

DANIEL COSTA NOGUEIRA

**SELETIVIDADE DE INSETICIDAS COM E SEM MISTURA A OVOS, LARVAS
E ADULTOS DE *CHRYSOPERLA EXTERNA* (HAGEN, 1861)
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes

Coorientador: Ézio Marques da Silva

**RIO PARANAÍBA – MG
2024**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade de Federal
de Viçosa - Campus Rio Paranaíba**

T
N778s Nogueira, Daniel Costa, 1994-
2024 Seletividade de inseticidas com e sem mistura a ovos,
larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)
(Neuroptera: Chrysopidae) / Daniel Costa Nogueira. - Rio
Paranaíba, MG, 2024.
36 f.: il.
Orientador: Flávio Lemes Fernandes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa
- Campus Rio Paranaíba, Diretoria de pesquisa e pós-
graduação, 2024.
Inclui bibliografia.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2024.013>

I. Fernandes, Flávio Lemes II. Universidade Federal de
Viçosa - Campus Rio Paranaíba. Diretoria de pesquisa e pós-
graduação. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) III.
Título

595.747

Bibliotecário (a) responsável: ANA PAULA DE SOUZA CRB-6/2922


DANIEL COSTA NOGUEIRA

**SELETIVIDADE DE INSETICIDAS COM E SEM MISTURA A OVOS, LARVAS
E ADULTOS DE *CHRYSOPERLA EXTERNA* (HAGEN, 1861)
(NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)**


Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa
Campus Rio Paranaíba, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Produção
Vegetal, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

 Documento assinado digitalmente
DANIEL COSTA NOGUEIRA
Data: 01/08/2024 14:56:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Costa Nogueira
Autor

 Documento assinado digitalmente
FLAVIO LEMES FERNANDES
Data: 01/08/2024 21:21:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Flávio Lemes Fernandes
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e a Virgem Maria Nossa Senhora de Nazaré pelo dom da vida e por todas as graças alcançadas neste período de mestrado. A Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba pela oportunidade em realizar este mestrado e ao corpo docente que auxiliaram para o aprendizado e formação acadêmica e cidadã.

Ao Professor Flávio Lemes Fernandes, agradeço por toda dedicação, paciência e carinho no período de orientação, com muita aprendizagem técnica e prática, pelas oportunidades de desenvolvimento de trabalhos em laboratório e em campo, com certeza são ensinamentos que levarei por toda minha vida. À Professora Maria Elisa de Sena Fernandes, no período de mestrado, agradeço bastante pelos conselhos técnicos, pelas orientações em laboratório e pelo acolhimento e respeito com o grupo Mulheres Agro, no qual cultivei um carinho enorme e sinto muito orgulho de ajudado. Meus sinceros agradecimentos ao casal, por toda ajuda, pelo exemplo e amor a Pesquisa, Ensino e Extensão desta universidade.

Agradeço ao Professor Ézio Marques da Silva pela coorientação, pelos conselhos, disponibilidade em auxiliar-me na pesquisa e principalmente pela amizade e exemplo de pessoa dentro e fora da universidade. Agradeço aos membros do GPMIP, em especial Gabriel Botrel, Pedro Nadai, Érick Rocha, Ronald Machado, Adalberto Macedo, Ryan Fernando e Marcela Martins pela ajuda no desenvolvimento das pesquisas laboratório e campo, como também na amizade e respeito que foi criado. Agradeço aos meus amigos Martinho, Ruth e Phelipe pelo apoio e carinho e pelos meus amigos de Belém do Pará pelo apoio mesmo estando longe.

Por fim, agradeço à minha família, especial minha mãe Diana Santiago Costa Nogueira e meu irmão Igor Costa Nogueira pelo constante apoio nesta jornada, estando longe de minha terra, mas sempre juntos em pensamento e coração. Amo muito vocês.

RESUMO

NOGUEIRA, Daniel Costa, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Seletividade de inseticidas com e sem mistura a ovos, larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae).** Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientador: Ézio Marques da Silva.

O controle biológico é um método que pode ser incluído no manejo integrado de pragas e contribuir para o manejo de *L. coffeella* associado ao químico. Dentro os agentes de controle biológico, *Chrysoperla externa* é considerado um predador voraz utilizado em diversos cultivos, sendo capaz de preda variadas presas. Larvas de *C. externa* são potenciais agentes no controle de *L. coffeella*, porém avaliar a o impacto de inseticidas com e sem mistura sob inimigos naturais é um desafio para otimizar o manejo desta praga. Além disso, é necessário conhecer a seletividade destes produtos a vários estágios do inimigo natural, como ovo, larva e adultos. Assim, o objetivo foi avaliar a seletividade de diferentes inseticidas com e sem misturas registrados para uso no cafeeiro sob as fases de ovo, larva e adultos predador *C. externa*. O estudo foi conduzido em laboratório, onde foi aplicado inseticidas sintéticos sobre ovos, larvas e adultos de *C. externa*. Os bioensaios foram em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e os inseticidas utilizados são registrados para cultura do cafeeiro, utilizando a dose máxima de registro do produto. Para larvas de 1º e 2º instar, após aplicação de inseticidas as larvas foram individualizadas em tubos de ensaios, alimentadas com de ovos de *Ephesia kuehniella*, para evitar canibalismo entre as larvas. Foi avaliada o percentual na eclosão de larvas e a mortalidade de larvas e adultos e os inseticidas foram classificados como seletivos, moderadamente seletivos, pouco seletivos e não seletivos. Inseticidas alfa-cipermetrina e deltametrina reduziram o percentual de eclosão das larvas. Com 24, 48 e 72 horas após aplicação, inseticida flupiradifurona apresentou maior percentual de mortalidade de larvas de 1º instar. Para larvas de 2º instar de *C. externa*, clorantraniliprole e piriproxifem foram classificados como inseticidas seletivos. Inseticidas do grupo químico dos piretroídes apresentaram altas mortalidades de adultos de *C. externa*. Cloridrato de cartape + novalurom apresentou 0% de eclosão de larvas de *C. externa*, enquanto que em larvas de

1º instar os tratamentos alfa-cipermetrina + novalurom e cloridrato de cartape + novalurom foram classificados como não seletivos. Os inseticidas químicos e as misturas aplicados sob o este predador alteraram o percentual de eclosão na sobrevivência larvas e adultos de *C. externa*. O inseticida flupiradifurona pode ser classificado como inseticida não seletivo para larvas de 1º instar de *C. externa*. Inseticidas do grupo químico dos piretroides não são adequados para o manejo do *L. coffeella* por reduzirem a sobrevivência de adultos de *C. externa*. A mistura de cloridrato de cartape + novalurom pode ser considerado não seletivo por reduzir a eclosão de ovos e a sobrevivência de larvas de 1º instar de *C. externa*.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; Crisopídeo; Controle químico; Manejo integrado de pragas; Pesticidas; Toxicidade.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Daniel Costa, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, February, 2024. **Selectivity of insecticides with and without mixture to eggs, larvae and adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**. Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientador: Ézio Marques da Silva.

