP ^{2,3}	nP ⁴	PA ^{2,5}	nA ⁴
MO	$3,9 \pm 0,54$ b	21	$6,8 \pm 0,10$ b	15	*	-	-	-
MT	$4,0 \pm 0,21$ b	25	*	0	-	-	-	-
SO	$3,8 \pm 0,29$ b	25	*	0	-	-	-	-
CR	$4,4 \pm 0,60$ b	22	*	0	-	-	-	-
FP	$3,2 \pm 0,09$ a	18	$7,2 \pm 0,00$ b	5	*	0	-	-
MO + O	$3,2 \pm 0,09$ a	25	$3,8 \pm 0,29$ a	25	$9,7 \pm 0,17$ a	25	$4,7 \pm 0,24$ a	25
MT + O	$3,3 \pm 0,10$ a	25	$3,4 \pm 0,21$ a	25	$9,7 \pm 0,12$ a	25	$5,0 \pm 0,13$ a	25
SO + O	$3,2 \pm 0,11$ a	25	$3,6 \pm 0,07$ a	25	$9,8 \pm 0,15$ a	23	$4,9 \pm 0,18$ a	23
CR + O	$3,2 \pm 0,12$ a	24	$3,6 \pm 0,14$ a	24	$9,6 \pm 0,25$ a	23	$5,0 \pm 0,29$ a	23
FP + O	$3,1 \pm 0,08$ a	25	$4,0 \pm 0,12$ a	24	$10 \pm 0,38$ a	23	$5,3 \pm 0,24$ a	23
O	$3,2 \pm 0,10$ a	24	$3,6 \pm 0,30$ a	24	$9,8 \pm 0,14$ a	23	$5,3 \pm 0,14$ a	23
SA	$3,1 \pm 0,10$ a	17	*	0	-	-	-	-

¹MO = pólen de milho (*Zea mays*), MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Ephestia kuehniella*), SA = sem alimento (somente água). ²DL = Duração da fase de larva (L2 = 2º instar, L3 = 3º instar), DP = Duração da fase de pupa, PA = Peso fresco do adulto, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamentos excluídos das análises estatísticas). ³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (2 = 2º instar, 3 = 3º instar, P = pupa), nA = número total de adultos. ⁵Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As dietas MO e FP não possibilitaram o desenvolvimento da pupa. As dietas de todos os polens com a presa resultaram em pupas que levaram o mesmo tempo de desenvolvimento, não diferindo estatisticamente entre si e da dieta com apenas a presa ($F = 0,509$, g.l. = 7, 23, $p = 0,7660$). Destas pupas emergiram adultos cujos pesos não diferiram significativamente entre si ($F = 1,710$, g.l. = 5, 20, $p = 0,1783$).

Em relação ao bioensaio 3, as larvas no 3º instar tiveram seu desenvolvimento completado com todas as dietas avaliadas, incluindo o tratamento em que não foi ofertado alimento. A duração deste estágio não diferiu significativamente entre as dietas ($F = 0,604$, g.l. = 11, 43, $p = 0,8151$; Tabela 3).

Houve um desenvolvimento mais lento das pupas resultantes do 3º instar que recebeu as dietas MO e FP, sendo que as durações diferiram estatisticamente das demais dietas ($F = 2,042$, g.l. = 10, 39, $p = 0,0538$). Todas as dietas possibilitaram a emergência de adultos, cujos pesos diferiram significativamente entre as dietas ($F = 6,585$, g.l. = 10, 39, $p = 0,0000$). Os adultos significativamente mais pesados foram provenientes das larvas no 3º instar que se alimentaram de todas as misturas ou com apenas a presa. A dieta FP resultou em adultos significativamente mais leves, diferindo das demais dietas.

Tabela 3. Duração do desenvolvimento (média ± erro padrão, em dias) dos imaturos de *Chrysoperla externa* e peso corpóreo dos seus adultos (média ± erro padrão, em mg) oriundos das larvas de 3º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	DL3 ^{2,3}	n3 ⁴	DP ^{2,3}	nP ⁴	PA ^{2,5}	nA ⁴
MO	$2,7 \pm 0,14$ a	22	$11,1 \pm 0,36$ b	22	$3,3 \pm 0,2$ b	20
MT	$2,5 \pm 0,19$ a	19	$10,8 \pm 0,14$ a	18	$3,2 \pm 0,50$ b	18
SO	$3,0 \pm 0,33$ a	21	$10,8 \pm 0,15$ a	20	$3,1 \pm 0,30$ b	19
CR	$2,7 \pm 0,38$ a	17	$11,3 \pm 0,27$ a	17	$3,1 \pm 0,34$ b	17
FP	$2,7 \pm 0,36$ a	19	$11,3 \pm 0,7$ b	17	$2,3 \pm 0,55$ c	17
MO + O	$3,0 \pm 0,29$ a	24	$10,5 \pm 0,11$ a	23	$4,1 \pm 0,17$ a	23
MT + O	$2,8 \pm 0,2$ a	25	$10,5 \pm 0,12$ a	25	$3,6 \pm 0,41$ a	25
SO + O	$2,8 \pm 0,1$ a	25	$10,6 \pm 0,23$ a	25	$4,0 \pm 0,35$ a	25
CR + O	$2,8 \pm 0,21$ a	25	$10,5 \pm 0,13$ a	23	$3,8 \pm 0,32$ a	23
FP + O	$3,2 \pm 0,19$ a	25	$10,4 \pm 0,16$ a	24	$4,2 \pm 0,25$ a	23
O	$2,4 \pm 0,11$ a	24	$10,7 \pm 0,12$ a	22	$4,3 \pm 0,44$ a	22
SA	$3,4 \pm 0,94$ a	18	*	-	-	-

¹MO = pólen de milho (*Zea mays*), MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Ephestia kuehniella*), SA = sem alimento (somente água).

²DL = Duração da fase de larva (L3 = 3º instar), DP = Duração da fase de pupa, PA = Peso fresco do adulto, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamento excluído da análise estatística).

