



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS MOSSORÓ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

FRANCISCO EDIVINO LOPES DA SILVA

**ASPECTOS RELACIONADOS COM O USO DE PARASITOIDES NO
MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA NO MELOEIRO**

MOSSORÓ – RN

2016

FRANCISCO EDIVINO LOPES DA SILVA

**ASPECTOS RELACIONADOS COM O USO DE PARASITÓIDES NO
MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA NO MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, como parte das exigências do Programa para obtenção do título de mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Elton Lucio de
Araujo – UFERSA

Co-orientador: Prof. Dr. Sc. Rui Sales Júnior
– UFERSA

MOSSORÓ – RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data da defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ
Setor de Informação e Referência

S586a Silva, Francisco Edivino Lopes da.

Aspectos relacionados com o uso de parasitoides no manejo integrado da mosca minadora no meloeiro / Francisco Edivino Lopes da Silva. - Mossoró, 2016.

46f: il.

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Co-Orientador: Prof. Dr. Rui Sales Junior

Dissertação (MESTRADO EM FITOTECNIA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

1. Melão. 2. Controle biológico. 3. Manejo Integrado de Pragas (MIP). I. Título

RN/UFERSA/BOT042

CDD 635.611

FRANCISCO EDIVINO LOPES DA SILVA

**ASPECTOS RELACIONADOS COM O USO DE PARASITOIDES NO
MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA NO MELOEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, como parte das exigências do Programa para obtenção do título de mestre em Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: 29/02/16


BANCA EXAMINADORA



Prof. D.Sc. Rui Sales Júnior
Presidente



Prof. D.Sc. Mauricio Sekiguchi de Godoy
Primeiro membro



Prof. D.Sc. Raimundo Ivan Remígio Silva
Membro externo

Ofereço a Deus, que até então me ajudou com sua infinita graça e misericórdia, a Santíssima Virgem Maria e a todos os anjos e santos do céu pela proteção e auxílio durante todos os momentos de minha vida.

Dedico a meus pais, Maria Raimunda da Silva e Francisco Lopes de Souza, a quem sou grato pelo amor, carinho e por todos os ensinamentos recebidos, e também a meus irmãos Elder, Elizeldo e minha irmã Elizângela, e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Elton Lucio de Araujo pela orientação, aprendizado, ensinamentos, pela confiança em mim depositada, pelo exemplo e pela amizade;

Ao meu co-orientador, Dr. Rui Sales Junior pela amizade e confiança em mim depositada;

A Ewerton Marinho da Costa, meu grande amigo e irmão de todas as horas, a quem sou muito grato por tudo, pelo conteúdo discutido, pela grande ajuda durante a condução dos experimentos, pela ajuda na estatística, pela disponibilidade, pela imensa força, e, sobretudo pelo exemplo de dedicação, pela amizade e pelo exemplo de comprometimento e dedicação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, pela oportunidade de ensino e estrutura física para a realização de pesquisas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de Mestrado, possibilitando o desenvolvimento da pesquisa;

Aos professores Maurício Sekiguchi de Godoy e Raimundo Ivan Remígio Silva, pela disponibilidade, ajuda, e principalmente pela amizade de sempre;

A todos os professores Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA pela contribuição para a minha formação;

Ao amigo Carlos Eduardo e a Jacqueline Alves pela contribuição nas análises estatísticas;

A todos os integrantes e que integraram o Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, sobretudo aos amigos Adriano, André, Arthur, Bárbara, Elania, Fernando, Filho, Flávia, Hellanny, Karol, Matheus, Mayara, Rayane e Roberta;

A todos os meus amigos, especialmente os da UFERSA, da paróquia de Nossa Senhora da Imaculada Conceição, os da Capela de Santa Clara, a todos que fazem parte do movimento Ufersa para Cristo, a Geralda, Diana, dona Auxiliadora e a Marcos Filgueira;

RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivadas na região Nordeste do Brasil. Dentre os principais entraves à produção do meloeiro, a mosca minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) se destaca como uma das principais pragas. Desde a constatação dos inimigos naturais *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) e *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) em áreas de produção de melão do RN e CE, cresceram as perspectivas da utilização do controle biológico nessa região. No entanto, informações sobre o instar preferencial e a competição entre os parasitoides *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. são escassas. Além disso, a conservação desses parasitoides no agrossistema é de fundamental importância para o MIP, sendo assim, é necessário conhecer a ação dos produtos fitossanitários sobre *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi definir o instar preferencial de *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., avaliar a competição entre essas duas espécies e a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro sobre esses dois parasitoides em condições de laboratório. Para determinar o instar preferencial, foram expostas larvas de mosca minadora de primeiro, segundo e terceiro instar para as duas espécies de parasitoides. Os estudos de competição consistiram em avaliar o parasitismo simultâneo de *O. scabriventris* x *Neochrysocharis* sp. nas proporções de 1x1, 2x1, 1x2 para larvas de segundo e terceiro instar de *L. sativae*. A toxicidade dos inseticidas aos parasitoides foram avaliados em ensaios biológicos por meio do contato dos parasitoides com superfície recém-contaminada. Os tratamentos foram: abamectina, clorantniliprole, ciromazina, espinetoram, espinosade e água destilada (Testemunha). Posteriormente, com os parasitoides que sobreviveram aos ensaios de toxicidade, foram avaliados os efeitos subletais dos inseticidas que ocasionaram menor mortalidade sobre a capacidade de parasitismo. Quanto aos ensaios de instar preferencial, *O. scabriventris* parasitou preferencialmente larvas de segundo instar, enquanto que *Neochrysocharis* sp. preferiu larvas de terceiro instar. Em relação aos ensaios de competição, verificou-se que os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. competiram por larvas segundo e terceiro instar de *L. sativae*. Em relação aos ensaios de toxicidade, os inseticidas abamectina, espinetoram e espinosade foram os mais tóxicos aos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. Os inseticidas clorantniliprole e ciromazina ocasionaram redução na capacidade de parasitismo de *O. scabriventris*.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Controle biológico. Seletividade. Parasitismo. Manejo Integrado de Pragas (MIP).

ABSTRACT

The melon (*Cucumis melo* L.) is one of the main cucurbits grown in northeastern Brazil. Among the main obstacles to the production of melon, the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) stands out as one of the main pests. Since the discovery of natural enemies *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) in melon production areas RN and CE, increased the prospects of the use of biological control in this region. However, information on the preferred instar and competition among parasitoids *Opius scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. still are scarce. Furthermore, the conservation of these parasitoids in agrosystem is of fundamental importance to the MIP, therefore, it is necessary to know the action of plant protection products on *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. Therefore, the objective of this study was to define the preferred instar *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp., Evaluate the competition between these two species and the toxicity of insecticides used in melon crop on these two parasitoids in laboratory conditions. To determine the preferred instar were exposed leafminer larvae first, second and third instar for the two species of parasitoids. The competition studies were to assess the simultaneous parasitism *O. scabriventris* x *Neochrysocharis* sp. in proportions of 1x1, 2x1, 1x2 for the second and third larval instar *L. sativae*. The toxicity of insecticides to parasitoids were evaluated in bioassays through contact of parasitoids with freshly contaminated surface. The treatments were: abamectin, cloranthraniliprole, cyromazine, espinetoram, spinosad and distilled water (control). Later, with the parasitoids that survived the tests of toxicity were evaluated sublethal effects of pesticides that caused lower mortality on the parasitism capacity. Regarding preferred instar tests, *O. scabriventris* preferably parasitized second instar larvae, while *Neochrysocharis* sp. preferred third instar larvae. Regarding competition assays, it was found that parasitoids *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. competed for larvae second and third instar *L. sativae*. Regarding toxicity tests, the abamectin, espinetoram and spinosad were the most toxic to the parasitoid *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. The cloranthraniliprole and cyromazine insecticide caused reduction in parasitism capacity of *O. scabriventris*.

Keywords: *Cucumis melo*. Biological control. Selectivity. Parasitism. Integrated Pest Management (IPM).

CAPÍTULO II
LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Parasitismo (%) de *Opius scabriventris* ou *Neochrysocharis* sp. em diferentes instares larvais de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório.....23

Tabela 2 - Taxa (%) de competição de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas de segundo e terceiro instar de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório.....24

Tabela 3 - Taxa (%) de competição de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas de segundo e terceiro instar de *Liriomyza sativae*, em diferentes proporções de parasitoides.25

CAPÍTULO III
LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Inseticidas que foram avaliadas quanto à toxicidade para os parasitoides *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp.....34

Tabela 2 - Mortalidade (%) de *O. scabriventris* após 72h de exposição aos inseticidas.....35

Tabela 3 - Mortalidade (%) de *Neochrysocharis* sp. após 72h de exposição aos inseticidas.....36

CAPÍTULO III
LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem de fêmeas de *Opius scabriventris* que conseguiram parasitar larvas de mosca minadora após 72h de exposição direta aos inseticidas.....38

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	11
INTRODUÇÃO.....	11
REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO II.....	18
INSTAR PREFERENCIAL E COMPETIÇÃO DE <i>Opius scabriventris</i> E <i>Neochrysocharis</i> sp. POR LARVAS DE <i>Liriomyza sativae</i> EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.....	18
RESUMO.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4 CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	27
CAPÍTULO III.....	30
TOXICIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MELOEIRO AOS PARASITÓIDES <i>Opius scabriventris</i> E <i>Neochrysocharis</i> sp. EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.....	30
RESUMO.....	30
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXOS.....	45

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivadas no mundo. Durante a safra de 2013 a produção mundial foi de quase 30 milhões de toneladas, sendo o Brasil o 11º dentre os países produtores dessa fruta (FAO, 2016).