Biological control is a method that can be included in integrated pest management and contribute to the management of *L. coffeella* in combination with chemical control. Among the biological control agents, *Chrysoperla externa* is a predatory voracious pest used in many crops, able to prey on a wide variety of preys. *C. externa* larvae are potential agents for controlling *L. coffeella*, but evaluating the impact of insecticides with and without mixtures on natural enemies is a challenge for optimizing the management of this pest. In addition, it is necessary to understand the selectivity of such products to various stages of the natural enemy, such as egg, larva and adults. The objective was to assess the selectivity of different insecticides with and without mixtures registered for use on coffee trees on the egg, larval and adult stages of the predator *C. externa*. The study was conducted in the laboratory, applying synthetic insecticides to the eggs, larvae and adults of *C. externa*. The bioassays were conducted in a completely randomized design, with four replications and the insecticides used were registered for coffee cultivation, using the maximum registered dose of the product. For 1st and 2nd instar larvae, after spraying the insecticides, the larvae were individualized in test tubes and were fed *Ephesia kuehniella* eggs to avoid cannibalism between the larvae. The percentage of larvae hatching and the mortality of larvae and adults were evaluated and the insecticides were classified as selective, moderately selective, poorly selective and non-selective. Alpha-cypermethrin and deltamethrin insecticides reduced the percentage of larvae hatching. After 24, 48 and 72 hours, the insecticide flupyradifurone showed the highest percentage of mortality of 1st instar larvae. For 2nd instar *C. externa* larvae, chlorantraniliprole and pyriproxifem were classified as selective insecticides. Insecticides from the chemical group of pyrethroids showed high mortality of *C. externa* adults. Cartape hydrochloride + novaluron showed 0% hatching of *C. externa* larvae, while in 1st instar larvae the treatments alpha-

cypermethrin + novaluron and cartape hydrochloride + novaluron were classified as non-selective. The chemical insecticides and mixtures sprayed on this predator altered the hatching percentage of survival larvae and adults of *C. externa*. The insecticide flupyradifurone can be classified as a non-selective insecticide for 1st instar larvae of *C. externa*. Insecticides from the pyrethroid chemical group are not suitable for managing *L. coffeella* because they reduce the survival of *C. externa* adults. The mixture of cartap hydrochloride + novaluron can be considered non-selective as it reduces the hatching of eggs and the survival of 1st instar larvae of *C. externa*.

Keywords: *Coffea Arabica*; Chrysopid; Chemical control; Integrated pest management; Pesticides; Toxicity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1. BIOENSAIOS DE SELETIVIDADE	16
2.2. INSETICIDAS SEM MISTURA	16
2.2.1. OVOS	16
2.2.2. LARVAS	16
2.2.3. ADULTOS	17
2.3. INSETICIDAS COM MISTURA	17
2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
3. RESULTADOS	18
3.1. INSETICIDAS SEM MISTURA	18
3.1.1. OVOS	18
3.1.2. LARVAS DE 1º INSTAR	20
3.1.3. LARVAS DE 2º INSTAR	22
3.2. ADULTOS	24
3.3. INSETICIDAS COM MISTURA	26
3.3.1. OVOS	26
3.3.2. LARVAS DE 1ºINSTAR	28
4. DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÃO	32
7. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Controle biológico é o uso de um organismo para reduzir a população de outro organismo vivo (Van Lenteren, et al., 2018). Controle biológico é um método de controle que foi estabelecido desde o final da década de 70 (Parra; Coelho, 2019). No Brasil, 595 produtos biológicos são atualmente registrados e disponíveis no mercado. O faturamento chega a 3 bilhões de reais anuais, sendo que mais de 20 milhões de hectares são tratados com produtos biológicos para proteção de cultivos (Parra, 2023). Os principais agentes biológicos são: entomopatógenos ou microbiológicos (fungos, vírus, bactérias e nematoides) e entomófagos ou macrobiológicos (parasitoides e predadores) (Souza; Marucci, 2021).

Crisopídeos do gênero *Chrysoperla* são predadores com potencial para uso em culturas agrícolas no controle biológico (Resende et al., 2017). A família Chrysopidae possui cerca de 1200 espécies, 75 gêneros e 11 subgêneros. As larvas são predadoras e se alimentam principalmente de afídeos, coccídeos e ácaros (Pappas et al., 2011). *Chrysoperla externa* (Hagen) 1861 (Neuroptera: Chysopidae) é um predador voraz encontrado em diversos cultivos de importância agrícola, sendo capaz de alimentar-se de várias presas (Martins Filho et al., 2023). Estudos em laboratório demonstram que larvas de 3º instar de *C. externa* predaram larvas, pré-pupas e pupas de *Leucoptera coffeella* (Martins et al., 2021). Este predador pode desenvolver-se a temperaturas que vão de 12 a 30 °C e que a temperatura afeta a sobrevivência das últimas fases de desenvolvimento e na taxa de alimentação (Oliveira et al., 2010). No Brasil, tem aumentado o interesse em criar e comercializar crisopídeos, com algumas empresas já possuindo autorização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização e liberação em massa deste inseto (Dami et al., 2023).

Leucoptera coffeella é considerada uma das pragas mais importantes do cafeeiro devido aos prejuízos causados. As larvas confeccionam galerias nas folhas, reduzindo a área foliar e proporcionando queda de folhas (Leite et al., 2020). Para reduzir os prejuízos desta praga é necessária intervenção com algum método de controle. O químico é considerado o método de controle mais utilizado para o manejo desta praga, porém nem sempre este método de forma

isolada é capaz de reduzir a população desta praga e os prejuízos. Inseticidas neurotóxicos são os mais utilizados pelos cafeicultores, principalmente organofosforados, carbamatos, piretroides e neonicotinoides, que são mais persistentes no ambiente (Leite et al., 2021). O inseticida clorpirifós é o mais utilizado para controlar esta praga, porém foi retirado devido aos riscos que apresenta para o cultivo do cafeeiro, para cadeia produtiva e por não controlar com eficiência *L. coffeella* por resistência a este inseticida (Fragoso et al. 2002, Rocha et al., 2022). Apesar da existência de diversos ingredientes ativos, o uso excessivo de inseticidas por agricultores resulta na resistência de insetos (Costa et al., 2016; Leite et al., 2021). Por essa razão, o uso de inimigos naturais capazes de controlar com eficácia *L. coffeella* poderá permitir práticas de conservação, reduzindo a dependência de inseticidas ineficazes (Martins et al., 2021).

Os inseticidas possuem diversos modos de ação, visando diferentes sítios de ação primários na fisiologia do inseto (Müller, 2018). Os principais grupos de inseticidas que agem sobre o sistema nervoso e os modos de ação envolvidos são: organofosforados e carbamatos (inibidores da enzima acetilcolinestase); nicotina, neonicotinóides e espinosinas (agonistas da acetilcolina); cartape (agonistas da antiacetilcolina); avermectina e milbemicinas (agonistas GABA); ciclodieno e fenilpirasol (antagonistas GABA); formamidinas (agonistas octopamina); piretróides e DDT (canais de sódio) e oxadiazinas (bloqueadores dos canais de sódio) (Fernandes et al., 2010).

O uso de agentes biológicos e a aplicação de produtos fitossanitários estão entre os principais métodos desejados por produtores rurais (Carvalho et al., 2023). Em programas de manejo integrado de pragas, controle biológico das pragas com crisopídeos pode ser eficientemente combinado com uso de pesticidas seletivos (Pappas et al., 2011). Por esta razão, se forem necessários pesticidas, estes devem ser seletivos, ou seja, devem matar as pragas, mas não os inimigos naturais (Parra, 2014). A seletividade pode ser fisiológica quando se utilizam inseticidas mais tóxicos para as pragas ao invés de inimigos naturais (Soares et al., 2019). A seletividade fisiológica utiliza inseticidas com baixa toxicidade para os inimigos naturais ou aqueles que são mais tóxicos para as pragas do que para os inimigos naturais (Fernandes et al., 2010). Caso estas aplicações resultem numa baixa mortalidade das populações de inimigos

naturais e uma boa supressão da pragas-alvo, podem promover a seletividade ecológica (Torres; Bueno, 2018).

Ação de produtos químicos em mistura afetou a eclosão de ovos e sobrevivência de larvas de *C. externa*. No Brasil, de acordo com a Lei Geral dos Agrotóxicos (Lei nº 14.785/2023), fica estabelecido mistura em tanque: associação de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental e afins no tanque do equipamento aplicador (Brasil, 2023, Art. 2, XIX). As misturas de pesticidas podem ser classificadas em: sinérgicas, quando a fitotoxicidade total resultante da combinação de dois ou mais pesticidas é maior do que a soma dos efeitos de cada produto aplicado isoladamente; aditivas, quando a fitotoxicidade total é igual à soma dos efeitos de cada produto aplicado de forma isolada; e antagônicas, quando a fitotoxicidade da combinação dos produtos é menor do que a soma dos efeitos de cada produto aplicado isoladamente (Galon et al., 2021).