³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (3 = 3º instar, P = pupa), nA = número total de adultos.

⁵Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.2 Efeito dos polens na viabilidade dos imaturos de *C. externa*

No bioensaio 1, as viabilidades dos 1º e 2º instares não diferiram entre si quando as larvas no 1º instar se alimentaram de todas as misturas, presa sozinha e SO, sendo os valores significativamente maiores aos obtidos com as demais dietas ($F = 25,597$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$ e $F = 22,299$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$, respectivamente) (Tabela 4). Os menores valores da viabilidade destes instares foram observados para as larvas que se alimentaram de MO e CR, sendo que a viabilidade do 2º instar não diferiu daquela obtida quando elas se alimentaram de MT. Os valores da viabilidade do 3º instar e da pupa foram significativamente maiores para todas as misturas e a dieta com apenas a presa do que aqueles obtidos para as demais dietas ($F = 25,234$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$ e $F = 27,950$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$, respectivamente).

Quando o bioensaio foi conduzido com larvas de 2º instar (bioensaio 2), as viabilidades médias das larvas foram iguais quando se ofertou as misturas e a dieta com apenas a presa, não diferindo estatisticamente dos valores observados para MT, SO e CR ($F = 2,035$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0539$; Tabela 5). Este instar apresentou significativamente menor viabilidade com MO, FP e SA. Todavia, as únicas dietas com apenas uma espécie de pólen que possibilitou que esse instar conseguisse passar para o 3º instar e se desenvolver completamente foram as dietas de MO e FP ($F = 30,102$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$). As viabilidades médias desse instar com estas dietas diferiram entre si e foram significativamente inferiores àquelas obtidas para as demais dietas. As pupas só conseguiram se desenvolver nas dietas referentes às misturas e à presa, sendo que as suas viabilidades médias não diferiram entre si, sendo acima de 90% ($F = 295,825$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0000$).

Tabela 4. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de *Chrysoperla externa* oriundos das larvas de 1º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Epehestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	VL1 ^{2,3} (%)	n1 ⁴	VL2 ^{2,5} (%)	n2 ⁴	VL3 ^{2,5} (%)	n3 ⁴	VP ^{2,5} (%)	nP ⁴
MO	$24,0 \pm 9,80$ c	6	$8,0 \pm 8,00$ c	2	$8,0 \pm 8,00$ b	2	$8,0 \pm 8,00$ b	2
MT	$48,0 \pm 12,00$ b	12	$20,0 \pm 6,32$ bc	5	$16,0 \pm 7,48$ b	4	$16,0 \pm 7,48$ b	4
SO	$84,0 \pm 7,48$ a	21	$60,0 \pm 20,98$ ab	15	$28,0 \pm 19,60$ b	7	*	0
CR	$12,0 \pm 8,00$ c	3	$4,0 \pm 4,00$ c	1	*	0	-	-
FP	*	0	-	-	-	-	-	-
MO + O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23	$92,0 \pm 4,90$ a	23	$88,0 \pm 8,00$ a	22
MT + O	$76,0 \pm 11,66$ a	19	$80,0 \pm 12,65$ a	20	$76,0 \pm 11,66$ a	19	$68,0 \pm 16,25$ a	17
SO + O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23
CR + O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23
FP + O	$92,0 \pm 8,00$ a	23	$92,0 \pm 8,00$ a	23	$88,0 \pm 12,00$ a	22	$88,0 \pm 12,00$ a	22
O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$80,0 \pm 6,32$ a	20
SA	*	0	-	-	-	-	-	-

¹MO = pólen de milho (*Zea mays*), MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Epehestia kuehniella*), SA = sem alimento (somente água).

²VL = Duração da fase de larva (L1 = 1º instar, L2 = 2º instar, L3 = 3º instar), VP = Duração da fase de pupa, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamentos excluídos das análises estatísticas).

³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (1 = 1º instar, 2 = 2º instar, 3 = 3º instar, P = pupa).

⁵Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 5. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de *Chrysoperla externa* oriundos das larvas de 2º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Epehestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	VL2 ^{2,3} (%)	n2 ⁴	VL3 ^{2,3} (%)	n3 ⁴	VP ^{2,5} (%)	nP ⁴
MO	$84,0 \pm 16,0$ b	21	$60,0 \pm 18,97$ b	15	*	0
MT	$100,0 \pm 0,00$ a	25	*	0	-	-
SO	$100,0 \pm 0,00$ a	25	*	0	-	-
CR	$88,0 \pm 4,90$ a	22	*	0	-	-
FP	$72,0 \pm 12,00$ b	18	$20,0 \pm 20,00$ c	5	*	0
MO + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25
MT + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25
SO + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$92,0 \pm 4,90$ a	23
CR + O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23
FP + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23
O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$92,0 \pm 4,90$ a	23
SA	$68,0 \pm 8,00$ b	17	*	-	-	-

¹MO = pólen de milho (*Zea mays*), MT = pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Epehestia kuehniella*), SA = sem alimento (somente água).

²VL = Duração da fase de larva (L2 = 2º instar, L3 = 3º instar), VP = Duração da fase de pupa, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamentos excluídos das análises estatísticas).

³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (2 = 2º instar, 3 = 3º instar, P = pupa).

⁵Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No bioensaio com o 3º instar (bioensaio 3), os valores da viabilidade média desse estágio e da pupa não diferiram significativamente entre si para todas as dietas de polens misturados com a presa, a dieta só com a presa e a dieta MO ($F = 0,604$, g.l. = 11, 43, $p = 0,8151$ e $F = 1,968$, g.l. = 10, 40, $p = 0,0637$; Tabela 6). Estes valores foram significativamente maiores do que àqueles obtidos para as demais dietas, as quais não difeririam entre si.

Tabela 6. Viabilidade (média ± erro padrão, em porcentagem) dos imaturos de *Chrysoperla externa* oriundos das larvas de 3º instar alimentadas com diferentes dietas polínicas, com ou sem presa (ovos de *Ephestia kuehniella*) em laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12h de fotoperíodo).