A principal região produtora de melão do Brasil é a região nordeste, que concentra mais de 90% da produção nacional, sendo que os principais produtores são os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que respondem com mais de 77% do volume produzido pelo país (IBGE, 2016).

No entanto, durante o seu cultivo, o meloeiro pode ser acometido por vários problemas fitossanitários, com destaque para o ataque da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) (ARAUJO et. al., 2013). Os principais danos ocasionados por essa praga na cultura são oriundos das larvas, que ao se alimentar do parênquima foliar, ocasionam redução da capacidade fotossintética da planta e do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos (ARAUJO et al., 2007a).

Além disso, essa praga pode ocasionar alto impacto econômico com o aumento nos custos de produção do melão. De acordo com Araujo et al. (2007a) durante a safra de 2004-2005 a mosca minadora foi responsável por um incremento nos custos de produção de R\$ 900,00 por hectare, apenas com o uso de inseticidas, além de proporcionar uma perda na produção de 10 a 15% da área produzida.

Diversas estratégias são utilizadas visando o controle da mosca minadora na cultura do meloeiro como, por exemplo, o uso de mantas do tipo TNT (Tecido Não Tecido) durante aproximadamente os primeiros 28 dias da cultura, implantação de quebra-vento, rotação de cultura, destruição de restos culturais e controle químico, que é o principal método utilizado no controle da mosca minadora (LIMA et al., 2012). Contudo, para o controle da referida praga na cultura do meloeiro, apenas quatro princípios ativos são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (AGROFIT, 2016).

Dessa forma, a adoção de novas estratégias visando o controle da mosca minadora é de fundamental importância para o seu manejo integrado da mosca minadora. O principal objetivo de um sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) é minimizar o uso de

inseticidas, através da utilização de técnicas integradas de maneira harmoniosa, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais e econômicos envolvidos (KOGAN, 1998).

Dentre os métodos utilizados em um programa de MIP, encontra-se o controle biológico, fundamental dentro de um sistema agrícola, principalmente devido à segurança no uso e conservação ambiental (BARRATT et al., 2010).

Em levantamentos realizados por Araujo et al. (2007) durante a safra 2004-2005, em áreas de meloeiro do semiárido do Rio Grande do Norte, foram encontrados parasitoides do gênero *Opius* (Hymenoptera: Braconidae) parasitando a mosca minadora. E mais recentemente, foram encontrados parasitoides do gênero *Neochrysocharis* (Hymenoptera: Eulophidae) associados à mosca minadora em áreas de meloeiro, no entanto, o relato ainda não consta na literatura.

Parasitoides do gênero *Opius* são classificados como endoparasitoides solitários e cenobiontes larva-pupa, e representam um dos principais inimigos naturais do gênero *Liriomyza*, inclusive algumas espécies desse parasitoide já são comercializadas na Europa e Estados Unidos para o controle de agromizídeos (WHARTON, 1993; MURPHY e LA SALLE, 1999; PEREIRA et al., 2002; PETCHARAT et al., 2002; LIU et al., 2009). Em relação à biologia, o parasitoide *Opius scabriventris* apresenta uma duração de ciclo inferior ao do seu hospedeiro em cerca de 2,2 dias a menos na temperatura de 25 °C (COSTA-LIMA et al., 2014).

Parasitoides do gênero *Neochrysocharis* são classificados como endoparasitoides idiobiontes (OSMANKHIL et al., 2010; LUNA et al., 2011). Esses parasitoides são conhecidos por serem polífagos, sendo registrados como parasitoide de mais de 100 espécies de hospedeiros, em quatro ordens diferentes (Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera) (LUNA et al., 2011), além de atuarem como hiperparasitoides. São parasitoides que apresentam alta adaptabilidade e elevado potencial biótico em temperaturas elevadas (SALEH et al., 2010). Parasitoides desse gênero também são apontados em diversos levantamentos como uns dos principais inimigos naturais de espécies de mosca minadora do gênero *Liriomyza*, principalmente devido ao alto índice de parasitismo e a alta frequência desses parasitoide em levantamentos populacionais (HERNÁNDES et al., 2011a; STRAKHOVA, 2013; ALBA, 2014).

Com a descoberta de parasitoides associados ao controle da mosca minadora no semiárido do Rio Grande do Norte, cresceram as perspectivas da utilização do controle biológico nessa região. No entanto, informações sobre a competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. são escassas. Esses dois inimigos naturais estão presentes no mesmo habitat, e por isso eles podem apresentar interações competitivas (LANKAU, 2011).

A competição consiste em uma interação entre dois ou mais organismos em decorrência de compartilhamento de recursos, e ocasiona uma redução de sobrevivência, crescimento e reprodução em pelo menos um dos indivíduos envolvidos (WANG et al., 2008). Portanto, a compreensão de interações competitivas entre parasitoides são de suma importância, pois elas podem afetar o resultado de programas de controle biológico (ROSSBACH et al., 2008).

Alguns estudos foram realizados visando conhecer a competição de parasitoides do gênero *Liriomyza*: competição dos parasitoides *Diglyphus isaea* (Walker) e *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae) com *Dacnusa sibirica* (Telenga) (Hymenoptera: Braconidae) (MITSUNAGA e YANO, 2004); *D. isaea* com *D. sibirica* (BADER et al., 2006); entre os parasitoides *D. isaea* e *Phaedrotoma scabriventris* (Nixon) (Hymenoptera: Braconidae) (AKUTSE et al., 2015). No entanto, informações sobre a competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. em meloeiro são inexistentes.

Além disso, a conservação desses parasitoides no agrossistema é de fundamental importância para o MIP, sendo assim, é necessário conhecer a ação dos produtos fitossanitários sobre esses inimigos naturais (GODOY et al., 2010).

O controle de pragas agrícolas através do uso de produtos fitossanitários é um meio muito eficiente e de grande importância no MIP (UMORU e POWELL, 2002). No entanto, a eficiência no controle biológico pode ser afetada negativamente pelo uso de produtos fitossanitários (TRAN et al., 2004). Dessa forma, é importante a realização de estudos voltados a compatibilizar os controles químico e biológico através de estudos sobre a toxicidade de produtos fitossanitários sobre inimigos naturais (STAPEL et al., 2000).

Na literatura, diversos trabalhos relatam o efeito tóxico de inseticidas sobre inimigos naturais dessa praga, em especial aos parasitoides das famílias Eulophidae e Braconidae

(LARA et al., 2002; TRAN et al., 2004; HERNÁNDEZ et al., 2011a; HERNÁNDEZ et al., 2011b; MOENS et al., 2012; TRAN e UENO, 2012; CHIRINOS et al., 2014; MATSUDA e SAITO, 2014; ARAUJO et al., 2015). Portanto, o desenvolvimento de pesquisas visando integração de inseticidas e controle biológico torna-se fundamental para o MIP na cultura do meloeiro.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT - **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 11 jan. 2016.
- AKUTSE, K. S.; VAN DEN BERG, J.; MANIANIA, N. K.; FIABOE, K. K. M.; EKESI, S. Interactions between *Phaenobothris scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, v. 80, p. 8–13, 2015.
- ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca-minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.210-212. 2007.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S.. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; BEZERRA, C. E. S.; COSTA, E. M. Toxicity of insecticides used in melon crops to *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, 2015.
- BADER, A. E.; HEINZ, K. M.; WHARTON, R. A.; BOGRÁN, C. E. Assessment of interspecific interactions among parasitoids on the outcome of inoculative biological control of leafminers attacking chrysanthemum. **Biological Control**, v. 39, n. 3, p. 441-452, 2006.
- BARRATT, B. I. P.; HOWARTH, F. G.; WITHERS, T. M.; KEAN, J. M.; RIDLEY, G. S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v. 52, n. 3, p. 245-254, 2010.
- CHIRINOS, D. T.; DÍAZ, A.; GERAUD-POUEY, F. Control biológico natural ejercido por parasitoides sobre el minador de la hoja *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) en cebollín (*Allium fistulosum* L.). **Entomotropica**, v. 29, n. 3, p. 129-138, 2014.
- COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Temperature-dependent development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 245, 2014.
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT 2014. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acesso em: 13 jan. 2013.
- GODOY, M. S.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, B. F.; LASMAR, O. Seletividade fisiológica de inseticidas em duas espécies de crisopídeos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1253-1258, 2010.
- HERNÁNDEZ, R.; GUO, K.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Effects of selected insecticides on adults of two parasitoid species of *Liriomyza trifolii* : *Ganaspidium nigrimanus* (Figitidae) and *Neochrysocharis formosa* (Eulophidae). **Insect Science**, v. 18, p. 512–520, 2011a.
- HERNÁNDEZ, R.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 61, p. 1-14, 2010b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Lavoura temporária. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

LANKAU, R. A. Rapid evolutionary change and the coexistence of species. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 42, p. 335-354, 2011.

LARA, R. I. R.; PERIOTO, N. W.; SANTOS, J. C. C.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E. S. Avaliação de thiamethoxam 250WG no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) e de sua seletividade sobre himenópteros parasitóides em cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, n.3, p.57-61, 2002.

LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; RUGAMA, A. J. M.; GODOY, M. S. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.

LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

LUNA, M. G.; WADA, V. I.; LA SALLE, J.; SÁNCHEZ, N. E. *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a Newly Recorded Parasitoid of the Tomato Moth, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in Argentina. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, p. 412-414, 2011.

MATSUDA, K.; SAITO, T. Insecticide susceptibility and carboxylesterase activity in leafminers (Diptera: Agromyzidae) and their associated hymenopteran Parasitoids. **Crop Protection**, v. 55, p. 50-54, 2014.

MITSUNAGA, T.; YANO, E. The effect of multiple parasitism by an endoparasitoid on several life history traits of leafminer ectoparasitoids. **Applied Entomology and Zoology**, v. 39, n. 2, p. 315-320, 2004.

MOENS, J.; TIRRY, L.; DE CLERCQ, P. Susceptibility of cocooned pupae and adults of the parasitoid *Microplitis mediator* to selected insecticides. **Phytoparasitica**, v. 40, p. 5-9, 2012.

MURPHY, S. T.; LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v.20, n.3, p.91-104, 1999.

OSMANKHIL, M. H.; MOCHIZUKI, A.; HAMASAKI, K.; IWABUCHI, K. Oviposition and larval development of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae) inside the host larvae, *Liriomyza trifolii*. **JARQ**, v. 44, n. 1, p. 33 – 36, 2010.

PEREIRA, D. I. D. P., SOUZA, J., SANTA-CECÍLIA, L. V. C., REIS, P. R., SOUZA, M. D. A. Parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) pelo parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) na cultura da batata com faixas de feijoeiro intercaladas. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n. 5, p. 955-963, 2002.

PETCHARAT, J. LING, Z.; WEIQIU, Z.; ZAIFU, X.; QUISONG, W. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.24, n.3, p.467-472. 2002.

ROSSBACH, A.; LÖHR, B.; VIDAL, S. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* Hellen and *Diadegma mollipla* (Holmgren), parasitoids of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding on a new host plant. **Bulletin of Entomological Research**, v. 98, n. 02, p. 135-143, 2008.

SALEH, A.; ALLAWI, T. F.; GHABEISH, I. Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Eulophidae: Hymenoptera), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 2, p. 59-67, 2010.

STAPEL, J. O.; CORTESERO, A. M.; LEWIS, W. J. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. **Biological Control**, v. 17, n. 3, p. 243-249, 2000.

STRAKHOVA, I. S.; YEFREMOVA, Z. A.; VON TSCHIRNHAUS, M.; YEGORENKOVA, E. N. The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the Middle Volga Basin. **Entomological Review**, v. 93, n. 7, 2013.

TRAN, D. H.; TAKAGI, M.; TAKASU, K. Effects of selective insecticides on host searching and oviposition behavior of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a larval parasitoid of the American serpentine leafminer. **Applied Entomology Zoology**, v. 39, n. 3, p. 435-441, 2004.

TRAN, DANG HOA; UENO, TAKATOSHI. Toxicity of Insecticides to *Neochrysocharis okazakii*, a Parasitoid. **Journal Faculty of Agriculture Kyushu University**, v. 57, n. 1, p. 127-131, 2012.

UMORU, P. A.; POWELL, W. Sub-lethal effects of insecticides primicarb and dimethoate on the aphid parasitoid *Diaeratiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) when attacking and developing in insecticide-resistance hosts. **Biocontrol Science Technology**, v. 12, p. 605-614, 2002.

WANG, X. G.; BOKONON-GANTA, A. H.; MESSING, R. H. Intrinsic inter-specific competition in a guild of tephritid fruit fly parasitoids: effect of co-evolutionary history on competitive superiority. **Biological Control**, v. 44, n. 3, p. 312-320, 2008.

WHARTON, R. A. Bionomics of the Braconidae. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p.121-143. 1993.

CAPÍTULO II

INSTAR PREFERENCIAL E COMPETIÇÃO DE *Opius scabriventris* E *Neochrysocharis* sp. POR LARVAS DE *Liriomyza sativae* EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**RESUMO**

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivadas na região Nordeste do Brasil. Dentre os principais entraves à produção do meloeiro, a mosca minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) se destaca como uma das principais pragas. Para o controle dessa praga, é essencial a adoção de medidas de controle, sendo o controle biológico uma alternativa promissora. Dentre os principais inimigos naturais da mosca minadora presentes nas áreas de meloeiro do RN e CE encontram-se os parasitoides *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) e *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae). O objetivo do presente estudo foi definir o instar preferencial dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. bem como de avaliar a competição entre ambos os parasitoides, em condições de laboratório. Para determinar o instar preferencial, foram expostas larvas de mosca minadora de primeiro, segundo e terceiro instar para as duas espécies de parasitoides. Os tratamentos de competição consistiram em avaliar o parasitismo simultâneo de *O. scabriventris* x *Neochrysocharis* sp. nas proporções de 1x1, 2x1, 1x2 em larvas de segundo e terceiro instar de *L. sativae*. O parasitoide *O. scabriventris* preferiu larvas de segundo instar, enquanto que *Neochrysocharis* sp. larvas de terceiro instar. Verificou-se a existência de competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas segundo e terceiro instar de *L. sativae*.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Controle biológico. Parasitismo. Manejo Integrado de Pragas (MIP).

CHAPTER II

INSTAR PREFERENCE AND COMPETITION OF *Opius scabriventris* AND *Neochrysocharis* sp. BY *Liriomyza sativae* LARVAE IN LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT

The melon (*Cucumis melo* L.) is a major cucurbits grown in northeastern Brazil. Among the main barriers to the production of melon, the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) stands out as one of the main pests. To control this pest, it is essential to adopt control measures, being the biological control a promising alternative. Among the main natural enemies of leafminer present in the areas of melon RN and CE are the parasitoids *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae). The aim of this study was to define the instar preference of parasitoids *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. and to evaluate the competition between both parasitoids in laboratory conditions. To determine the instar preference, were exposed larvae second and third instar for both species of parasitoids. Competition treatments were to assess the simultaneous parasitism *O. scabriventris* x *Neochrysocharis* sp. in proportions of 1x1, 2x1, 1x2 in the larvae second and third instar of *L. sativae*. The parasitoid *O. scabriventris* preferably parasitized larvae of second instar, while *Neochrysocharis* sp. larvae of third instar. It was found the existence of competition among parasitoids *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. by larvae second and third instar *L. sativae*.

Keywords: *Cucumis melo*. Biological control. Parasitism. Integrated Pest Management (IPM).

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivada na região semiárida do nordeste brasileiro. Essa região é responsável por mais de 90% da produção nacional, sendo os estados do Rio Grande do Norte (RN) e Ceará (CE) os principais produtores e exportadores de melão do Brasil (APEX, 2014; IBGE, 2015).

Atualmente, a mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) é considerada um dos principais entraves fitossanitário para produção de melão no semiárido do RN e CE (ARAUJO et al., 2013). As larvas dessa praga ao se alimentarem, consome o mesófilo foliar e reduz a capacidade fotossintética da planta e o teor de sólidos solúveis totais dos frutos (°Brix), comprometendo a comercialização da produção (ARAUJO et al., 2007a; ARAUJO et al., 2013).

Desse modo, é imprescindível a adoção de estratégias de manejo integrado visando à redução da população da mosca minadora nas áreas de produção de melão. Uma das medidas promissora consiste na inserção do controle biológico, principalmente devido à segurança no uso e conservação ambiental (BARRATT et al., 2010). Dentre os principais inimigos naturais da mosca minadora presentes nas áreas de meloeiro do RN e CE encontram-se os parasitoides *Opius scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) e *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae).

Parasitoides dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis* são relatados em diversas partes do mundo como eficientes na regulação de populações de *Liriomyza* spp. e representam uns dos principais inimigos naturais do gênero *Liriomyza*, inclusive algumas espécies do gênero *Opius* são comercializados para o controle de espécies de mosca minadora, na Europa e nos Estados Unidos (WHARTON, 1993; MURPHY e LA SALLE, 1999; PETCHARAT et al., 2002; LIU et al., 2009; HERNÁNDEZ et al., 2011; STRAKHOVA, 2013; ALBA, 2014). Apesar de ambos serem endoparasitoides de mosca minadora, eles apresentam comportamentos distintos, pois enquanto os parasitoides pertencentes ao gênero *Opius* são coinobiontes de larva-pupa, os parasitoides pertencentes ao gênero *Neochrysocharis* são idiobiontes de larva (PEREIRA et al., 2002; OSMANKHIL et al., 2010).

Um fator importante que pode afetar o parasitismo é o instar do hospedeiro (HALIMA et al., 2013). A preferência dos parasitoides por um instar específico pode influenciar diretamente no índice de parasitismo e na sobrevivência do hospedeiro, o que torna necessária a realização de pesquisas sobre o tema (LI et al., 2006).

Além disso, esses dois inimigos naturais estão presentes no mesmo habitat, e por isso eles podem apresentar interações competitivas (LANKAU, 2011). Competição é uma interação entre dois ou mais organismos em decorrência de compartilhamento de recursos, que ocasiona uma redução de sobrevivência, crescimento e reprodução em pelo menos um dos indivíduos envolvidos (WANG et al., 2008). Compreender essas interações competitivas é de suma importância, pois elas podem afetar o resultado de programas de controle biológico (ROSSBACH et al., 2008).

