

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES PHYTOSEIIDAE NO CONTROLE
DO ÁCARO-RAJADO, *Tetranychus urticae* (TETRANYCHIDAE)**

**Lilian Carolina de Oliveira Perressim
Engenheira Agrônoma**

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES PHYTOSEIIDAE NO CONTROLE
DO ÁCARO-RAJADO, *Tetranychus urticae* (TETRANYCHIDAE)**

Lilian Carolina de Oliveira Perressim

Orientador: Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho

Coorientador: Prof. Dr. Arlindo Leal Boiça Junior

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia
(Entomologia Agrícola).

2023

P455p	Perressim, Lilian Carolina de Oliveira Potencial de ácaros predadores Phytoseiidae no controle do ácaro-rajado, <i>Tetranychus urticae</i> (Tetranychidae) / Lilian Carolina de Oliveira Perressim. -- Jaboticabal, 2023 28 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Raphael de Campos Castilho Coorientador: Arlindo Leal Boiça Junior 1. Entomologia. 2. Acarologia. 3. Controle biológico. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES Phytoseiidae NO CONTROLE DO
ACARO RAJADO, Tetranychus urticae (Tetranychidae)

AUTORA: LILIAN CAROLINA DE OLIVEIRA PERRESSIM

ORIENTADOR: RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

COORIENTADOR: ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Entomologia
Agrícola), pela Comissão Examinadora:

Raphael C. Castilho

Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO (Participação Virtual)
Departamento de Entomologia e Acarologia / ESALQ USP - Piracicaba/SP

Adriane Fonseca Duarte

Pesquisadora Dra. ADRIANE DA FONSECA DUARTE (Participação Virtual)
IFSUL / Bagé/RS

Gilberto José de Moraes

Prof. Dr. GILBERTO JOSÉ DE MORAES (Participação Virtual)
ESALQ/USP / Piracicaba/SP

Jaboticabal, 25 de novembro de 2022

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Lilian Carolina de Oliveira Perressim, nascida em Araraquara, São Paulo, em três de maio de 1988. Graduada em Engenharia Agrônômica no ano de 2012 pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus Jaboticabal. Durante a Graduação realizou estágio no Departamento de Produção Vegetal, sob orientação do professor Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins, na área de Fruticultura. No ano de 2008 obteve bolsa de monitora na disciplina de Solos, sob orientação do professor Dr. José Francisco Centurion. De 2012 a 2016 trabalhou como Assistente Técnico de Pesquisa na BASF S/A na área de Inseticidas. Em 2017 se formou como especialista em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço. Em 2019 participou do Programa de Intercâmbio da empresa LAIOB, onde cursou durante 20 dias o curso de Management na Universidade de OHIO em Akron. Em 2020 obteve certificação em Green Belt pela SETA Desenvolvimento Gerencial. Desde 2017 trabalha como Pesquisadora no Centro de Tecnologia Canavieira – CTC, na área de Entomologia.

*Ao meu filho João Vicente, que me dá motivos para
sorrir e prosseguir.*

Ofereço

DEDICO

Ao meu esposo Everton Sbrama
Perressim, que me incentiva e me
motiva a cada novo dia.

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente à Deus, que está sempre presente e ilumina meus caminhos e que me permitiu a concretização deste sonho;
- À UNESP, câmpus Jaboticabal, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) que proporcionou a oportunidade de concretizar mais uma etapa da minha vida. A todos os Professores pela disponibilidade e empenho nas aulas, em especial ao Prof. Arlindo Leal Boiça Junior pelo incentivo e conselhos durante sua orientação e ao Prof. Raphael de Campos Castilho pela orientação e disponibilidade para concretização deste trabalho, sem vocês este trabalho não se tornaria realidade;
- À equipe de Acarologia da ESALQ/USP, por me receberem no laboratório, cedendo material, instalações e os ácaros para a realização dos testes. Meu agradecimento à Dra. Adriane da Fonseca Duarte, Bruna Carolina Oliveira dos Santos, Maria Eduarda Silva Valentim, Júlia Ignez Lopes, Pedro Lívio Enes Rocha Cardoso pelo auxílio nos ensaios e principalmente ao Dr. Emiliano Brandão de Azevedo, pela orientação e ajuda em todo processo deste trabalho;
- À minha família, minha mãe Helena e meu esposo Everton pelo apoio e palavras de motivação em toda minha caminhada. À minha sogra Luciana que ajudou com carinho e entusiasmo o cuidado com o João Vicente enquanto conduzia os ensaios.