Dieta ¹	VL ^{2,3} (%)	n ₃ ⁴	VP ^{2,3} (%)	n _P ⁴
MO	$88,0 \pm 4,90$ a	22	$88,0 \pm 4,90$ a	22
MT	$76,0 \pm 19,39$ b	19	$72,0 \pm 19,60$ b	18
SO	$84,0 \pm 7,48$ b	21	$80,0 \pm 8,94$ b	20
CR	$68,0 \pm 13,56$ b	17	$68,0 \pm 13,56$ b	17
FP	$76,0 \pm 14,70$ b	19	$68,0 \pm 13,56$ b	17
MO + O	$96,0 \pm 4,00$ a	24	$96,0 \pm 4,00$ a	24
MT + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25
SO + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$100,0 \pm 0,00$ a	25
CR + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$92,0 \pm 4,90$ a	23
FP + O	$100,0 \pm 0,00$ a	25	$96,0 \pm 4,00$ a	24
O	$100,0 \pm 0,00$ a	24	$88,0 \pm 4,90$ a	22
SA	$72,0 \pm 17,44$ b	18	*	-

¹MO = pôlen de milho (*Zea mays*), MT = pôlen de milheto (*Pennisetum glaucum*), SO = pôlen de sorgo (*Sorghum bicolor*), CR = pôlen de crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = pôlen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), O = ovos da presa (*Ephestia kuehniella*), SA = Sem alimento, * imaturo morto antes das 24 horas da avaliação (tratamento excluído da análise estatística).

²VL = Duração da fase de larva (L3 = 3º instar), VP = Duração da fase de pupa.

³Valores seguidos de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

⁴n = número total de imaturos que completou o estágio (3 = 3º instar, P = pupa).

3.3 Análise do Isótopo C¹³ dos Alimentos e Adultos de *C. externa*

A presa (ovos de *E. kuehniella*) apresentaram maior conteúdo médio de nitrogênio, diferindo significativamente dos valores médios obtidos para as duas espécies de polens de Fabaceae e as três espécies de polens de Poaceae. Os polens de CR e MO apresentaram significativamente o maior e o menor conteúdo médio de nitrogênio, respectivamente, em relação aos demais polens ($F = 528,983$, g.l. = 5, 10, $p = 0,0000$; Tabela 7).

O maior conteúdo médio de carbono foi verificado para a presa, não diferindo significativamente do valor médio obtido para o pôlen de FP ($F = 8,403$, g.l. = 5, 10, $p = 0,0024$; Tabela 7). As demais espécies de polens apresentaram estatisticamente o mesmo conteúdo médio de carbono, não diferindo entre si.

Os valores de δC¹³ (%) da presa e dos polens de CR e FP ficaram abaixo de -20,00, enquanto os valores desse isótopo variaram entre -9,00 e -10,00 para os polens das três gramíneas (Tabela 7).

Tabela 7. Conteúdos de nitrogênio (N) total, carbono (C) total (média ± erro padrão) das dietas oferecidas ao 1º instar de *Chrysoperla externa* e seus valores isotópicos de C¹³.

Dieta ¹	N (%) ²	C (%) ²	δC ¹³ (%)
Pólen de CR	8,7 ± 0,10 b	46,7 ± 0,74 b	-26,54
Pólen de FP	6,4 ± 0,13 c	51,3 ± 0,96 a	-27,23
Pólen de MO	3,4 ± 0,04 e	47,1 ± 0,52 b	-9,87
Pólen de MT	3,9 ± 0,03 d	46,9 ± 0,65 b	-9,86
Pólen de SO	4,2 ± 0,22 d	45,8 ± 1,88 b	-9,69
Presa	9,8 ± 0,04 a	52,7 ± 0,44 a	-24,25

¹Fabaceae: CR = crotalária (*Crotalaria juncea*), FP = feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), Poaceae: MT = milheto (*Pennisetum glaucum*), MO = milho (*Zea mays*), SO = sorgo (*Sorghum bicolor*), Presa = ovos de *Epehestia kuhniella*.

²Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$) (média de três amostras).

Os valores de δC¹³ (%) dos adultos provenientes das larvas no 1º instar que se alimentam das misturas de MO + O, FP + O e SO + O foram próximos do valor obtido para os adultos obtidos na dieta com a presa sozinha. Estes valores foram intermediários entre àqueles adultos oriundos do 1º instar que recebeu polens de MT e CR misturados, cada um, com a presa (Figura 2).