Alguns estudos relatam a existência de competição entre parasitoides no controle de minadores do gênero *Liriomyza* (MITSUNAGA e YANO, 2004; BADER et al., 2006; AKUTSE et al., 2015). No entanto, informações sobre a competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. em meloeiro, no ambiente semiárido, são inexistentes. Portanto o objetivo do presente estudo foi definir o instar preferencial de *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., bem como avaliar a competição entre essas duas espécies, em condições de laboratório, e suas implicações no controle biológico de *L. sativae*, em plantas de meloeiro, cultivadas no semiárido brasileiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

As plantas de meloeiro utilizadas foram obtidas a partir da semeadura de sementes em bandejas de poliestireno de 162 células, contendo como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix.®. Após o desenvolvimento, as plântulas (10 dias após o plantio) foram transplantadas para vasos de polietileno (10 cm de diâmetro x 10 cm de altura), utilizando como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix.® com matéria orgânica, na proporção de 75% e 25%, respectivamente. Após o transplante, as mudas permaneceram em casa de vegetação com tela anti-afídio, até atingirem o desenvolvimento foliar ideal (duas folhas verdadeiras formadas) para realização dos ensaios.

Os insetos utilizados nos ensaios foram provenientes das criações de manutenção existentes no próprio Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, que segue as metodologias de criação descritas por Araujo et al. (2007b), Silva (2008) e Saleh et al. (2010).

Para determinar o instar larval de *L. sativae* preferido pelos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., inicialmente, foram produzidas plantas de meloeiro em

casa de vegetação, como citado anteriormente, e quando apresentavam duas folhas verdadeiras formadas foram expostas à infestação da mosca minadora em gaiolas de criação (50 X 50 X 50 cm), durante 15 min. Em seguida, as plantas foram transportadas para casa de vegetação. Após a eclosão das larvas (2 dias após a infestação), foi contabilizado o número de larvas por planta. Em seguida as plantas com as larvas de mosca minadora de primeiro, segundo e de terceiro instar, em três dias diferentes, respectivamente, foram expostas à fêmeas acasaladas do parasitoide com idade entre 24-96h, na proporção de um parasitoide para 10 larvas da mosca minadora. A exposição das larvas aos parasitoides foi realizada separadamente para as duas espécies de parasitoides, em gaiolas (50 X 50 X 50 cm) durante 24h (ANEXO A).

Após esse tempo, as plantas foram individualizadas em bandejas plásticas e acondicionadas em sala climatizada ($25^{\circ}\text{C}\pm 2$, $70\%\pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas), onde permaneceram até a saída das larvas da folha para pupar (ANEXO B). Os pupários obtidos em cada repetição foram contabilizados e acondicionados em placas Petri fechadas com filme plástico, onde permaneceram até a emergência dos adultos (parasitoide *Opius* ou mosca). Após 72h as plantas foram avaliadas para constatar a presença de pupários do parasitoide *Neochrysocharis* sp. O índice de parasitismo foi calculado pela fórmula: $\text{I.P.} = (\text{n}^{\circ} \text{ de parasitoides} / \text{n}^{\circ} \text{ de larvas}) \times 100$. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com dez repetições.

Para avaliar o efeito da competição entre os parasitoides, plantas de meloeiro foram infestadas como descrito anteriormente, e foram expostas aos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. simultaneamente em gaiolas (50 X 50 X 50 cm) durante 24h (ANEXO A). Para este ensaio, também foram utilizadas fêmeas acasaladas com idade entre 24-96h, na proporção de um parasitoide para 10 larvas da mosca minadora. Os ensaios de competição consistiram em avaliar o parasitismo simultâneo de *O. scabriventris* x *Neochrysocharis* sp., nas proporções de 1x1, 2x1, 1x2, respectivamente, em larvas de segundo e terceiro instar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 2X2X3 (2 instares larvais, 2 espécies de parasitoide e 3 proporções) com 10 repetições (plantas).

Na análise dos dados em ambos os ensaios, as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Os testes foram realizados utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7 beta (2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de parasitismo de ambos os parasitoides variaram de acordo com o instar de *L. sativae*. O parasitoide *O. scabriventris* parasitou larvas de todos os instares, no entanto os maiores índices de parasitismo foram observados em larvas de segundo instar, com média de 37,8%, enquanto que o parasitismo em larvas de primeiro e terceiro instar foi de 28,6% e 20,2%, respectivamente. O parasitoide *Neochrysocharis* sp. não parasitou larvas de primeiro instar, mas parasitou larvas de segundo instar com um índice de parasitismo de 21,8% e demonstrou preferência em parasitar larvas de terceiro instar, onde alcançou o maior índice de parasitismo (40,2%) (Tabela 1).

Tabela 1: Parasitismo (%) de *Opius scabriventris* ou *Neochrysocharis* sp. em diferentes instares larvais de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório.

Parasitoide	Instar larval		
	1°	2°	3°
<i>Opius scabriventris</i>	28,6 b	37,8 a	20,2 b
<i>Neochrysocharis</i> sp.	0,0 c	21,8 b	40,2 a

*médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Assim como observado neste trabalho para *O. scabriventris*, Chien e Chang (2012) também relataram que o braconídeo *Opius caricivora* (Fischer) (Hymenoptera: Braconidae) parasitou os três instares larvais de três espécies *Liriomyza*, e apresentou preferência por larvas de segundo e terceiro instar. Chien e Ku (2001) estudaram duas espécies de *Neochrysocharis* e verificaram que ambas não parasitaram larvas de *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) no primeiro instar, e apresentaram preferência por larvas de terceiro instar, corroborando com os resultados do presente trabalho.

O fato do parasitoide *Neochrysocharis* sp. preferir larvas de terceiro instar, pode estar relacionado com a sua biologia. Esta espécie é um parasitoide idiobionte, ou seja, matam seu hospedeiro no momento do parasitismo ao injetar veneno (OSMANKHIL et al., 2010) e dessa forma, larvas de tamanho reduzido podem não oferecer a quantidade necessária de recursos para o parasitoide completar seu ciclo, ou mesmo gerar adultos menores e menos fecundos (FELLOWES et a., 2005). Esta mesma relação não deve ser esperada para parasitoides

coinobiontes, como *O. scabriventris*, em que seu hospedeiro continua a se desenvolver após o parasitismo (HARVEY e STRAND, 2002).

Com relação ao estudo de competição, verificou-se que *O. scabriventris* apresentou um maior índice de parasitismo em larvas de segundo instar, enquanto que *Neochrysocharis* sp. obteve um maior parasitismo em larvas de terceiro instar (Tabela 2).

Tabela 2: Taxa (%) de competição de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas de segundo e terceiro instar de *Liriomyza sativae*, em condições de laboratório.

Instar larval	Parasitoide	
	<i>Opius scabriventris</i>	<i>Neochrysocharis</i> sp
Segundo	37,1 aA	26,0 bB
Terceiro	19,1 bB	39,6 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Outros pesquisadores também verificaram a existência de competição entre parasitoides por larvas de mosca minadora. Em ensaios de competição realizados por Mitsunaga e Yano (2004), verificou-se que o parasitismo do braconídeo *Dacnusa sibirica* (Telenga) (Hymenoptera: Braconidae) foi fortemente afetado pelo parasitismo dos ectoparasitoides ideobiontes *Diglyphus isaea* (Walker) e *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae) em larvas de *L. trifolii*. Akutse et al. (2015) estudaram a competição existente entre os parasitoides *Phaedrotoma scabriventris* (Nixon) (Hymenoptera: Braconidae) e *D. isaea*, e foi observado que a presença de *D. isaea* ocasionou uma redução na taxa de parasitismo específica de *P. scabriventris*. Entretanto, em condições de semi-campo, Bader et al. (2006) não observaram existência de competição entre os parasitoides *D. sibirica* e *D. isaea*, em baixa densidade de *Liriomyza langei* (Frick) (Diptera: Agromyzidae) em crisântemo.

O parasitismo também variou de acordo com a proporção de parasitoides. Os maiores índices de parasitismo foram obtidos nas seguintes proporções: 1x1 e de 2x1 de *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3: Taxa (%) de competição (%) de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas de segundo e terceiro instar de *Liriomyza sativae*, em diferentes proporções de parasitoides.

Instar larval	Proporções de <i>O. scabriventris</i> x <i>Neochrysocharis</i> sp.		
	1x1	2x1	1x2
Segundo	36,4 aA	37,7 aA	20,5 bB
Terceiro	29,8 aA	29,0 bA	29,2 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Outros pesquisadores também verificaram efeito aditivo positivo na utilização conjunta de parasitoides. Akutse et al. (2015) estudando a interação dos parasitoides *P. scabriventris* e *D. isaea*, verificaram um aumento no índice de parasitismo quando essas espécies foram utilizadas simultaneamente.

Verificou-se também que independente da proporção, *O. scabriventris* não apresentou efeito negativo sobre o parasitismo de *Neochrysocharis* sp., enquanto que na proporção de 2 *Neochrysocharis* sp. para 1 *O. scabriventris*, houve uma redução no índice de parasitismo do braconídio (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por outros pesquisadores. Mitsunaga e Yano (2004), observaram que a presença de *D. sibirica* não afetou o parasitismo de *D. isaea* e *H. varicornis*. Akutse et al. (2015) verificaram que embora a presença de *P. scabriventris* não ocasionasse nenhum efeito sobre o parasitismo de *D. isaea*, a presença deste reduziu o parasitismo de *P. scabriventris* em comparação com a taxa de parasitismo isolado.