Apesar de existir diversos estudos sobre seletividade, poucos exploram o efeito isolado e as misturas de inseticidas em diferentes fases de desenvolvimento do inimigo natural. Neste contexto, o objetivo foi avaliar a seletividade de diferentes inseticidas com e sem misturas registrados para uso no cafeeiro sob as fases de ovo, larva e adultos predador *C. externa*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Elementos de Anatomia e Fisiologia Animal da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba. Para realizar os bioensaios ovos de *C. externa* foram obtidos da criação massal do Laboratório da Associação Mineira de Produtores de Algodão (AMIPA) transportadas a granel. Em seguida, foram armazenados em laboratório, mantidos em condição ambiental. Os inseticidas utilizados nos bioensaios são registrados na cultura do cafeeiro, utilizando a dose máxima de registro do produto no MAPA, de forma a abranger grupos químicos diferentes (Tabela 1). Durante a realização dos bioensaios, larvas de *C. externa*, foram alimentadas com dieta contendo ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1889 (Lepidoptera: Pyralidae), enquanto que adultos de *C. externa* receberam uma dieta composta por água, levedura e mel (Carvalho et al., 2023).

Tabela 1: Nome comercial dos inseticidas, grupo químico, ingrediente ativo, dose comercial, concentração do ingrediente ativo e classificação toxicológica dos inseticidas registrados para a cultura do cafeeiro.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Dose do produto (mL ou g ha ⁻¹)	Concentração (mg i.a. ha ⁻¹)	CT ¹	Experimento
Beta-cipermetrina 100 CE	Piretroide	150	15,0	4	Ov; L1; L2; Ad ²
Clorantniliprole 350 WG	Diamida	90	31,5	-	Ov; L1; L2; Ad
Ciantraniliprole 100 OD	Diamida	700	70,0	-	Ov; L1; L2; Ad
Cloridrato de cartape 500 PS	Bis(tiocarbamato)	1000	500	4	Ov; L1; L2; Ad
Espiromesifeno SC	Cetoenol	800	192	-	Ov; L1
Fenpropatrina 300 CE	Piretroide	400	120	3	Ov; L1; Ad
Deltametrina 25 CE	Piretroide	400	10,0	4	Ov; L1; L2; Ad
α-Cipermetrina 100 SC	Piretroide	300	10,0	3	Ov; L1; L2; Ad
Ciclaniliprole 50 CS	Antranilamida	600	27,3	-	Ad
Espinetoram 60 + metoxifeno-zida SC	Espinosina	300	90,0	5	Ov; L1; L2
Novalurom 100 SC	Benzoilureia	300	6,00	3	
Flupiradifurona 200 CS	Butenolida	1000	200	4	Ov; L1; L2; Ov; L1
Piriproxifem 100 CE	Éter pirdiloxipropílico	1000	100	5	Ov; L1; L2
Espinosade 480 SC	Espinosinas	150	72,0	3	Ov; L1; L2; Ad
Clorantniliprole 45+ Abamectina 18 SC	Antranilamida + Avermectina	600	27,0	3	Ov; L1; L2; Ad

CE = concentrado emulsionável; CS = concentrado solúvel; SC = suspensão concentrada; WG = grânulos dispersos em água; OD = Dispersão em óleo; PS = Pó solúvel em água. ¹Classificação toxicológica: hífen (-): sem classificação; 2: produto altamente tóxico; 3: produto moderadamente tóxico; 4: produto pouco tóxico; 5: produto improvável de causar dano agudo. ²Estágio de desenvolvimento de crisopídeo nos bioensaios: Ov: Ovo; L1: larva de 1º instar; L2: larva de 2º instar; Ad: adulto;.

2.1. BIOENSAIOS DE SELETIVIDADE

2.2. INSETICIDAS SEM MISTURA

Todos os bioensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 indivíduos (ovos, ou larvas ou adultos) por unidade experimental e com quatro repetições. Durante a realização dos bioensaios, as larvas de *C. externa* foram alimentadas com dieta contendo ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller, 1889 (Lepidoptera: Pyralidae) (Carvalho et al., 2023). A concentração utilizada nos tratamentos foi a recomendada para o controle de *L. coffeella* pelos respectivos fabricantes de cada inseticida químico.

Aplicação foi feita com uso de aerógrafo do tipo caneta 1/6 HP Bivolt Wimpel® COMP-1, com pressão de 50 psi e volume de a serem pulverizados 1,3 ml por repetição conforme recomendação do volume de calda do fabricante, a 30 cm de distância da placa de Petri e do aplicador.

2.2.1. OVOS

Para realização do bioensaio, os ovos foram coletados e contabilizados com uso de microscópio estereoscópio binocular modelo Olympus SZ61, colocados em uma placa de Petri (90 x 15 mm). Após aplicação, as placas foram mantidas em laboratório para secarem em ambiente por 10 minutos e após foram transferidas para uma B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) a $27\pm 1^\circ$ C de temperatura. A cada 24 hrs, durante três dias, foi contabilizado o número de larvas eclodidas, de modo a obter a porcentagem diário de eclosão para cada tratamento.

2.2.2. LARVAS

O experimento constituiu em verificar a mortalidade larval de 1º e 2º instares de *C. externa*. A aplicação de inseticidas foi pelo método de aplicação sob o inseto. Após aplicação, todas as larvas de *C. externa* foram individualizadas em tubos de ensaios (12 x 75 mm) e alimentadas com ovos de *E. kuehniella* para evitar canibalismo. A avaliação da mortalidade das larvas de *C. externa* foi realizada com 24, 48 e 72 horas.

2.2.3. ADULTOS

O experimento constituiu em avaliar a mortalidade de adultos de *C. externa* exposto a inseticidas. Para cada repetição, 10 adultos de *C. externa* foram liberados em gaiolas de criação antiafídeo modelo LAB CREATION® (45 x 45 x 55 cm). Foram avaliados a mortalidade de insetos adultos por 10, 20, 40 e 80 minutos após aplicação dos inseticidas.

2.3. INSETICIDAS COM MISTURA

Os inseticidas para os bioensaios com misturas de inseticidas utilizados são registrados para cultura do cafeeiro, utilizando a dose máxima do produto recomendada. Os tratamentos utilizados foram: α -cipermetrina; espiromesifeno; α -cipermetrina + espiromesifeno; cloridrato de cartape; novalurom; cloridrato de cartape + α -cipermetrina e; cloridrato de cartape + novalurom.

Os experimentos constituíram em verificar a eclosão de ovos e a mortalidade de larvas de 1º instar de *C. externa*, semelhante aos bioensaios anteriores. As misturas dos tratamentos foram realizadas na seguinte ordem de adição: água, pó solúvel em água (OS), suspensão concentrada (SC), concentrado emulsionável (EC) (Rakes, et al., 2016). A metodologia para os bioensaios com ovos e larvas de *C. externa* com aplicação de inseticidas em mistura foi semelhante aos bioensaios descrito anteriormente.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nos bioensaios, foram avaliados o percentual de eclosão e a mortalidade de larvas e adultos de *C. externa*. Para determinação da mortalidade nos bioensaios, os dados foram corrigidos conforme fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925):

$$MC = \frac{(Mo - Mt)}{(100 - Mt)} \times 100$$

Onde: MC - mortalidade corrigida (%); Mo – mortalidade observada de insetos; Mt – mortalidade de insetos na testemunha.

Os dados de mortalidade foram submetidos a transformação por arco-seno $\sqrt{(x/100)}$ para realização da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa Speed Stat 3.2 (Carvalho et al., 2020). Caso os resultados não

atendam os pressupostos estatísticos, foi realizado teste não-paramétrico por Kruskal Wallis pelo software R Studio (R Core Team, 2013). Os inseticidas foram classificados como seletivos (0 - 29%); moderadamente seletivos (30 - 49%), pouco seletivos (50 – 79%) e não seletivos (> 80%) (Fernandes et al., 2008).