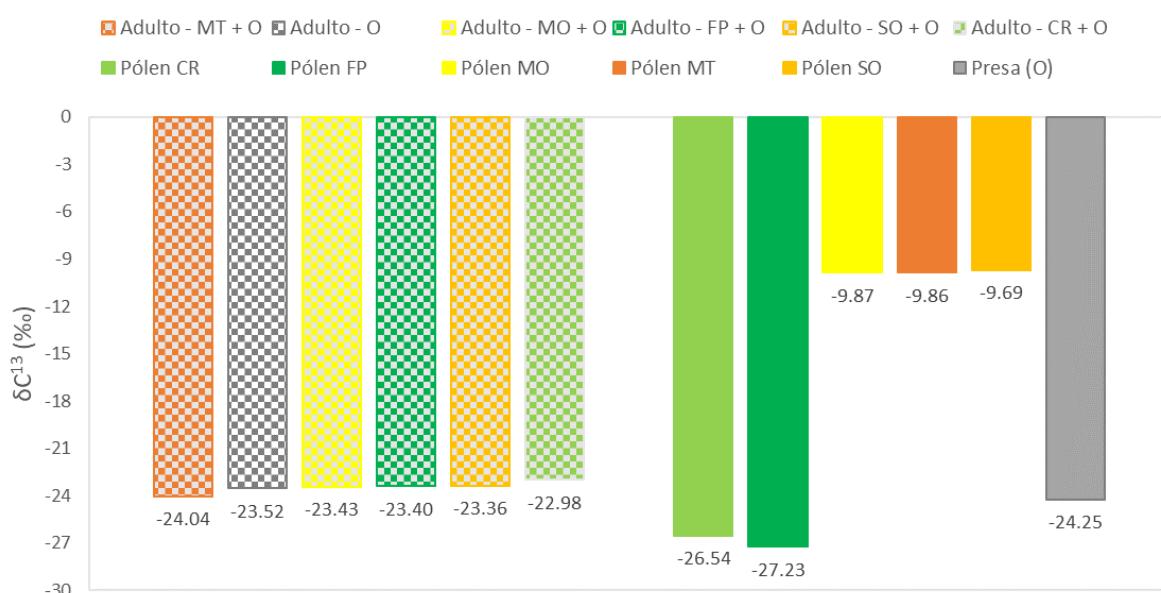


Figura 2. Valores do isótopo estável Carbono¹³ [δC¹³ (%)] dos adultos de *Chrysoperla externa* oriundos das larvas no 1º instar alimentadas com apenas presa (ovos de *Epehestia kuhniella*) (O), pólen de milheto (*Pennisetum glaucum*) misturado com a presa (MT + O), pólen de milho (*Zea mays*) misturado com a presa (MO + O), pólen de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) misturado com a presa (FP + O), pólen de sorgo (*Sorghum bicolor*) misturado com a presa (SO + O) e pólen de crotalária (*Crotalaria juncea*) misturado com a presa (CR + O).

4 DISCUSSÃO

Os valores de duração média e da viabilidade média dos estágios imaturos oriundos dos três instares alimentados com a presa corroboram os resultados de estudos prévios (MACEDO et al., 2003; DE BORTOLI et al., 2006; TAVARES et al., 2011; MORANDO et al., 2014), assegurando a qualidade da testemunha (controle positivo).

Como esperado, o 1º instar de *C. externa* foi incapaz de se manter vivo na ausência de alimento (controle negativo), indicando não possuir reserva metabólica suficiente para permitir seu desenvolvimento e crescimento. O contrário ocorreu com as larvas no 2º instar (oriundas do 1º instar alimentado com presa – bioensaio 2) e no 3º instar (oriundas do 1º e 2º instares alimentados com presa – bioensaio 3), visto que elas conseguiram completar seu desenvolvimento sem alimento, mas as viabilidades médias foram significativamente inferiores (68,0% e 72,0%, respectivamente) às obtidas com a presa (96,0% e 100,0%, respectivamente).

A falta de alimento no 2º e 3º instar levou à morte dos indivíduos nos estágios subsequentes (i.e., 3º e pupa, respectivamente), indicando ser uma condição de estresse para as larvas. Larvas de *C. carnea* parece suportar um pouco mais a ausência de alimento, pois os resultados de Meissle et al. (2014) mostraram que 3,5% das larvas sobreviveram na ausência de alimento, correspondendo a 3 larvas no 2º instar de um total de 87 usadas no início do experimento, levando 10,0 dias, em média, para atingir a fase de pupa.

Segundo Meissle et al. (2014), o estágio no qual o pólen de milho foi ofertado às larvas de *C. carnea* afetou significativamente o tempo de desenvolvimento total e a mortalidade das larvas. No presente estudo, no geral, o 1º instar de *C. externa* foi parcialmente afetado de modo negativo pela alimentação com polens sozinhos, visto que os polens de MO e MT proporcionaram a conclusão do ciclo biológico desse crisopídeo, porém levando mais tempo (25,8 dias e 34,7, em média, respectivamente) para concluir-lo do que quando as larvas no 1º instar que se alimentam da presa (19,4 dias, em média).

O 2º instar se mostrou plenamente mais sensível à mudança das dietas, ao seja, 1º instar alimentado com presa (ovos de *E. kuehniella*) e o 2º instar com os pólens sozinhos, visto que as larvas não se desenvolveram até a fase de adulto em nenhuma dessas dietas monopolínicas. Por fim, o 3º instar não foi tão afetado por essa mudança de dietas, visto que embora os dois primeiros instares tenham se alimentado da presa, a mudança para a dieta com polens sozinhos no 3º instar não impediu que o crescimento e o desenvolvimento se completassem até adulto, com os indivíduos do 3º instar se desenvolvendo no mesmo tempo que aqueles que se alimentaram da presa. Contudo, a duração da fase de pupa foi significativamente maior quando eles se alimentaram de polens de MO e FP. A alimentação com esse último pôlen gerou adultos mais leves do que àqueles obtidos com a presa.

No bioensaio 1, observou-se que o 1º instar foi incapaz de completar seu desenvolvimento com a oferta de apenas pôlen de FP, visto que todos os indivíduos morreram antes de completar esse estágio, indicando não ser adequado para o crescimento de *C. externa*. Todavia, o desenvolvimento completo ocorreu quando esse pôlen foi ofertado junto com a presa (ovos de *E. kuehniella*). Como o pôlen de FP foi o terceiro mais rico em N e tão rico em C em comparação à presa (ovos de *E. kuehniella*), é possível que outros nutrientes importantes estejam ausentes ou em baixas quantidades nos grãos de pôlen de FP, não atendendo os requerimentos nutricionais do 1º instar, ou mesmos eles podem ser difíceis de serem digeridos por este instar. Dessa forma, estudos que avaliem a capacidade de digestão e assimilação do pôlen pelas larvas de *C. externa* poderiam auxiliar nesse entendimento. Conforme salientado por Patt et al. (2003), estudos futuros são necessários para elucidar o quão bem as larvas carnívoras de insetos onívoros, como *C. carnea*, podem digerir pôlen.