O efeito aditivo positivo do parasitismo resultante da presença simultânea dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. é importante para o incremento no controle biológico da mosca minadora nos programas de MIP na cultura do meloeiro.

5 CONCLUSÕES

Opius scabriventris parasitou preferencialmente larvas de segundo instar, enquanto *Neochrysocharis* sp. parasitou preferencialmente larvas de terceiro instar de *L. sativae*.

Verificou-se a existência de competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas segundo e terceiro instar de *L. sativae*.

REFERÊNCIAS

- AKUTSE, K. S.; VAN DEN BERG, J.; MANIANIA, N. K.; FIABOE, K. K. M.; EKESI, S. Interactions between *Phaedrotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, v. 80, p. 8-13, 2015.
- ALBA, M. D. A. Leafminers management. In: **Biopesticides obtained from plants, another result from coevolution**. Current situation and usefulness. Fundación Cajamar, 2014, p. 303-328.
- ARAUJO, E. L. FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007a.
- ARAUJO, E. L.; PINHEIRO, S. A. M.; GEREMIAS, L. D.; NETTO, A. C. M.; MACEDO, L. P. M. Técnica de criação da mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). **Campo Digital**, v.2, n.1, p.22-26, 2007b.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.
- BADER, A. E.; HEINZ, K. M.; WHARTON, R. A.; BOGRÁN, C. E. Assessment of interspecific interactions among parasitoids on the outcome of inoculative biological control of leafminers attacking chrysanthemum. **Biological Control**, v. 39, n. 3, p. 441-452, 2006.
- BARRATT, B.I.P.; HOWARTH, F.G.; WITHERS, T.M.; KEAN, J.M.; RIDLEY, G.S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v. 52 p. 245–254, 2010.
- CHIEN, C. C.; KU, S. C. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). **Formosan Entomol**, v. 21, p. 89-97, 2001.
- CHIEN, C. C.; CHANG, S. C. Effect of Host and Instar Preference on the Development and Oviposition of the Endoparasitoid *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae). **Taiwan Investigação Agrícola**, v. 61, n. 3, p. 165-171, 2012.
- FELLOWES, M. D. E.; VAN ALPHEN, J. J. M.; JERVIS, M. A. Foraging behavior. In: JERVIS, M. A. **Insects as natural enemies: a practical perspective**. Springer, 2005. Chap. 1, p. 1-71.
- HALIMA, M. K. B.; BOUAGGA, S.; LACHAB, N. Preferential host instars of *Aphidius colemani* Vierreck (Hymenoptera, Braconidae) to mealy plum aphid *Hyalopterus pruni* Geoffroy. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 27-31, 2013.
- HARVEY, J. A.; STRAND, M. R. The developmental strategies of endoparasitoid wasps vary with host feeding ecology. **Ecology**, v. 83, n. 9, p. 2439-2451, 2002.
- HERNÁNDEZ, R.; GUO, K.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Effects of selected insecticides on adults of two parasitoid species of *Liriomyza trifolii*: *Ganaspidium nigrimanus* (Figitidae) and *Neochrysocharis formosa* (Eulophidae). **Insect Science**, v. 18, p. 512–520, 2011.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. 2015. Lavoura temporária. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2015.
- LANKAU, R. A. Rapid evolutionary change and the coexistence of species. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 42, p. 335-354, 2011.
- LI, J.; COUDRON, T. A.; PAN, W.; LIU, X.; LU, Z.; ZHANG, Q. Host age preference of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control**, v. 39, n. 3, p. 257-261, 2006.
- LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 4, p. 1-16. 2009.
- MITSUNAGA, T.; YANO, E. The effect of multiple parasitism by an endoparasitoid on several life history traits of leafminer ectoparasitoids. **Applied entomology and zoology**, v. 39, n. 2, p. 315-320, 2004.
- MURPHY, S. T.; LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v.20, n.3, p.91-104, 1999.
- OSMANKHIL, M. H.; MOCHIZUKI, A.; HAMASAKI, K.; IWABUCHI, K. Oviposition and larval development of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae) inside the host larvae, *Liriomyza trifolii*. **Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ**, v. 44, n. 1, p. 33-36, 2010.
- PEREIRA, D. I. D. P.; SOUZA, J. C. D.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; REIS, P. R.; SOUZA, M. D. A. Parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) pelo parasitóide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) na cultura da batata com faixas de intercaladas. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.5, p.955-963, 2002.
- PERFIL EXPORTADOR DOS MELÕES BRASILEIROS, Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos – **APEXBRASIL**. Disponível em: <http://www.apexbrasil.com.br/Home/Index>. Acesso em: 10/12/2015.
- PETCHARAT, J. LING, Z.; WEIQIU, Z.; ZAIFU, X.; QUISONG, W. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.24, n.3, p.467-472. 2002.
- ROSSBACH, A.; LÖHR, B.; VIDAL, S. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum* Hellen and *Diadegma mollipla* (Holmgren), parasitoids of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L), feeding on a new host plant. **Bulletin of Entomological Research**, v. 98, n. 02, p. 135-143, 2008.
- SALEH, A.; ALLAWI, T. F.; GHABEISH, I. Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Eulophidae: Hymenoptera), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 2, p. 59-67, 2010.
- SILVA, R. K. B. Técnica de criação e aspectos do parasitismo de *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) sobre a mosca-minadora, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), em meloeiro. 2008. 51f Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). - Departamento de Ciências Vegetais Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA. Mossoró - RN.

STRAKHOVA, I. S.; YEFREMOVA, Z. A.; VON TSCHIRNHAUS, M.; YEGORENKOVA, E. N. The parasitoid complex (Hymenoptera, Eulophidae) of leafminer flies (Diptera, Agromyzidae) in the Middle Volga Basin. **Entomological Review**, v. 93, n. 7, 2013.

WANG, X. G.; BOKONON-GANTA, A. H.; MESSING, R. H. Intrinsic inter-specific competition in a guild of tephritid fruit fly parasitoids: effect of co-evolutionary history on competitive superiority. **Biological Control**, v. 44, n. 3, p. 312-320, 2008.

WHARTON, R. A. Bionomics of the Braconidae. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p.121-143. 1993.

CAPÍTULO III

**TOXICIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA
DO MELOEIRO AOS PARASITOIDES *Opius scabriventris*
E *Neochrysocharis* sp. EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO**

RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivadas na região Nordeste do Brasil. Durante o seu cultivo, o meloeiro pode ser acometido por vários problemas fitossanitários, com destaque para o ataque da mosca minadora *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Para o controle dessa praga, é essencial a adoção de medidas de controle como a utilização de inseticidas e o controle biológico. No entanto, estudos sobre a toxicidade dos inseticidas utilizados na cultura do meloeiro sobre os inimigos naturais da mosca minadora ainda são escassos. Portanto o objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do melão contra os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. O experimento foi realizado em condições de laboratório, em delineamento inteiramente casualizado. A toxicidade dos inseticidas aos parasitoides foi avaliada em ensaios biológicos por meio do contato dos parasitoides com superfície recém-contaminada. Os tratamentos foram: abamectina, clorantraniliprole, ciromazina, espinetoram, espinosade e água destilada (Testemunha). Posteriormente, com os parasitoides que sobreviveram aos ensaios de toxicidade, foram avaliados os efeitos subletais dos inseticidas que ocasionaram menor mortalidade sobre a capacidade de parasitismo. Dentre os inseticidas avaliados, abamectina, espinetoram e espinosade foram os mais tóxicos aos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. Os inseticidas clorantraniliprole e ciromazina ocasionaram redução na capacidade de parasitismo de *O. scabriventris*.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. Controle químico. Controle biológico. Seletividade. Manejo Integrado de Pragas (MIP).

CHAPTER III

TOXICITY OF INSECTICIDES USED IN MELON CROP TO *Opius scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. in LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT

The melon (*Cucumis melo* L.) is a major cucurbits grown in northeastern Brazil. During cultivation, the melon can be affected by various phytosanitary problems, especially the attack of the leaf miner *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). To control this pest, it is essential to adopt measures to control the use of pesticides and biological control. However, studies on the toxicity of pesticides used in the melon crop on natural enemies of leafminer are still scarce. Therefore the aim of this study was to evaluate the toxicity of insecticides used in melon crop against parasitoids *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. The experiment was conducted in laboratory conditions, in a completely randomized design. The toxicity of insecticides to parasitoids was evaluated in biological assays through contact of parasitoids with freshly contaminated surface. The treatments were: abamectin, chlorantraniliprole, cyromazine, spinetoram, spinosad and distilled water (control). Posteriorly, with the parasitoids that survived the tests of toxicity, were evaluated sublethal effects of pesticides that caused lower mortality on parasitism capacity. Among the evaluated pesticides, abamectin, spinetoram and spinosad are the most toxic to the parasitoid *O. scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. The chlorantraniliprole and cyromazine insecticides caused a reduction in capacity of parasitism of *O. scabriventris*.

Keywords: *Cucumis melo*. Chemical control. Biological control. Selectivity. Integrated Pest Management (IPM).

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais cucurbitáceas cultivadas na região Nordeste do Brasil, com destaque aos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que respondem por mais de 77% do volume produzido e por quase 99% das exportações nacionais de melão (APEX, 2014; IBGE, 2016).

Durante o seu cultivo, o meloeiro é acometido por vários problemas de ordem fitossanitária, destacando-se o ataque da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) (ARAUJO et al., 2013). Os principais prejuízos decorrentes do ataque dessa praga são à redução da capacidade fotossintética da planta e do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos, o que compromete a comercialização da produção (ARAUJO et al., 2007; ARAUJO et al., 2013).