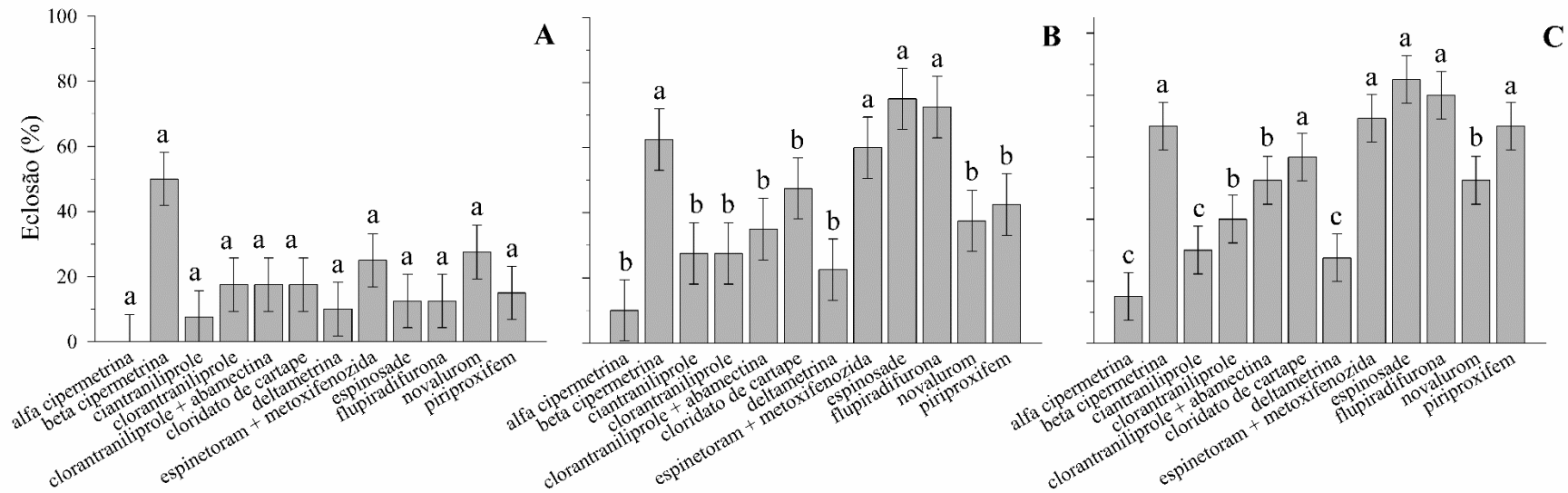
3. RESULTADOS

3.1. INSETICIDAS SEM MISTURA

3.1.1. OVOS

O resultado obtido no tratamento controle para de eclosão foi de 30, 72,5 e 92,5% de eclosão para 24, 48 e 72 horas de avaliação respectivamente. Para eclosão de ovos de *C. externa* 24 horas após aplicação de inseticidas, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{(11; 36)} = 2,33$; $p = 0,028$, CV = 69,05%) (Figura 1A). No tempo de 48 horas após aplicação de inseticidas, os tratamentos deltametrina e alfa-cipermetrina apresentaram percentual de eclosão de 22,5% e 10%, respectivamente ($F_{(11;36)} = 4,50$; $p < 0,001$, CV = 35,26%) (Figura 1B). No tempo de 72 horas após aplicação de inseticidas, houve diferença significativa na eclosão de larvas de *C. externa* entre os tratamentos ($F_{(11;36)} = 6,68$; $p < 0,001$, CV = 25,25%), com o tratamento controle apresentou 92,5% de média, enquanto que alfa-cipermetrina e deltametrina apresentaram percentual de eclosão abaixo dos 15% e 27,5% (Figura 1C).

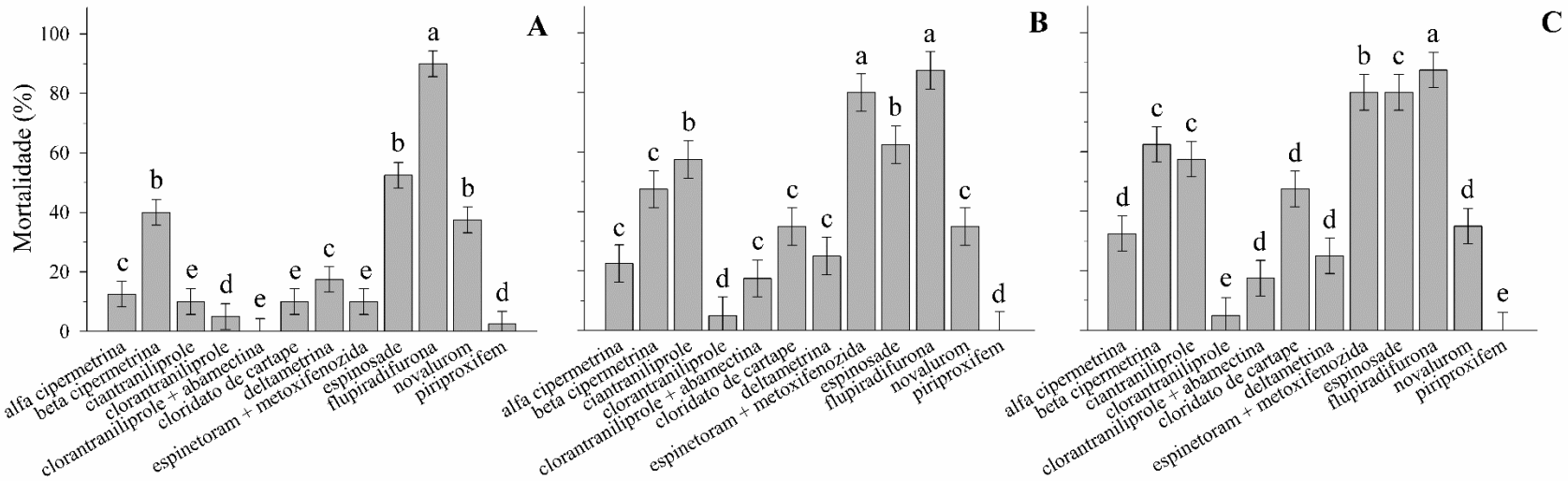
Figura 1: Média (\pm Erro Padrão) do percentual de eclosão de ovos de *C. externa* tratados com inseticidas 24 (A), 48 (B) e 72 (C) horas após aplicação. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P < 0,05$.



3.1.2. LARVAS DE 1º INSTAR

Para mortalidade corrigida de larvas de 1º instar de *C. externa* com 24 horas após aplicação de inseticidas, o tratamento flupiradifurona apresentou mortalidade corrigida de 92% das larvas ($X^2_{(11;36)} = 40,67$; $p = 0,00001$, $CV = 17,22\%$), sendo classificado como inseticida não seletivo (Figura 2A). No tempo de 48 horas de aplicação de inseticidas, os tratamentos flupiradifurona e espinetoram apresentaram mortalidade corrigida de 90% e 80%, respectivamente ($F_{(11;36)} = 19,10$; $p < 0,001$, $CV = 20,51\%$), sendo classificados como inseticidas não seletivos (Figura 2B). No tempo de 72 horas após aplicação de inseticidas, os tratamentos clorantraniliprole e piriproxifem foi observada mortalidade corrigida de 17,5% e 12,5% ($F_{(11;36)} = 20,88$; $p < 0,001$, $CV = 18,98\%$), respectivamente, sendo classificados como inseticidas seletivos (Figura 2C).