O pôlen de CR sozinho possibilitou com que apenas três larvas do 1º instar completem seu desenvolvimento (média de 12% de viabilidade), mas apenas uma foi capaz de completá-lo só até o 2º instar (média de apenas 4% de viabilidade). Pôlen de CR foi o

segundo mais rico em N (8,74%), perdendo apenas para a presa, a qual apresentou estatisticamente o maior conteúdo desse elemento (9,83%) e maior conteúdo de C (52,7%), que diferiu significativamente daquele apresentado pelo pólen de CR (46,7%). Dessa forma, N e C parecem não ser o motivo pelo mal desenvolvimento apresentado pelo 1º instar na presença de apenas pólen de CR.

Ademais, o maior conteúdo de N dos polens das leguminosas em relação às gramíneas parece que não os tornam mais fáceis de serem digeridos pelas larvas de *C. externa*, como pode ocorrer com os adultos desse gênero (GONZÁLEZ et al., 2022). Todavia, o pólen não é apenas fonte de macronutrientes (e.g., N e C), sendo constituído também por nutrientes minerais (saís inorgânicos), vitaminas, ou esteróis (NIELSEN et al., 1955; ROULSTON et al., 2000; ALBUQUERQUE, 2009; NICOLSON & HUMAN, 2013), os quais mesmo que ativos em baixas concentrações, são importantes processos metabólicos e manutenção da digestão do alimento (WALDBAUER & FRIEDMAN, 1991; PATT et al., 2003).

Meissle et al. (2014) citaram que estudo preliminares por eles realizados mostraram que o tamanho das mandíbulas da larva de *C. carnea* e o tamanho dos grãos de pólen podem interferir na habilidade da larva no manuseio desses grãos para sua alimentação, mas não detalhou como ocorre a relação entre essas características. Os grãos de pólen de FP foram classificados como de tamanho médio (20 – 50 µm) por Rodrigues & Torne (1991), enquanto os grãos de pólen de CR foram considerados pequenos (8-13 x 17-23 µm) por Lin & Huang (1999). Grãos de pólen menores devem ser mais fáceis de serem manipulados pelas mandíbulas das larvas de 1º instar de *C. externa*, o que pode ter favorecido a alimentação desse instar com pólen de CR, resultando em melhor desempenho das larvas em relação àquelas alimentadas com FP. Entretanto, esta hipótese ainda precisa ser testada.

As larvas no 1º instar conseguiram completar seu desenvolvimento até o 3º instar alimentando-se dos polens das três Poaceae sozinhos (MO, MT e SO), porém as viabilidades médias foram muito baixas para os três instares, com exceção do pólen de SO (84,4% e 60,0% para o 1º e 2º instar, respectivamente) (Tabela 4). Os polens dessas gramíneas foram os mais pobres em N quando comparado aos polens das duas leguminosas e à presa e apresentaram menores conteúdos médios de C do que a presa, podendo representar alimentos de qualidade nutricional inferior. Todavia, a tirosina está presente no pólen de milho, geralmente em baixos níveis (VINSON, 1927), mas é um aminoácido importante no processo da ecdise em artrópodes (LUNDGREN, 2009). O pólen de milho contém também o 24-metileno-colesterol como esterol principal (59,0% – 64,5% dos esteróis isolados) (GOSS, 1968; STANDIFER et al., 1968; LUNDGREN & WIEDENMANN, 2004). Os esteróis são também importantes para a síntese de hormônios necessários para a ecdise e outras funções fisiológicas (CHAPMAN, 1971). A presença dessas substâncias no pólen de milho poderia explicar o motivo pelo qual os imaturos de *C. externa* se desenvolveram completamente a partir do 1º instar consumindo apenas pólen dessa gramínea. Nenhuma informação sobre esses compostos químicos foi encontrada para o pólen de FP.

No presente estudo, apesar do pólen de MT ter possibilitado a conclusão do ciclo biológico de *C. externa* a partir do 1º instar, as viabilidades médias dos três instares de *C. externa* foram relativamente inferiores (48,8%, 20,0%, 16,0% e 16,0%, respectivamente) aos valores obtidos por Oliveira et al. (2010), usando pólen de outra espécie de *Pennisetum* Rich. Esses autores observaram completo desenvolvimento das fases imaturas de *C. externa* quando as larvas se alimentaram de pólen de capim-elefante [*P. purpureum* (Schum), capim-elefante], com 83,3%, 86,5%, 91,3% e 33,3% de viabilidades médias para os 1º, 2º, 3º instares e as pupas, respectivamente.

Em comparação à presa, a dieta de pólen de MO levou a um desenvolvimento significativamente mais lento do 1º e 2º instar e o 3º instar e a pupa apresentaram os mesmos valores de duração média. Todavia, as viabilidades médias dos imaturos foram muito baixas, sendo média de 24,0% para o 1º instar (6 larvas) e apenas duas larvas de 2º instar (8,0%, em média) que conseguiram crescer e se desenvolver até a fase de adulto (n = 2). Resultados

similares foram obtidos por Meissle et al. (2014), os quais observaram que as larvas de *C. carnea* no 1º e 2º instares alimentadas com pólen de MO (variedades para consumo humano e convencional) levaram mais tempo para se desenvolverem (ao redor de 6 dias e 7,5 dias, em média, respectivamente) do que quando receberam ovos de *E. kuehniella* como alimento (ao redor de 3,8 dias e 2,6 dias, em média, respectivamente). No presente estudo, pupas não se desenvolveram quando a dieta foi apenas pólen de SO.