Diante do ataque da mosca minadora, é essencial a adoção de medidas de controle, sendo a aplicação de inseticidas sintéticos o método mais utilizado nas áreas de produção de melão do Rio Grande do Norte e Ceará (LIMA et al., 2012). No entanto, as exigências impostas pelo mercado consumidor têm forçado os produtores a se adaptarem ao manejo integrado de pragas (MIP) e a produção integrada de frutas (PIF).

Nesse cenário, uma alternativa promissora para reduzir as populações de mosca minadora no campo, consiste na utilização do controle biológico através do uso de inimigos naturais, principalmente por ser uma medida eficiente e não oferecer riscos ao meio ambiente (BARRATT et al, 2010). O controle biológico é uma medida básica dentro de programas de MIP e PIF, e nesses programas são produzidos frutos de melhor qualidade, pois priorizam o uso de táticas que visam preservar e promover a ação dos inimigos naturais, especialmente predadores e parasitoides, no controle de insetos-praga (MOURA et al., 2010).

Dentre os principais inimigos naturais da mosca minadora presentes nas áreas de meloeiro do RN e CE encontram-se os parasitoides *Opius scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) e *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae). Em diversas partes do mundo, parasitoides dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis* são relatados como importantes inimigos naturais de *Liriomyza* spp. e, inclusive, algumas espécies de *Opius* são comercializadas na Europa e nos Estados Unidos para o controle dessa praga (WHARTON, 1993; MURPHY e LA SALLE, 1999; PETCHARAT et al., 2002; LIU et al., 2009; ALBA, 2014).

Para preservação de inimigos naturais em áreas agrícolas, é imprescindível o conhecimento sobre a seletividade de inseticidas a esses insetos. Nesse cenário, diversas

pesquisas sobre toxicidade de inseticidas já foram realizadas no mundo, com produtos registrados para diferentes culturas, visando integrar o controle biológico ao controle químico, inclusive sobre parasitoides dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis* (LARA et al., 2002; PRIJONO et al., 2004; HOSSAIN; POEHLING 2006; EL BOUHSSINI et al., 2008; HERNÁNDEZ et al., 2010).

No entanto, para os inseticidas utilizados na cultura do meloeiro, nas dosagens recomendadas no Brasil, as informações são restritas a um único trabalho realizado por Araujo et al. (2015), em condições de laboratório. Os referidos autores observaram que entre os oito inseticidas avaliados, apenas os inseticidas abamectina e cloridrato de cartap ocasionaram alta mortalidade, enquanto que ciromazina, pyriproxifem, tiametoxam, acetamiprido e indoxacarbe foram inofensivos ao *O. scabriventris*. Contudo, além dos efeitos letais, a compreensão dos efeitos subletais sobre aspectos biológicos desses inimigos naturais são de suma importância, uma vez que, produtos que não ocasionam mortalidade a um determinado inimigo natural podem afetar alguns parâmetros biológicos, como sua capacidade reprodutiva (DESNEAUX et al., 2007; BIONDI et al., 2013).

Dessa forma, considerando a importância dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. no controle da mosca minadora do meloeiro, é fundamental a realização de estudos sobre o efeito de inseticidas nos parasitoides. Portanto o objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade letal e subletal dos principais inseticidas utilizados na cultura do meloeiro, para o controle da mosca minadora, sobre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., em condições de laboratório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, em sala climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os ensaios foram realizados usando adultos dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., não sexados, com idade entre 24 e 96 h, provenientes das criações de manutenção do referido laboratório.

A toxicidade dos inseticidas aos parasitoides foi avaliada por meio do contato dos parasitoides com superfície recém-contaminada, de acordo com a metodologia utilizada por Araujo et al. (2015). A exposição dos parasitoides aos inseticidas foi realizada dentro de

arenas plásticas (8 cm altura x 8 cm diâmetro para o *Opius* e 6 cm altura x 6 cm diâmetro para *Neochrysocharis* sp.). Estas arenas continham perfurações na tampa para permitir a circulação de ar em seu interior (ANEXO C). Durante os ensaios, os parasitoides foram alimentados com uma solução de mel (10% em água).

Os tratamentos consistiram de quatro inseticidas utilizados na cultura do meloeiro e um inseticida utilizado na cultura da melancia (*Citrulus lanatus*) para o controle da mosca minadora, nas dosagens recomendada pelos fabricantes (Tabela 1). Como tratamento controle, foi utilizada água destilada.

Tabela 1. Inseticidas que foram avaliadas quanto à toxicidade para os parasitoides *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp.

Princípio Ativo	Grupo Químico	Modo de ação	Concentração	Praga Alvo
Abamectina	Avermectinas	Contato e ingestão	0,0180 ml. p. c/l	<i>Liriomyza</i> spp.
Clorantroliprole	Antranilamida	Contato e ingestão	0,075 ml. p. c/l	<i>Diaphania</i> spp.
Ciromazina	Triazinamina	Sistêmico e ingestão	0,3 g. p. c/l	<i>Liriomyza</i> spp.
Espinosade*	Espinosas	Contato e ingestão	0,4 ml. p. c/l	<i>Liriomyza</i> spp.
Espinetoram	Espinosinas	Contato e ingestão	0,16 g. p. c/l	<i>Liriomyza</i> spp.

*Inseticida registrado para o controle da mosca minadora na cultura da melancia.

As arenas dos bioensaios foram pulverizadas utilizando um pulverizador manual com uma taxa de fluxo de 0,58 mL / s e uma taxa média de aplicação 0.00583 mL / cm², conforme as recomendações de Sterk et al. (1999). O cálculo do volume médio foi realizada de acordo com o método proposto por Carvalho et al. (2002), no qual dez discos de papel filme com 13 cm² de diâmetro foram pesados individualmente e, em seguida, pulverizados com água destilada. A média foi obtida pela diferença entre o peso húmido e seco peso do papel filtro. Os adultos dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. foram distribuídos no interior das arenas com o auxílio de sugador entomológico logo após a pulverização dos tratamentos, sendo dessa forma expostos à superfície recém pulverizada.

A mortalidade dos parasitoides foi avaliada a 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 12h, 24h, 48h e 72 h após a aplicação dos tratamentos. Posteriormente, para os parasitoides que sobreviveram após as 72 h de avaliação, foi avaliada a capacidade de parasitismo. Para esse ensaio, foram formados 10 casais de parasitoides. A capacidade de parasitismo foi avaliada em arenas plásticas (34 cm de altura x 10 cm de diâmetro), contendo uma planta infestada por larvas de *L. sativae*, durante um período de 24 h (ANEXO D).

Tanto o ensaio de toxicidade quanto o de capacidade de parasitismo dos insetos que sobreviveram foram realizados em delineamento inteiramente casualizado. Para a avaliação da toxicidade sobre *O. scabriventris*, cada tratamento foi composto por 20 repetições, sendo cada repetição caracterizada por uma arena contendo 5 insetos adultos, não sexados, enquanto que para o *Neochrysocharis* sp. foram utilizadas 10 repetições por tratamento contendo a mesma quantidade de insetos adultos por repetição. Já para o ensaio de capacidade de parasitismo, cada tratamento foi constituído por dez repetições, sendo cada repetição caracterizada por uma arena contendo 1 casal de parasitoide.

Os dados de mortalidade foram corrigidos pela formula de Abbott (ABBOTT, 1925), quando necessário, e as médias submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal – Willis ao nível de 5% de significância. Para os dados de capacidade de parasitismo, as médias foram submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal – Willis ao nível de 5% de significância. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o parasitoide *O. scabriventris*, os inseticidas abamectina e espinetoram ocasionaram 100% de mortalidade. O inseticida espinosade ocasionou 94% de mortalidade, e não diferiu estatisticamente dos produtos abamectina e espinetoram. Os produtos clorantraniliprole e ciromazina ocasionaram uma mortalidade de 5% e 12%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade (%) de *Opius scabriventris* após 72h de exposição aos inseticidas.

Tratamento	Mortalidade (%)
Testemunha	0,0d
Abamectina	100,0a
Clorantraniliprole	5,0cd
Ciromazina	12,0c
Espinosade	94,0b
Espinetoram	100,0a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância

Em relação ao parasitoide *Neochrysocharis* sp., os inseticidas espinetoram, espinosade e abamectina ocasionaram 100% de mortalidade. Clorantraniliprole ocasionou 80% de mortalidade. Ciromazina foi o tratamento que ocasionou menor mortalidade ao parasitoide *Neochrysocharis* sp., ocasionando 68% de mortalidade, e foi estatisticamente igual a clorantraniliprole (Tabela 3).

Tabela 3. Mortalidade (%) de *Neochrysocharis* sp. após 72h de exposição aos inseticidas.

Tratamento	Mortalidade (%)
Testemunha	0,0c
Abamectina	100,0a
Clorantraniliprole	80,0b
Ciromazina	68,0b
Espinosade	100,0a
Espinetoram	100,0a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância

A alta mortalidade observada para os dois parasitoides após o contato com o inseticida espinetoram, provavelmente está relacionada ao seu modo de ação, pois atua como agonista do receptor de acetilcolina nicotínico, causando perturbações do sistema nervoso central por hiperexcitação, o que leve o inseto a morte rapidamente (SPARKS et al., 2001). O efeito nocivo de espinetoram já foi observado por Hernandez et al. (2011) sobre o parasitoide *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), na dosagem de 0,112 g. i.a. / L. Os referidos autores verificaram que independente da forma de exposição, quando aplicado diretamente, fornecido via dieta e por meio do contato com os resíduos do produto em folhas de pimenta, o produto foi extremamente tóxico ao parasitoide. Em outro estudo, Abbes et al. (2015) verificaram que espinetoram ocasionou 100% de mortalidade ao braconídeo *Bracon nigricans* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) em altas temperaturas.