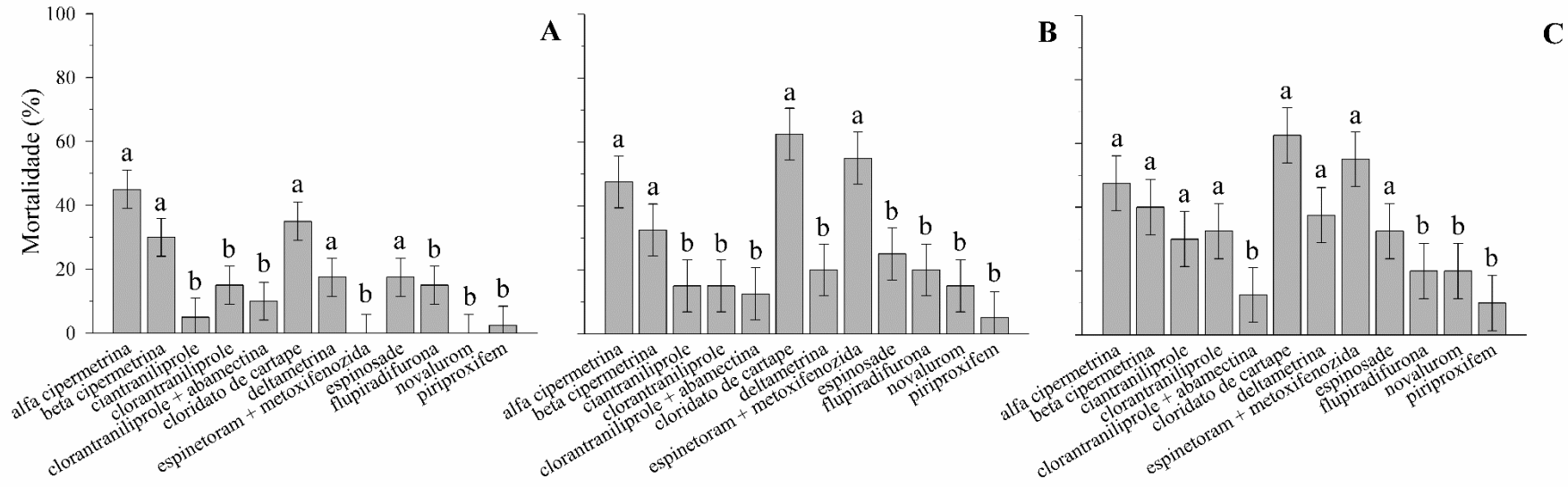
Figura 2: mortalidade corrigida (\pm Erro padrão) de larvas de 1º instar de *C. externa* tratados com inseticidas 24 (A), 48 (B) e 72 (C) horas após aplicação. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P < 0,05$.



3.1.3. LARVAS DE 2º INSTAR

Com 24 horas após aplicação, houve diferença estatística entre os tratamentos para mortalidade corrigida de larvas de 2º instar de *C. externa* ($F_{(11;36)} = 6,11$; $p = 0,001$, $CV = 60,44\%$). No tempo de 24 horas após aplicação de inseticidas, os tratamentos alfa-cipermetrina, beta-cipermetrina, cloridrato de cartape, e espinosade apresentaram respectivamente mortalidade corrigida de 45, 30, 35% e 17,5% (Figura 3A). No tempo de 48 horas após aplicação, os tratamentos alfa cipermetrina, beta cipermetrina, cloridrato de cartape e espinetoram apresentaram mortalidade corrigida de 47,5%, 32,5%, 62,5% e 55%, respectivamente ($F_{(11;36)} = 4,38$; $p = 0,001$, $CV = 46,16\%$), enquanto que o tratamento piriproxifem apresentou mortalidade corrigida de 5%, classificado como inseticida seletivo (Figura 3B). No tempo de 72 horas após aplicação de inseticidas, os tratamentos novalurom e piriproxifem apresentaram mortalidade corrigida abaixo dos e 20% ($F_{(11;36)} = 3,41$; $p = 0,001$, $CV = 37,42\%$), sendo classificados como inseticidas seletivos para larvas de 2º instar de *C. externa* (Figura 3C).

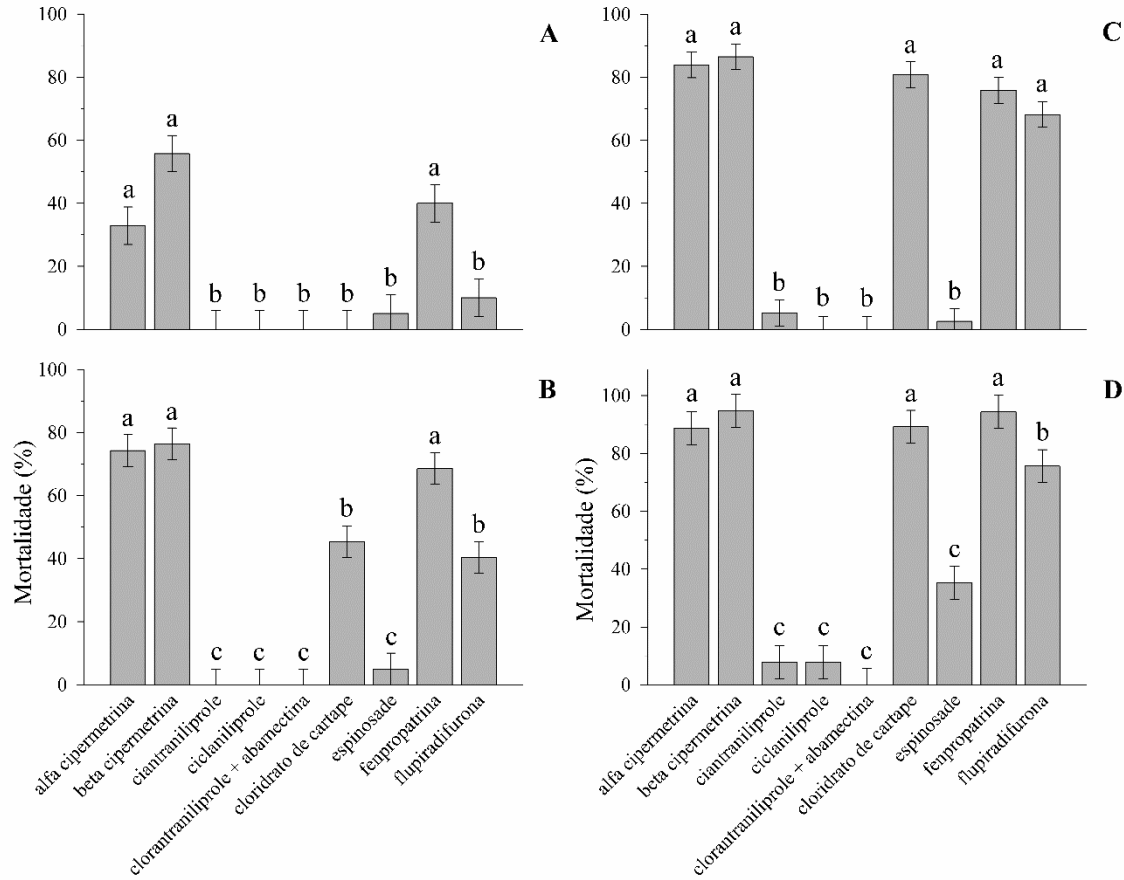
Figura 3: mortalidade corrigida (\pm Erro padrão) de larvas de 2º instar de *C. externa* tratados com inseticidas 24 (A), 48 (B) e 72 (C) horas após aplicação. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P < 0,05$.