Avaliando o δC^{13} das dietas em comparação aos dos adultos oriundos do 1º instar (Figura 2), a proximidade dos valores deste isótopo da presa (-24,25‰) daquele obtido para os adultos provenientes das larvas criadas com presa (-23,52‰) confirmou que o carbono deriva de alimentação da presa. Com relação aos adultos oriundos das larvas no 1º instar alimentadas com misturas da presa com os polens de MO, MT e SO (-23,43‰, -24,04‰ e -23,36‰) sugerem que a maioria do carbono dos adultos provém da alimentação das larvas da presa, visto que os valores de δC^{13} dos polens MO, MT e SO foram bem mais baixos (-9,87‰, -9,86‰ e -9,69‰, respectivamente). Quanto aos valores de δC^{13} dos polens de CR (-26,54‰) e FP (-27,23‰), eles são relativamente superiores que ao da presa, sugerindo que pelo menos parte do carbono dos adultos podem provir desses polens. Todavia, quando esses polens foram ofertados separadamente da presa, o 1º não conseguiu se desenvolver com pólen de FP, enquanto o pólen de CR só possibilitou o desenvolvimento dos dois primeiros instares, apesar de serem ricos em N em comparação à presa e aos polens de gramíneas. De acordo com Patt et al. (2003), a metamorfose pode influenciar o metabolismo do carbono e nitrogênio dentro da pupa, de modo que podem ocorrer diferenças isotópicas entre a larva, a pupa e o adulto recém-emergido, devendo ser avaliados separadamente para determinar a contribuição de diferentes dietas para o crescimento e o desenvolvimento de cada estágio. No presente estudo, avaliou-se isotopicamente apenas os adultos. Contudo, os resultados obtidos sugerem que a presa se mostra mais importante como fonte de carbono para as larvas carnívoras de *C. externa* do que um alimento não-presa (e.g., pólen).

Os resultados do bioensaio 2, que usou larvas no 2º instar cujo instar anterior se alimentou da presa (ovos de *E. kuehniella*), mostraram que as dietas de pólen das cinco espécies de gramíneas sozinhos (MO, MT e SO) e das duas leguminosas (CR e FP) proporcionaram o desenvolvimento completo do 2º instar, mas levando significativamente mais tempo para se desenvolverem do que quando alimentadas com a presa, com exceção da dieta FP, que se igualou à presa. Todavia, a viabilidade média deste instar com FP foi inferior quando a dieta foi a presa (96,0%, em média), que, por sua vez, não se diferiu das dietas de polens de MT, SO e CR (100,0% para as duas primeiras e 88,0% para a terceira).

No bioensaio 2, apenas as dietas MO e FP possibilitaram o desenvolvimento completo do 3º instar, mas cujas durações foram significantemente maiores do que quando se ofertou a presa, assim como as viabilidades médias deste instar foram estatisticamente menores (60% e 20%, respectivamente, contra 96% com a presa). Nenhuma pupa foi obtida com as dietas de polens sozinhos, indicando não serem suficientes para provir os nutrientes necessários para o crescimento e o desenvolvimento dos imaturos de *C. externa*. Contrariamente, todas as misturas permitiram que *C. externa* completasse seu desenvolvimento a partir do 2º instar, com a emergência de adultos com os mesmos pesos corpóreos que aqueles provenientes do tratamento só com a presa. As viabilidades médias dos imaturos com essas dietas foram superiores a 90%, não diferindo dos valores obtidos quando se ofertou apenas a presa.

No bioensaio 3, que usou larvas no 3º instar cujos instares anteriores se alimentaram da presa, os resultados mostraram que todas as dietas proporcionaram o desenvolvimento completo do 3º instar, com as durações médias estatisticamente iguais entre si, embora as viabilidades médias deste instar foram significantivamente inferiores quando as dietas foram de pólen de MT, SO, CR e FP, variando de 68,0% (com CR) a 84,0% (com SO). A presa sozinha ou misturada com os cinco polens proporcionaram 100% de viabilidade do 3º instar, exceto as dietas MO (88,0%, em média) e MO + O (96,0%, em média), mas não diferiram estatisticamente entre si. As pupas obtidas nos tratamentos MO e FP demoraram mais tempo

para completar essa fase, diferindo significativamente das demais dietas, as quais não diferiram entre si. O pôlen de MO foi significativamente mais pobre em N e com menor conteúdo de C em relação à presa, o que pode ter refletivo negativamente na duração da fase de pupa, mas a viabilidade média dessa fase não diferiu significativamente da obtida com a presa (88%, em média).

O tratamento MO referente ao bioensaio 3 do presente estudo tem a mesma estrutura do tratamento “pollen feeding L3” avaliado por Meissle et al. (2014) para *C. carnea*, ou seja, oferta de ovos de *E. kuehniella* no 1º e 2º instar e pôlen de milho no 3º instar. Comparando os resultados dos dois estudos, as larvas da espécie neotropical *C. externa* desenvolveram-se mais rápido (9,4 dias, em média) do que as larvas da espécie holártica *C. carnea* (11,4 dias, em média), com 98,7% e 76,0% de viabilidade dessa fase, respectivamente, sugerindo que *C. externa* tem uma melhor habilidade metabólica para digerir pôlen de milho. Dessa forma, diferenças interespecíficas dentro do gênero *Chrysoperla* possivelmente explicam, pelo menos em parte, as diferenças entre os resultados. Todavia, estudos futuros são necessários para testar essa hipótese. Ademais, as variedades de milho utilizadas em ambos os estudos são diferentes, o que também poderia explicar tais diferenças, pois conteúdos de nutrientes podem variar entre variedades e híbridos de milho, incluindo se os polens são frescos ou congelados e o tempo de armazenamento do pôlen, que pode alterar o perfil de aminoácidos (PFAHLER & LINSKENS, 1974; LUNDGREN & WIEDENMANN, 2004; BUJANG et al., 2021).

Os resultados do bioensaio 3 demonstraram ainda que todas as misturas proporcionaram ao 3º instar complementar seu desenvolvimento até adulto, com duração dos estágios imaturos iguais estatisticamente àqueles da presa. Essas dietas também possibilitam a emergência de adultos com os mesmos pesos corpóreos que aqueles provenientes do tratamento só com a presa, não diferindo estatisticamente entre si. De acordo com Hagen (1976), a qualidade do alimento ingerido pelas larvas tende afetar a reprodução dos adultos dos crisopídeos, mas esse parâmetro não foi avaliado no presente estudo.