A alta toxicidade de abamectina já é bem documentada na literatura para parasitoides do gênero *Opius* e *Neochrysocharis*. Priyono et al. (2004) também observaram elevada toxicidade de abamectina a parasitoides do gênero *Opius* utilizando metade da dose (0,0092 g de ia / L) utilizada neste estudo. Hossain e Poehling (2006) verificaram que abamectina na dose de 0,036 g. i.a. / L, o dobro da utilizada neste trabalho, foi prejudicial para os parasitoides *Opius* (*Opiothorax*) *chromatomyiae* (Belokobylskij e Wharton) (Hymenoptera: Braconidae) e *N. formosa*. Hernandez et al. (2011a) verificaram que abamectina apresentou efeito nocivo sobre o parasitoide *N. formosa* na dosagem de 0,112 g. i.a. / L. Em outro estudo, Araujo et al.

(2015) utilizando a mesma dosagem do presente estudo, constataram que abamectina é prejudicial ao parasitoide *O. scabriventris* tanto por meio de contato com superfície recém pulverizada como pelo contato com resíduos secos do produto. A alta mortalidade observada para abamectina pode estar relacionada com o seu modo de ação, pois esse produto atua estimulando o fluxo Cl⁻ nas células nervosas, ocasionando um bloqueio da transmissão de estímulos, de modo que os insetos ficam paralisados antes de morrerem (BLOOMQUIST, 1996).

O efeito tóxico de espinosade já foi observado por outros pesquisadores em outras espécies do gênero *Opius* e *Neochrysocharis*. Viñuela et al. (2001) verificaram que espinosade ocasionou alta mortalidade de *Opius concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) nas dosagens máxima recomendada independente da forma de aplicação. Hossain et al. (2006) observaram que Espinosade ocasionou redução significativa dos parasitoides *O.* (Opiothorax) *chromatomyiae* (Hymenoptera: Braconidae) e *N. formosa*. Espinosade atua como um ativador do sistema nervoso central dos insetos através da interação com os receptores de acetilcolina, e dessa forma, quando expostos a esse produto, os insetos geralmente apresentam contrações musculares, tremores, prostração, paralisia e morte (SALGADO et al., 1998).

Na literatura são inexistentes informações sobre o efeito tóxico de clorantniliprole sobre parasitoides dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis*. No presente estudo, esse produto foi seletivo ao parasitoide *O. scabriventris*, enquanto que para o parasitoide *Neochrysocharis* sp. o mesmo produto apresentou alta mortalidade. Clorantniliprole consiste em uma nova classe de inseticidas, as antranilamida. Esse produto atua nos receptores de rianodina em músculos dos insetos, ocasionando uma liberação descontrolada de cálcio no retículo sarcoplasmático (CORDOVA et al., 2005; SIAL et al., 2012). Clorantniliprole é relatado como seletivo para diversos inimigos naturais: *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Ishii) (PREETHA et al., 2009); *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) (CAMPOS et al., 2011); *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stal) (DE CASTRO et al., 2013) (Hemiptera: Pentatomidae); *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae) (MARTINOU et al., 2013); *Orius armatus* (Gross) (Hemiptera: Anthocoridae) (BROUGHTON et al., 2013); *Orius tristicolor* (White), *Amphiareus constrictus* (Stal) e *Blaptostethus pallescens* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) (PEREIRA et al., 2014). Entretanto, Abbas et al. (2015) verificam que Clorantniliprole ocasionou alta mortalidade ao parasitoide *B. nigricans*, quando este foi aplicado a uma temperatura de 40 °C.

A seletividade observada em ciromazina para o parasitoide *O. scabriventris* pode ser explicada pelo fato de que este produto faz parte do grupo das triazinas, que são inseticidas inibidores da síntese de quitina em dípteros, e atuam principalmente na fase jovem dos insetos, apresentando pouca ou nenhuma ação de contato, dessa forma, esse produto deve ser ingerido pelas larvas para se tornar ativo (FRIEDEL e MCDONEEL, 1985). Nosso estudo está de acordo com as observações de Prijono et al. (2004), Tantowijoyo (2011) e Araujo et al. (2015), que relataram a seletividade de Ciromazina a espécies do gênero *Opius*.

Clorantraniliprole e Ciromazina apresentaram resultados divergentes quanto à seletividade de acordo com a espécie de parasitoide. Enquanto que para o parasitoide *O. scabriventris* esses inseticidas foram considerados inofensivos, para *Neochrysocharis* sp. os referidos produtos ocasionaram taxas de mortalidade consideráveis, enquadrando-se, respectivamente, como moderadamente nocivo e pouco nocivo. Essa diferença pode estar relacionada com a diferença no tamanho do corpo dos insetos, uma vez que o parasitoide *Neochrysocharis* é menor do que *O. scabriventris*, dessa forma, quanto menor o inseto, maior a sua superfície de exposição (PICANÇO et al., 1997).

Já em relação aos efeitos subletais, em virtude do reduzido número de insetos que sobreviveram, somente foi possível avaliar o *O. scabriventris*, sendo utilizados os insetos que foram expostos ao tratamento controle e aos inseticidas Ciromazina e Clorantraniliprole.

Observou-se que a capacidade de parasitismo das fêmeas foi afetada significativamente pelos dois inseticidas, diferindo estatisticamente do controle. Apenas 60% das fêmeas expostas ao clorantraniliprole e 40% das expostas a ciromazina conseguiram parasitar as larvas da mosca minadora (Figura 1).

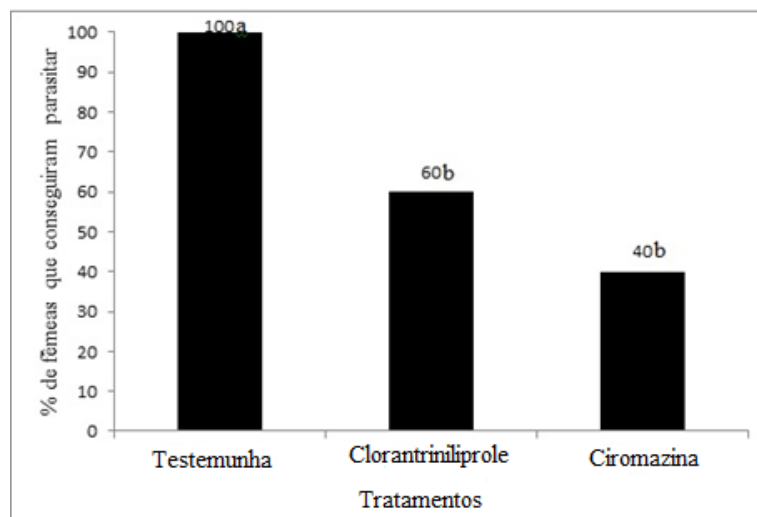


Figura 1. Porcentagem de fêmeas de *Opius scabriventris* que conseguiram parasitar as larvas de mosca minadora após 72 h de exposição direta aos inseticidas.

Os resultados sugerem que os inseticidas clorantniliprole e ciromazina, apesar de ocasionarem baixa mortalidade aos adultos do parasitoide *O. scabriventris*, apresentam efeito subletal sobre a capacidade de parasitismo das fêmeas. Na literatura são inexistentes trabalhos sobre o efeito subletal dos dois inseticidas avaliados sobre parasitoides do gênero *Opius*. No entanto, efeito negativo do inseticida clorantniliprole já foi relatado sobre a fecundidade de inimigos naturais, como por exemplo, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (GONTIJO et al., 2014); *Coleomegilla maculata* (DeGeer) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (MOSCARDINI et al., 2015). Dessa forma, este é o primeiro resultado que discute o efeito subletal dos inseticidas clorantniliprole e ciromazina sobre a capacidade de parasitismo do *O. scabriventris*.

Contudo, a utilização de produtos seletivos aos parasitoides é imprescindível em sistema de MIP, pois auxilia na integração, de maneira harmoniosa, do controle biológico ao controle químico. Os resultados obtidos no presente estudo irão auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas sobre o tema, especialmente em condições de campo, e contribuirão na conservação dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. nas áreas de produção de meloeiro.

5 CONCLUSÕES

Os inseticidas Abamectina, Espinosade e Espinetoram foram os mais tóxicos aos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp.

Os inseticidas Clorantraniliprole e Ciromazina ocasionaram redução na capacidade de parasitismo de *O. scabriventris*.