3.2. ADULTOS

Com 10 minutos após aplicação, os tratamentos ciantraniliprole, ciclaniliprole, clorantraniliprole + abamectina e cloridrato de cartape apresentaram percentual de 0% de mortalidade corrigida ($F_{(8;27)} = 17,83$; $p < 0,001$, CV = 54,83%), classificados como inseticidas seletivos, enquanto que os tratamentos alfa-cipermetrina e beta-cipermetrina apresentaram 32,8% e 55,7% de mortalidade corrigida respectivamente, classificados como inseticidas pouco seletivo (Figura 4A). Com 20 minutos após aplicação, os tratamentos alfa-cipermetrina, beta-cipermetrina e fenfopatrina apresentaram mortalidade corrigida de 74,3%, 76,4% e 68,5% respectivamente ($F_{(8;27)} = 34,51$; $p < 0,001$, CV = 18,73%), classificados como inseticidas pouco seletivos (Figura 4B). Com 40 minutos após aplicação de inseticidas, os tratamentos alfa-cipermetrina, beta-cipermetrina e cloridrato de cartape apresentaram mortalidade corrigida de adultos de *C. externa* acima de 80% ($F_{(8;27)} = 42,27$; $p < 0,001$, CV = 23,66%), classificados como inseticidas não seletivos (Figura 4C), enquanto que espinosade apresentou 75,8% de mortalidade corrigida, classificado como inseticida pouco seletivo. Com 80 minutos após aplicação, os tratamentos alfa-cipermetrina, beta-cipermetrina, cloridrato de cartape e fenfopatrina apresentaram mortalidade corrigida de 88,7%, 94,7%, 80,7% e 94,3% respectivamente ($F_{(8;27)} = 21,27$; $p < 0,001$, CV = 23,72%), classificados como inseticidas não seletivos para adultos de *C. externa* (Figura 4D).

Figura 4: Mortalidade corrigida (\pm erro padrão) de adultos de *C. externa* tratados com inseticidas aos 10 (A), 20 (B), 40 (C) e 80 (D) minutos após aplicação. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P < 0,05$.

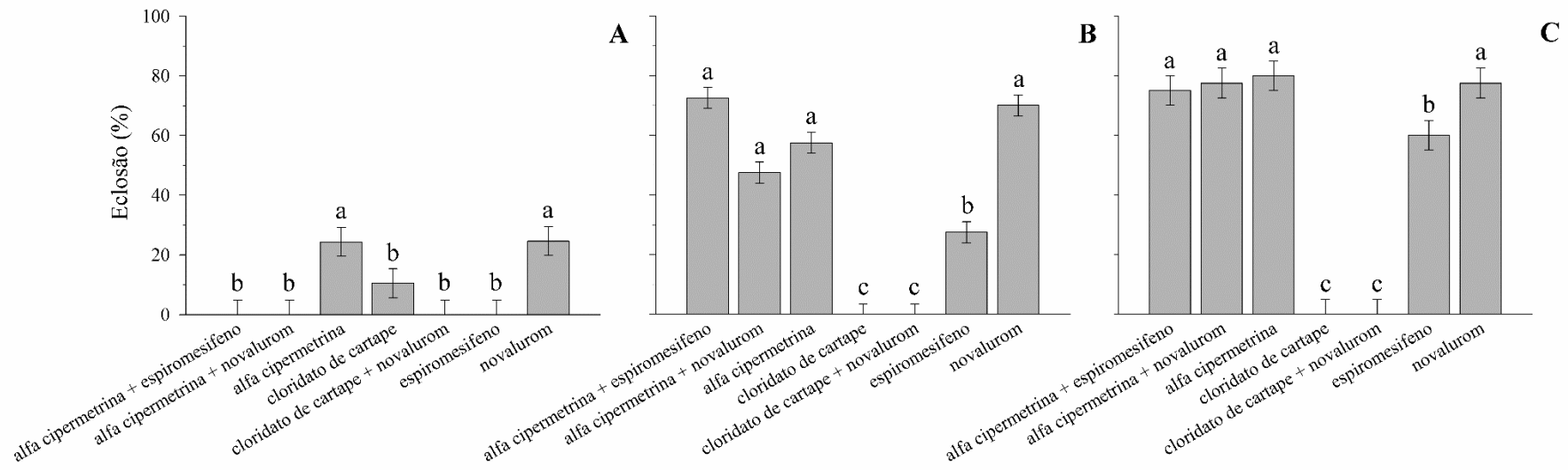


3.3. INSETICIDAS COM MISTURA

3.3.1. OVOS

Com 24 horas após aplicação, houve diferença estatística entre os tratamentos para o percentual de eclosão de larvas de *C. externa*. No tempo de 24 horas após exposição dos ovos de *C. externa*, não houve eclosão de larvas para os tratamentos alfa-cipermetrina + espiromesifeno, alfa-cipermetrina + novalurom, cloridrato de cartape + novalurom e espiromesifeno ($X^2_{(6;21)} = 107,78$; $p < 0,001$, CV = 9,08%) (Figura 5A). No tempo de 48 horas após aplicação, cloridrato de cartape e cloridrato de cartape + novalurom não apresentaram eclosão de larvas de *C. externa* ($X^2_{(6;21)} = 45,53$; $p < 0,001$, CV = 16,91%), enquanto que os tratamentos alfa-cipermetrina + espiromesifeno apresentou maior valor de eclosão com 72,5% (Figura 5B). No tempo de 72 horas após aplicação, os tratamentos alfa-cipermetrina + espiromesifeno, alfa-cipermetrina + novalurom, alfa-cipermetrina e novalurom apresentaram percentual de eclosão de 75%, 77,5% 80% e 77,5% respectivamente ($X^2_{(6;21)} = 11,19$; $p < 0,001$, CV = 30,68%), enquanto os tratamentos cloridrato de cartape e cloridrato de cartape + novalurom não apresentaram eclosão de larvas (Figura 5C).

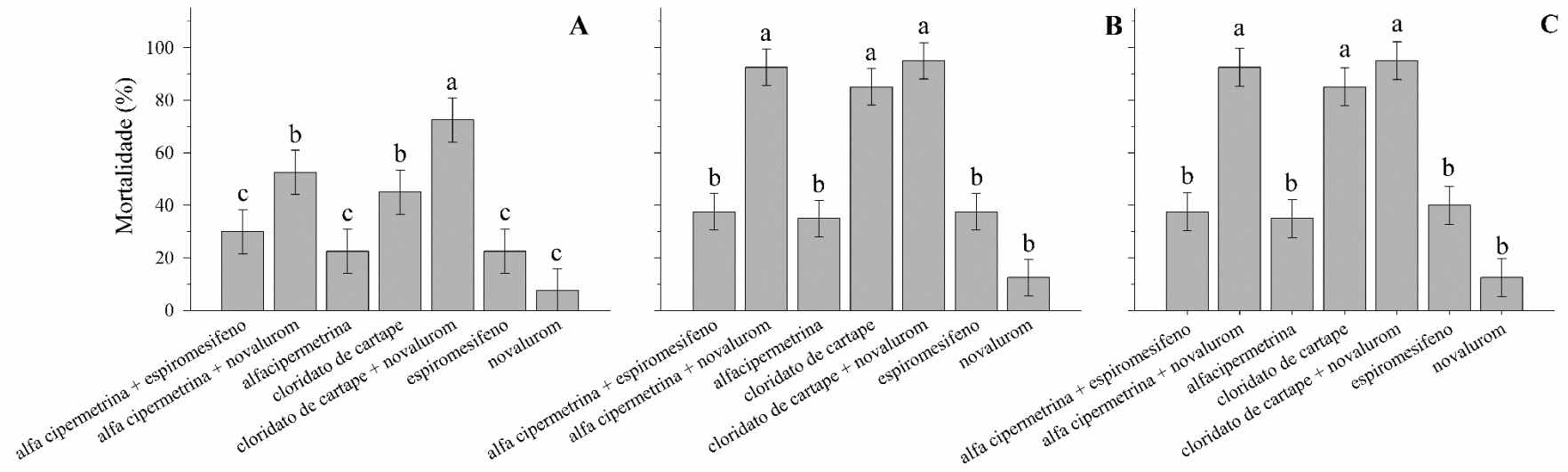
Figura 5: Média (\pm Erro Padrão) do percentual de eclosão de ovos de *C. externa* tratados com 24 (A), 48 (B) e 72 (C) horas após aplicação de mistura de inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste t não paramétrico de Kruskal Wallis a $P < 0,05$.