Em suma, os resultados obtidos indicam que os polens de MO e MT foram um alimento adequado para as larva de *C. externa* completarem seu desenvolvimento até adulto, mas não se mostraram ser um alimento essencial ou ideal, visto que causaram um prolongamento da duração das fases imaturas e provocaram altas taxas de mortalidade dos imaturos (acima de 50%) em relação à presa (ovos de *E. kuehniella*) em condições de laboratório. Todavia, a importância do pôlen como alimento para as larvas desse crisopídeo em condições de campo ainda permanece para ser investigada. As observações do comportamento alimentar das larvas de *C. externa* no campo pode ajudar a dimensionar se a onivoria é um hábito comum na vida delas, ou se ocorre eventualmente, particularmente na ausência de presa ou na presença de presa de baixa qualidade nutricional, conforme ponderado por Albuquerque (2009).

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos três bioensaios permitem chegar as seguintes conclusões:

1) As larvas de *Chrysoperla externa* apresenta hábito onívoro, ou seja, além da presa, podem se alimentar de polens de Fabaceae (feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis*, e crotalária, *Crotalaria juncea*) e Poaceae [milheto, *Pennisetum glaucum* (cultivar BRS 1501), sorgo “vassoura”, *Sorghum bicolor*, e milho, *Zea mays* (cultivar BRS Caatingueiro)], sendo que a adequabilidade desses polens como alimento varia com o instar.

2) Larvas de *Chrysoperla externa* cresce e completa seu desenvolvimento quando se alimentam com apenas polens de *P. glaucum* e *Z. mays*, na ausência da presa (ovos de *Ephestia kuehniella*), a partir do 1º instar, mas as pupas resultantes são de baixa viabilidade, com menos de 16% de emergência dos adultos.

3) Os polens das duas espécies de Fabaceae (*C. ensiformis* e *C. juncea*) e das três espécies de Poaceae (*P. glaucum*, *S. bicolor* e *Z. mays*) avaliadas não constituem fonte de carbono para o desenvolvimento das larvas no 1º instar quando misturados com a presa (ovos de *E. kuehniella*), a qual é a provedora desse elemento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AGUIAR-MENEZES, E. L.; FERNANDES, V. J.; SOUZA, T. S. Plantas como fonte de polens para uso no controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; NEVES, W. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Org.). **Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade?** 1ed. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2021, p. 79-87.
- AGUIAR-MENEZES, E. L. Manejo fitossanitário em sistemas orgânicos de produção no Brasil. In: NICOLI, C. F.; MONHOL, C.; MARQUES JUNIOR, E.; FALQUETO, H. Z.; SARTORI, I. F.; GARCIA, I. R. (orgs.). **Agronomia: colhendo as safras do conhecimento.** Alegre: UFES, CAUFES, 2017. p. 63-92. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/seagro/issue/view/845>>. Acesso em: 29 dez. 2020.
- AGUIAR-MENEZES, E. L.; SILVA, A. C. **Plantas atrativas para inimigos naturais e sua contribuição para o controle biológico de pragas agrícolas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 60p. (Série Documentos, 283p).
- ALBUQUERQUE, G. S. 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 Informação Tecnológica, 2009. p. 969-1022.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history in central and South America. **Biological Control**, v. 4, n. 1, , p. 8-13, 1994.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: McEwen, P; New, T. R.; Whittington, A. E. (eds). **Lacewings in the crop environment.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p 408-423.
- ALMEIDA, D. P. **Descrição da metodologia de criação de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) no Centro Integrado de Manejo de Pragas (CIMP), UFRRJ.** 2016. 28f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- BARBOSA, F. S.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; ARRUDA, L. N.; SANTOS, C. L. R.; PEREIRA, M. B. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.2, p. 101-110, 2011. <https://core.ac.uk/download/pdf/16386247.pdf>
- CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: BUENO, V. H. P. (ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade.** 2.ed. Lavras: Editora da UFLA, 2009. p. 77-115.
- CHAPMAN, R. F. **The insects, structure and function.** New York: Elsevier, 1971. 819 p.
- CONTI, I.; MEDRZYCKI, P.; ARGENTI, C.; MELONI, M.; VECCHIONE, V.; BOI, M.; MARIOTTI, M. G. Sugar and protein content in different monofloral pollens - building a database. **Bulletin of Insectology**, v. 69, n .2, p.318-320, 2016.

COSTA, R. I F. **Estudos de densidade de ovos e de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) visando adequação na criação de laboratório.** 60f. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DANTAS, P. C.; SERRÃO, J. E.; SANTOS, H. C. P.; CARVALHO, G. A. Anatomy and histology of the alimentary canal of larvae and adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 60, p. 1-7, 2021.

DE BORTOLI, S. A.; CAETANO, A. C.; MURATA, A. T.; OLIVEIRA, J. E. M. Desenvolvimento e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 145-152, 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FREITAS, S. **Criação de crisopídeos (bicho lixeiro) em laboratório.** Jaboticabal: Funep, 2001. 20 p.

FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 209-224.

GONZÁLEZ, E.; BIANCHI, F. J. J.; WIZOREK, S.; SCHUMACHER, M.; ENTLING, M. H. Variation between plant species in pollen digestion rates in the green lacewing *Chrysoperla carnea*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 170, n. 12, p. 1049-1054, 2022.

GOSS, J. A. Development, physiology, and biochemistry of corn and wheat pollen. **The Botanical Review**, v. 34, p. 333-358, 1968.

HAGEN, K. S. Role of nutrition in insect management. **Proceedings of the tall timbers conference on ecological animal control by habitat management**, v. 6, p. 221-261, 1976.

KHANAMANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; MEHRABADI, M. Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programmes. **Pest Management Science**, v. 73, n. 2, p. 452-461, 2017.

LIN, H.-W.; HUANG, T.-C. A palynological study of the genus *Crotalaria* L. (Leguminosae) in Taiwan. **Taiwania**, v. 44, n. 3, p. 384-403, 1999.

LUNDGREN, J. G. Pollen nutrition and defense. LUNDGREN, J. G. (ed). **Relationships of natural enemies and non-prey foods**. Dordrecht: Springer, 2009a. p. 127-139.