REFERÊNCIAS

- ABBES, K; BIONDI, A.; KURTULUS, A.; RICUPERO, M.; RUSSO, A.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Combined non-target effects of insecticide and high temperature on the parasitoid *Bracon nigricans*. **PloS one**, v. 10, n. 9, p. 1-14, 2015.
- ALBA, M. D. A. Leafminers management. In: **Biopesticides obtained from plants, another result from coevolution**. Current situation and usefulness. Fundación Cajamar, 2014, p. 303-328.
- AGROFIT** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Consulta de Praga/Doença. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 08 de janeiro de 2016.
- ARAUJO, E. L. FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; MENEZES NETTO, A. C.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; BEZERRA, C. E. S.; COSTA, E. M. Toxicity of insecticides used in melon crops to *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, 2015.
- BARRATT, B.I.P.; HOWARTH, F.G.; WITHERS, T.M.; KEAN, J.M.; RIDLEY, G.S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v. 52 p. 245–254, 2010.
- BIONDI, A.; ZAPPALÀ, L.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects?. **PLoS One**, v. 8, n. 9, p. e76548, 2013.
- BLOOMQUIST, J. R. Ion channels as targets for insecticides. **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 163-190, 1996.
- BROUGHTON, S.; HARRISON, J.; RAHMAN, T. Effect of new and old pesticides on *Orius armatus* (Gross) - an Australian predator of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). **Pest management science**, v. 70, n. 3, p. 389-397, 2014.
- CAMPOS, M. R.; PICANÇO, M. C.; MARTINS, J. C.; TOMAZ, A. C.; GUEDES, R. N. C. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**, v. 30, p. 1535-1540, 2011.
- CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; ULHÔA, J. L. R. Seletividade de inseticidas a *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 615-621, 2002.
- CHIRINOS, DORYS T.; DÍAZ, ALEXIS; GERAUD-POUEY, FRANCIS. Control biológico natural ejercido por parasitoides sobre el minador de la hoja *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) en cebollín (*Allium fistulosum* L.). **Entomotropica**, v. 29, n. 3, p. 129-138, 2014.

- CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, E. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pestic Biochem Physiol**, v. 84, p. 196–214, 2005.
- DE CASTRO, A. A.; CORRÊA, A. S.; LEGASPI, J. C.; GUEDES, R. N. C.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere**, v. 93, p. 1043–1050, 2013.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.
- FRIEDEL, G.; McDONELL, P. A. Cyromazine inhibits reproduction and larval development of the Australian sheep blow fly (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 78, n. 4, p. 868-873, 1985.
- GONTIJO, P. C.; MOSCARDINI, V. F.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Non-target effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam on *Chrysoperla carnea* when employed as sunflower seed treatments. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 4, p. 711-719, 2014.
- HERNÁNDEZ, R.; GUO, K.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Effects of selected insecticides on adults of two parasitoid species of *Liriomyza trifolii*: *Ganaspidium nigrimanus* (Figitidae) and *Neochrysocharis formosa* (Eulophidae). **Insect Science**, v. 18, p. 512–520, 2011a.
- HERNÁNDEZ, R.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 61, p. 1-14, 2011b.
- HOSSAIN, M. B.; POEHLING, H. M. Non-target effects of three biorationale insecticides on two endolarval parasitoids of *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 130, n. 6-7, p. 360-367, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. 2015. Lavoura temporária. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2015.
- LARA, R. I. R.; PERIOTO, N. W.; SANTOS, J. C. C.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E.S. Avaliação de Thiamethoxam 250 wg no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) e de sua seletividade sobre himenópteros parasitoides em cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, n.3, p.57-61, 2002.
- LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; RUGAMA, A. J. M.; GODOY, M. S. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.
- LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 4, p. 1-16. 2009.
- MARTINOU, A. F.; SERAPHIDES, N.; STAVRINIDES, M. C. Lethal and behavioral effects of pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. **Chemosphere**, v. 96, p. 167-173, 2014.

MATSUDA, K.; SAITO, T. Insecticide susceptibility and carboxylesterase activity in leafminers (Diptera: Agromyzidae) and their associated hymenopteran parasitoids. **Crop Protection**, v. 55, p. 50-54, 2014.

MOSCARDINI, V. F.; GONTIJO, P. C.; MICHAUD, J. P.; CARVALHO, G. A. Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology**, v. 24, n. 5, p. 1152-1161, 2015.

MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; MOSCARDINI, V. F.; LASMAR, O.; REZENDE, D. T.; MARQUES, M. C. Selectivity of pesticides used in integrated apple production to the lacewing, *Chrysoperla externa*. **Journal of Insect Science**, Vol. 10, n. 2, p. 1-20, 2010.

MURPHY, S. T.; LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v.20, n.3, p.91-104, 1999.

NOGUEIRA, C. H. F.; OLIVEIRA, J. J. D.; BEZERRA, C. E. S.; MAIA, A. V. P.; ARAUJ, E. L. Efeito de inseticidas alternativos sobre *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitóide da mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 126 – 130, 2011.

PERFIL EXPORTADOR DOS MELÕES BRASILEIROS, Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos – **APEXBRASIL**. Disponível em: <http://www.apexbrasil.com.br/Home/Index>. Acesso em: 10/12/2015.

PEREIRA, R. R.; PICANÇO, M. C.; SANTANA, P. A.; MOREIRA, S. S.; GUEDES, R. N.; CORRÊA, A. S. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2014.

PETCHARAT, J. LING, Z.; WEIQIU, Z.; ZAIFU, X.; QUISONG, W. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.24, n.3, p.467-472, 2002.

PICANÇO, M.; RIBEIRO, L. J.; LEITE, G. L.; ZANUNCIO, J. C. Seletividade de inseticidas a *Podisus nigrispinus* predador de *Ascia monuste orseis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 369-372, 1997.

PREETHA, G.; STANLEY, J.; SURESH, S.; KUTTALAM, S.; SAMIYAPPAN, R. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem. **Phytoparasitica**, v. 37, n. 3, p. 209-215, 2009.

PRIJONO, D.; ROBINSON, M.; RAUF, A.; BJORKSTEN, T.; HOFFMANN, A. A. Toxicity of chemicals commonly used in Indonesian vegetable crops to *Liriomyza huidobrensis* populations and the Indonesian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis*, *Opius* sp., and *Gronotoma micromorpha*, as well as the Australian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea*. **Journal of economic entomology**, v. 97, n. 4, p. 1191-1197, 2004.

SALGADO, V. L. Studies on the mode of action of spinosad: insect symptoms and physiological correlates. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 60, n. 2, p. 91-102, 1998.

SIAL, A. A.; BRUNNER, J. F. Baseline toxicity and stage specificity of recently developed reduced-risk insecticides chlorantraniliprole and spinetoram to obliquebanded leafroller,

Choristoneura rosaceana (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae). **Pest Management Science**, v. 68, n. 3, p. 469-475, 2012.

STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J. J.; VAINIO, A.; VAN DER VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS – Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. **BioControl**, v. 44, n. 1, p. 99-177, 1999.

SPARKS, T. C.; CROUSE, G. D.; DURST, G. Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure–activity relationships of spinosyns and spinosoids. **Pest Management Science**, v. 57, n. 10, p. 896-905, 2001.

TANTOWIJOYO, W. Effectiveness of cyromazine application and parasitoids release for controlling against leafminer fly *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)(Diptera: Agromyzidae). **Widyariset**, v. 14, n. 2, p. 375-382, 2011.

TRAN, D. H.; TAKAGI, M.; TAKASU, K. Effects of selective insecticides on host searching and oviposition behavior of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a larval parasitoid of the American serpentine leafminer. **Applied Entomology and Zoology**, v. 39, n. 3, p. 435–441, 2004.

TRAN, DANG HOA; UENO, TAKATOSHI. Toxicity of insecticides to *Neochrysocharis okazakii*, a parasitoid. **Journal- Faculty of Agriculture Kyushu University**, v. 57, n. 1, p. 127-131, 2012.

VIÑUELA, E.; MEDINA, M. P.; SCHNEIDER, M.; GONZÁLEZ, M.; BUDIA, F.; ADÁN, A.; DEL ESTAL, P. Comparison of side-effects of spinosad, tebufenozide and azadirachtin on the predators *Chrysoperla carnea* and *Podisus maculiventris* and the parasitoids *Opius concolor* and *Hyposoter didymator* under laboratory conditions. **IOBC WPRS BULLETIN**, v. 24, n. 4, p. 25-34, 2001.

WHARTON, R. A. Bionomics of the Braconidae. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p.121-143. 1993.

ANEXOS

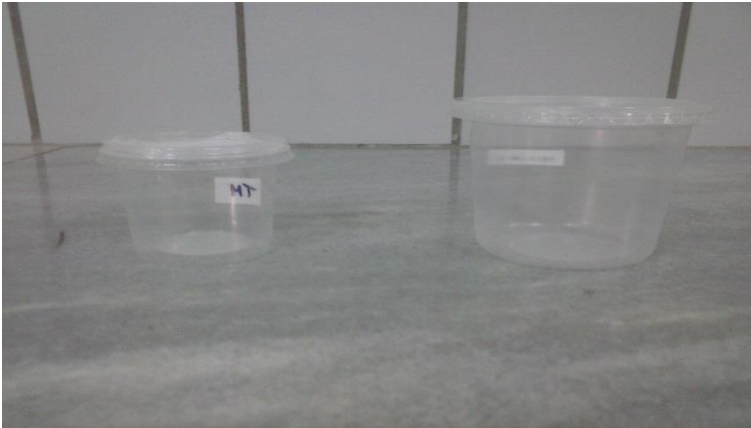
ANEXO A: Gaiola utilizada nos ensaios de instar preferencial e competição entre os parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp.



ANEXO B: Plantas individualizadas para a obtenção de pupas



ANEXO C: Arenas plásticas utilizadas no experimento de toxicidade



ANEXO D: Arenas plásticas utilizadas para avaliação da capacidade de parasitismo de *O. scabriventris* após 72h dos ensaios de toxicidade