3.3.2. LARVAS DE 1ºINSTAR

Para o bioensaio de mistura de inseticidas com larvas de 1º instar de *C. externa*, o tratamento controle apresentou mortalidade de 5% para 24, 48 e 72 horas de avaliação. Com 24 horas de aplicação, o tratamento cloridrato de cartape + novalurom apresentou mortalidade corrigida de larvas acima de 70% ($F_{(7;24)} = 8,17$; $p < 0,001$, CV = 45,95%), classificado como pouco seletivo (Figura 6A). No tempo de 48 horas após aplicação, a mistura cloridrato de cartape + novalurom e cloridrato de cartape apresentaram 95% e 85% de mortalidade corrigida de larvas ($F_{(7;24)} = 30,35$; $p < 0,001$, CV = 21,41%), classificado como inseticida não seletivo (Figura 6B). No tempo de 72 horas após aplicação, o tratamento cloridrato de alfa-cipermetrina + novalurom, cloridrato de cartape e cartape + novalurom apresentaram 92,5%, 85% e 95% de mortalidade corrigida respectivamente, enquanto que somente o inseticida novalurom teve 12,5% de mortalidade corrigida de larvas de 1º instar de *C. externa* ($F_{(7;24)} = 27,80$; GL = 7; $p < 0,001$, CV = 21,34%), classificado como seletivo (Figura 6C).

Figura 6: Mortalidade corrigida (\pm Erro Padrão) de larvas de 1º instar de *C. externa* com 24 (A), 48 (B) e 72 (C) horas de aplicação de mistura de inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P < 0,05$.



4. DISCUSSÃO

Com base nos resultados, os diferentes inseticidas químicos aplicados alteraram a sobrevivência em diferentes estágios de desenvolvimento de *C. externa*. A suscetibilidade de determinados inimigos naturais a inseticidas específicos, dentre classes com diferentes modos de ação, é útil para orientar os produtores a utilizar materiais mais seguros ao meio ambiente (Potin et al., 2022).

O menor percentual de eclosão de ovos de *C. externa* foi observado pelos inseticidas alfa-cipermetrina, deltametrina, isso se deve ao fato de que a maioria dos inseticidas neurotóxicos, que são considerados de amplo espectro de ação, não se revelaram tóxicos devido suas formulações não possuírem a capacidade de penetrar a proteção do córion dos ovos (Pasini et al., 2018). Embora o uso de inseticidas reduza a viabilidade dos ovos, a morfologia do córion dos ovos de crisopídeos pode dificultar a penetração das moléculas químicas, não afetando o período embrionário e nem a sobrevivência dos embriões (Soares; Carvalho, 2018). Alguns produtos químicos podem atravessar o córion e afetar o embrião em desenvolvimento ou, se as larvas emergirem, podem morrer ao se alimentarem do córion contaminado ou manifestar efeitos de longo prazo (Noelia et al., 2023). De maneira geral, as variações na toxicidade dos inseticidas podem estar associadas às ao modo de ação das substâncias testadas e das propriedades físico-químicas como peso molecular e lipofilicidade (Farias et al., 2023). A lipofilicidade é inversamente proporcional à solubilidade dos inseticidas em água, os compostos lipofílicos penetram geralmente no corpo do inseto em taxas mais elevadas, devido à semelhança com a cutícula cerosa apolar (Fernandes et al., 2010).

Maiores valores de mortalidade para larvas de 1º instar de *C. externa* foi observado no tratamento flupiradifurona nos três dias de avaliação, isso se deve ao inseticida atuar seletivamente no sistema nervoso central dos insetos como agonista parcial dos receptores pós-sinápticos nicotínico da acetilcolina, ligando-se ao sítio de ligação da acetilcolina (Jeschke et al., 2015). A sobrevivência de larvas pode ocorrer devido as moléculas dos produtos usados que são degradadas pelos insetos por meio de diversos processos metabólicos, pelos quais os produtos foram convertidos em formas não tóxicas ou também eliminados rapidamente do corpo do inseto (Soares; Carvalho, 2018).

Menor valor de mortalidade foi observado para larvas de 2º instar de *C. externa* foi tratada com inseticida piriproxifem. Inseticida piriproxifem promoveu um percentual de sobrevivência superior a 90% para larvas dos predadores *C. externa* e *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) em plantas de algodão (Machado et al., 2019). O inseticida piriproxifem pode ser considerado como inseticida seguro, com a concentração adequada, pode ser atribuído ao aumento da atividade dos reguladores de crescimento de larvas (De Fátima et al., 2013).

Em insetos adultos de *C. externa*, alfa-cipermetrina, fenfopatrina e beta-cipermetrina causaram maiores taxas de mortalidade. Isso ocorre devido a cipermetrina, ao contrário dos piretroides naturais, possui um grupo ciano presente na molécula no qual favorece o efeito letal sobre inimigos naturais (Rimoldi et al., 2012). A seletividade dos piretróides aos inimigos naturais pode estar associada à baixa taxa de penetração no tegumento devido às mudanças no sítio de ação desses compostos e/ou à alta taxa de metabolização do inseticida (Fernandes et al., 2010). Menores valores de mortalidade em adultos de *C. externa* foram observados em três inseticidas do grupo químico das diamidas: ciantraniliprole, ciclaniliprole e clorantraniliprole. Inseticida clorantraniliprole demonstrou ser inseticida menos perigoso para três espécies de inimigos naturais: *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae); *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) e; *Chauliognathus flavipes* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Cantharidae) (Fernandes et al., 2016).

Para eclosão de larvas de *C. externa* após aplicação dos inseticidas em mistura, o tratamento cloridrato de cartape + novalurom não apresentação emergência das larvas, em comparação com tratamento novalurom aplicado isoladamente, enquanto que para larvas de 1º instar as misturas alfa-cipermetrina + novalurom e cartape + novalurom apresentaram maiores valores de mortalidade, isso ocorre devido ação sinérgica, quando a toxicidade da mistura é superior à da soma dos compostos isoladamente (Das, 2014).

5. CONCLUSÃO

De modo geral, os inseticidas aplicados com e sem mistura sob o inimigo natural *C. externa* alterou o percentual de eclosão e a sobrevivência de larvas e adultos.

O estágio de desenvolvimento de insetos e o tempo de avaliação são fatores importantes para determinação da seletividade de inimigos naturais. O tempo de 48 horas pode ser o ideal para avaliação da mortalidade de inimigos naturais, por não haver tanta diferença nos resultados para 72 horas.

Inseticidas alfa-cipermetrina e deltametrina não seu recomendados para ovos de *C. externa*, por reduzirem a eclosão de larvas. O inseticida flupiradifurona não deve ser aplicado em larvas de 1º instar de *C. externa*. Inseticidas novalurom e piriproxifem apresentaram menores valores de mortalidade para larvas de 2º instar, sendo seguros para este estágio larval. Inseticidas do grupo químico dos piretroides não são adequados para o manejo do *L. coffeella* por reduzirem a sobrevivência de adultos de *C. externa*. A mistura de cloridrato de cartape + novalurom pode ser considerado não seletivo por reduzir a eclosão de ovos e a sobrevivência de larvas de 1º instar de *C. externa*.