LUNDGREN, J. G.; WIEDENMANN, R. N. Nutritional suitability of corn pollen for the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Insect Physiology**, v. n. 50, p. 567-575, 2004.

MACEDO, L. P. M., SOUZA, B., CARVALHO, C. F., ECOLE, C. C. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento e na reprodução de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 91-96, 2003.

MEISSLE, M., ZÜND, J., WALDBURGER, M.; ROMEIS, J. Development of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) on pollen from Bt-transgenic and conventional maize. **Scientific Reports**, v. 4, article number 5900, 2014.

MICHAUD, J. P; GRANT, A. K. Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. **Biological Control**, v. 32, n. 3, p. 363-70, 2005.

MORANDO, Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 42-48, 2014.

NEVES, M. C. P.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, S. R; RIBEIRO, R. L. D; ALMEIDA, D. L. Sistema Integrado de Produção Agroecológica ou Fazendinha Agroecológica do km 47. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (eds.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica e sustentável**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2005. p.149-172.

NICOLSON, S.; HUMAN, H. Chemical composition of the ‘low quality’ pollen of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). **Apidologie**, v. 44, p. 144-152, 2013.

NIELSEN, N.; GROMMER, J.; LUNDEN, R. Investigations on the chemical composition of pollen from some plants. **Acta Chemica Scandinavica**, v. 9, p. 1100-1106, 1955.

OLIVEIRA, S. A., SOUZA, B. AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A. Can larval lacewings *Chrysoperla externa* (Hagen): (Neuroptera, Chrysopidae) be reared on pollen? **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 697-700, 2010.

ORRE, G. U. S.; TOMPKINS, J.-M.; JONSSON, M.; JACOMETTI, M. A.; WRATTEN, S. D. Provision of floral resources for biological control restoring an important ecosystem service. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 2, p. 96-84, 2007.

PATT, J. M., WAINRIGHT, S. C., HAMILTON, G. C., WHITTINGHILL, D., BOSLEY, K., DIETRICK, J.; LASHOMB, J. H. Assimilation of carbon and nitrogen from pollen and nectar by a predaceous larva and its effects on growth and development. **Ecological Entomology**, v. 28, n. 6, p. 717-728, 2003.

PESSOA, L. G. A.; FREITAS, S.; LOUREIRO, E. S. Potencial reprodutivo de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): efeito da proporção sexual e período de acasalamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 57-61, 2013.

PFAHLER, P. L.; LINSKENS, H. F. Ash percentage and mineral content of maize (*Zea mays* L.) pollen and style. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 45, n. 1, p. 32-36, 1974.

PILCHER, C. D; OBRYCKI, J. J; RICE, M. E; LEWIS, L. C. Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. **Environmental Entomology**, v. 26, n. 2, p. 446-54, 1997.

RODRIGUES, B. F.; TORNE, S. G. Morphological features of pollen grains in the three *Canavalia* species. **Plant Cell**, v. 23, p. 51-54, 1991.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? **Ecological Monographs**, v. 70, p. 617-643, 2000.

STANDIFER, L. N.; DEVYS, M.; BARBIER, M. Pollen sterols - a mass spectrographic survey. **Phytochemistry**, v. 7, p. 1361-1365, 1968.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; SILVA, R. B.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Prey consumption and development of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. **Maydica**, v. 56, n. 3, p. 283-289, 2011.

VENZON, M.; TOGNI, P. H. B.; SUJII, E. R. Controle biológico conservativo. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. (eds.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. p. 99-124.

VINSON, C. G. Some nitrogenous constituents of corn pollen. **Journal of Agricultural Research**, v. 35, n. 3, p. 261-278, 1927.

WALDBAUER, G.P.; FRIEDMAN, S. Self-selection of optimal diets by insects. **Annual Review of Entomology**, v. 36, p. 43-63, 1991.

WEINER, C. N.; HILPERT, A.; WERNER, M.; LINSENMAIR, K. E.; BLÜTHGEN, N. Pollen amino acids and flower specialization in solitary bees. **Apidologie**, v. 41, p. 476-487, 2010.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos nos três capítulos permitem chegar as seguintes conclusões gerais:

1) Pode-se concluir que os adultos de *Chrysoperla externa* acessam mais facilmente polens das flores de *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum* (milheto), *Sorghum bicolor* (sorgo) e *Zea mays* (milho) (todas Poaceae) e de *Crotalaria juncea* (crotalária) (Fabaceae) em relação ao pólen de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) (Fabaceae) e não acessam polens das flores de *Cajanus cajan* e *Flemingia macrophylla* (ambas Fabaceae), sendo que apresentam, no geral, preferência por polens das Poaceae em relação às Fabaceae, mas este comportamento não é governado por características dos polens, a saber: padrão de aberturas, ornamentação e espessura da exina, tamanho dos pólenes e o conteúdo de proteína bruta.

2) Os polens de *P. glaucum*, *Z. mays*, sorgo (*Sorghum bicolor*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), sozinhos ou em mistura homogênea de uma dessas Poaceae com uma das Fabaceae, são capazes de atender os requerimentos nutricionais dos machos e das fêmeas de *C. externa*, quando acrescidos de solução aquosa de mel à 50%, equivalente à dieta padrão (mistura homogênea e pastosa de levedo de cerveja com mel na proporção 1:1) usada em criação de laboratório desse crisopídeo, com exceção do pólen de *P. glaucum* sozinho e das misturas de polens de *P. glaucum* e *Z. mays*, ambas com pólen de *C. ensiformis*.

3) A onivoria é um hábito alimentar possível nas larvas carnívoras de *Chrysoperla externa*, sendo que, na ausência da presa, o consumo exclusivo de polens de *P. glaucum* e *Z. mays* garante o crescimento e o desenvolvimento completo dos estágios imaturos desse crisopídeo em condições de laboratório, mas com baixa taxa de sobrevivência.