7. REFERÊNCIAS

- Abbott WS (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol*, 18:2, 265-267.
- Brasil. Lei Nº 14.785, de 27 de dezembro de 1990. (2023). Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins. Brasília, DF: Diário Oficial da União.
- Carvalho AMXD, Mendes F Q, Tavares LDF (2020) SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. *Crop Breed Appl Biotechnol*, 20:3.
- Carvalho MMP, Corrêa Reis LA, Pinheiro MLC, Moreira MM, Vieira DA, Souza B (2023). Is a diet of *Planococcus citri* nymphs and adults suitable for *Chrysoperla externa* for use in biological control?. *Rev Bras Entomol*, 67. <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0010>.
- Costa DP, Fernandes FL, Alves FM, da Silva ÉM, Visôto LE (2016). Resistance to Insecticides in Populations of the Coffee Leaf Miner. *Insectic Resist* 1. doi: 10.5772/61466
- Dami BG, Dos Santos JA, Barbosa EP, Rodriguez-Saona C, Vacari AM (2023). Functional response of 3 green lacewing species (Neuroptera: Chrysopidae) to *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *J Insect Sci* 23:3, 15. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead038>.
- Dantas J, Motta IO, Vidal LA, Nascimento EF, Bilio J, Pupe JM, Albuquerque ÉV. (2021). A comprehensive review of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) - A major pest for the coffee crop in Brazil and others Neotropical countries. *Insects*, 12:1130. <https://doi.org/10.3390/insects12121130>.
- Das SK. Scope and relevance of using pesticide mixtures in crop protection: a critical review. *Int J Environ Sci Toxicol* 2:119-123, 2014.
- De Fátima TA, Andrade CG, Costa, LV, Fonseca MV. (2013). Selectivity of seven insecticides against pupae and adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev Colomb Entomol*, 39:34-39, 2013.

- Farias, ES, Fernandes, AF, Andrade, ED, Picanço, MC, Carvalho, GA (2023). Comparative toxicity of coffee insecticides to the green lacewing *Chrysoperla externa* in laboratory and persistence trials. *Crop Prot* 172:106336. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106336>.
- Fernandes FL, Bacci L; Fernandes MS (2010). Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *EntomoBrasilis*, 3:1-10.
- Fernandes ME, Alves FM, Pereira RC, Aquino LA, Fernandes FL, Zanuncio JC (2016). Lethal and sublethal effects of seven insecticides on three beneficial insects in laboratory assays and field trials. *Chemosphere* 156:45-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.115>.
- Fernandes MES, Fernandes FL, Picanco MC, Queiroz RB, Silva RSD, Huertas, AAG (2008). Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. *Sociobiology* 51:765-774.
- Fragoso DB, Guedes RNC, Picanço MC, Zambolim L (2002). Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bull Entomol Res*, 92:203-212. <https://doi.org/10.1079/BER2002156>.
- Galon L, da Silva MR, de Oliveira Rossetto ER, da Silva AF, Aspiazú I, Favretto EL, Brunetto L, Pawelkiewicz R, Forte CT, Perin GF (2021). Interaction between pesticides applied alone or in mixtures in corn. *J Environ Sci Health* 56:986-993. <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.2003146>.
- Jeschke P, Nauen, R, Gutbrod, O, Beck ME, Matthiesen S, Haas M, Velten, R (2015). Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. *Pest Biochem Physiol* 121:31-38. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.10.011>.
- Leite SA, dos Santos MP, da Costa DR, Moreira AA, Guedes RNC, Castellani MA (2021). Time-concentration interplay in insecticide resistance among populations of the Neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. *Agric For Entomol*, 23:232-241, 2021. <https://doi.org/10.1111/afe.12425>
- Leite SA, Narciso R, Guedes C, Pereira M, Lemos OL, Castellani MA (2020). Profile of coffee crops and management of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. *Sustainability*, v. 12, n. 19, p. 8011, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12198011>.

- Martins EF, Franzin ML, Perez AL, Schmidt JM, Venzon, M (2021). Is *Ceraeochrysa cubana* a coffee leaf miner predator?. Biol Control 160:104691. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104691>.
- Martins Filho S, Duarte ML, Venzon M (2023). Survival Analysis of the Green Lacewing, *Chrysoperla externa* (Hagen) Exposed to Neem-Based Products. Agriculture, v. 13, n. 2, p. 292, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020292>.
- Moura AP, Carvalho GA, Moscardini VF, Lasmar O, Rezende DT, Marques MC (2010). Selectivity of pesticides used in integrated apple production to the lacewing, *Chrysoperla externa*. J Insect Sci, 10:121. <https://doi.org/10.1673/031.010.12101>.
- Müller C. Impacts of sublethal insecticide exposure on insects - Facts and knowledge gaps. Basic Appl Ecol 30:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.05.001>.
- Noelia FM, Clara SA, Graciela M, Inés SM (2023). Toxicity assessment of two IGR insecticides on eggs and larvae of the ladybird *Eriopis connexa*. Pest Manag Sci 79:1316-1323. <https://doi.org/10.1002/ps.7293>.
- Oliveira SA, Auad AM, Souza B, Silva DM, Carvalho CA (2010). Effect of temperature on the interaction between *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). Eur J Entomol 107:2.
- Pappas ML, Broufas GD, Koveos DS (2011). Chrysopid predators and their role in biological control. J Entomol, 8:301-326.
- Parra JRP (2014). Biological control in Brazil: an overview. Sci Agric 71:420-429. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0167>.
- Parra JRP (2023). Biological Control in Brazil: state of art and perspectives. Sci Agric 80:e20230080. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0080>.
- Parra JRP, Coelho A (2019). Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. J Insect Sci, 19:5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey112>.
- Pasini RA, Grützmacher AD, Pazini JB, de Armas FS, Bueno FA, Pires SN (2018). Side effects of insecticides used in wheat crop on eggs and pupae of *Chrysoperla externa* and *Eriopis connexa*. Phytoparasitica, 46:115-125. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0639-9>.

- Pasini RA, Rakes M, Castilhos RV, de Armas FS, Pazini, JB, Zantedeschi R, Grützmacher AD (2021). Residual action of five insecticides on larvae and adults of the neotropical predators *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology* 30:44-56. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02314-0>.
- Potin DM, Machado AVA, Barbosa PRR, Torres JB (2022). Multiple factors mediate insecticide toxicity to a key predator for cotton insect pest management. *Ecotoxicology*, 31:490-502. <https://doi.org/10.1007/s10646-022-02526-6>.
- Rakes M, Grützmacher, AD, Pazini, JB, Pasini, RA, Schaedler, CE (2018). Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. *Planta Daninha*, 35:1-6. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100090>.
- R Core Team R. R: A language and environment for statistical computing. 2013.
- Resende ALS, Souza B, Ferreira RB, Aguiar-Menezes EL (2017). Flowers of Apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera). *Biol Cont* 106:0-44. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.12.007>.
- Rimoldi F, Schneider MI; Ronco AE (2012). Short and long-term effects of endosulfan, cypermethrin, spinosad, and methoxyfenozide on adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *J Econ Entomol* 105:1982-1987. <https://doi.org/10.1603/EC12189>.
- Rocha ÉAA, Silva RM, da Silva BKR, Cruz CG, Fernandes FL (2022). Fitness cost and reversion of resistance *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) to chlorpyrifos. *Ecotoxicol Environ Saf* 242:113831. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113831>.
- Santos VP, Ribeiro PCC, Rodrigues LB (2023). Sustainability assessment of coffee production in Brazil. *Environ Sci Pollut Res* 30:11099-11118. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22922-z>.
- Soares ADFT, Carvalho GA (2018). Physiological selectivity of insecticides to eggs and larvae of predator *Chrysoperla externa* (HAGEN) (Neuroptera: Chrysopidae). *Crop Sci* 13:292-303. <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v13i3.1441>.

- Soares WS, Junior SDMD, da Silva ÍW, Rueda AP, de Souza EA, Fernandes FL (2019). Physiological selectivity of insecticides from different chemical groups and cuticle thickness of *Protonectarina sylveirae* (Saussure) and *Brachygastra lecheguana* (Latreille). *Sociobiology* 66:358-366. [10.13102/sociobiology.v66i2.3478](https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i2.3478).
- Souza B, Marucci RC (2021). Biological control in ornamental plants: from basic to applied knowledge. *Ornam Hortic* 27:255-267. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2365>.
- Torres JB, Bueno AF (2018). Conservation biological control using selective insecticides - a valuable tool for IPM. *Biol Cont* 126:53-64. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.012>.
- Van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63:39-59. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>.