SUMÁRIO

Resumo	vi
Abstract	vii
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais	1
Referências	3
CAPÍTULO 2 – Preferência alimentar, oviposição e predação dos ácaros predadores <i>Neoseiulus anonymus</i>, <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Euseius concordis</i> (Phytoseiidae) sob dieta alimentar de <i>Tetranychus urticae</i> (Tetranychidae) e pólen de mamona, <i>Ricinus communis</i>.....	6
Resumo	6
2.1. Introdução	7
2.2. Material e Métodos	8
2.3. Resultados	12
2.4. Discussão	14
Referências	16
CAPÍTULO 3 – Efeito de cinco produtos químicos utilizados em cultivos de soja e algodão sobre o ácaro predador <i>Neoseiulus californicus</i> (Phytoseiidae) ..	20
Resumo	20
3.1. Introdução	21
3.2. Material e Métodos	22
3.3. Resultados e Discussão	23
Referências	27

POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES PHYTOSEIIDAE NO CONTROLE DO ÁCARO-RAJADO, *Tetranychus urticae* (TETRANYCHIDAE)

Resumo – O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, é conhecido por ser uma praga de muitas culturas de importância econômica, como cultivos extensivos de soja e algodão. O controle biológico com ácaros predadores Phytoseiidae (Mesostigmata) é um dos métodos utilizados para o controle dessa praga em várias partes do mundo, sendo muitas espécies comercializadas, como *Neoseiulus californicus* (McGregor). No entanto, existe a necessidade da prospecção e possível utilização aplicada de outras espécies de ácaros predadores com potencial de controle essa praga, principalmente em cultivos extensivos. *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) é outra espécie de ácaro predador, frequentemente encontrada em cultivos extensivos, como a soja, associadas a ácaros tetrâniquídeos. *Euseius concordis* (Chant) é uma espécie de fitoseídeo comumente encontrada no Brasil e em outros países americanos, em que o pólen constitui uma parte importante da dieta. A ocorrência natural ou o uso aplicado desses ácaros predadores geralmente ocorre em áreas com aplicação de diferentes produtos químicos e alguns desses produtos podem afetar o seu desenvolvimento. Sendo assim, visando a utilização de ácaros predadores no controle biológico aplicado do ácaro rajado, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de preferência alimentar, oviposição e predação dos fitoseídeos *N. anonymus*, *N. californicus* e *E. concordis*, quando alimentados com *T. urticae* ou pólen de mamona (*Ricinus communis* L.). Além disso, avaliar o efeito de cinco produtos químicos comumente utilizados em cultivos de soja e algodão em adultos de *N. californicus*, nas doses recomendadas e em subdoses. As avaliações de preferência alimentar consistiram em contar o número de indivíduos de cada espécie de predador encontrados em cada folíolo com as diferentes fontes de alimento (ovos de *T. urticae*, pólen de mamona ou sem alimento) em laboratório. A proporção total de indivíduos de *N. anonymus* ou *N. californicus* em folhas com ovos de *T. urticae* foi sempre muito maior comparado as folhas sem alimento. ou com pólen de mamona. Em relação a *E. concordis*, foi observada uma proporção muito maior de indivíduos em folhas com pólen de mamona do que nas folhas sem alimento ou com ovos de *T. urticae*. Nos testes de oviposição e predação foi observado o número de ovos colocados pelos predadores e o número de larvas de *T. urticae* predados, em um período de 11 dias. As espécies *N. anonymus* e *N. californicus* predaram um número maior de larvas de *T. urticae*, além de apresentarem uma maior oviposição, quando comparado com a predação de *E. concordis*. Quando oferecido pólen de mamona como alimento, o inverso foi observado, com uma maior oviposição diária de *E. concordis* do que *N. anonymus* e *N. californicus*. Cinco formulações comerciais de produtos fitossanitários registrados para as culturas da soja e/ou algodão foram utilizadas, nas seguintes doses recomendadas (em parênteses): Plinazolin (80 ml/ha), Etiprole (750 ml/ha), Profenofós+Cipermetrina (1000 ml/ha), Tiametoxam+Lambda-Cialotrina (250 ml/ha), e Malationa (1000 ml/ha), além de um controle, com aplicação apenas de água. Para cada um dos tratamentos, além da dose recomendada, também foram testadas quatro sub-doses, correspondendo a 50, 25, 12,5 e 6,25% da dose recomendada. As aplicações foram realizadas em Torre de Potter ajustada para deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg.cm². As avaliações foram feitas 12, 24, 48 e 72 horas depois da aplicação, para determinar o número de ácaros mortos. Todas as doses de todos os produtos

avaliados causaram alta mortalidade de *N. californicus*. Diferenças entre os produtos não foram observadas nas avaliações realizadas 24, 48 e 72 horas após a aplicação, sendo a mortalidade sempre maior que 90%. A utilização de fitoseídeos como essa população de *N. californicus*, que se mostrou muito sensível a diferentes produtos químicos, pode não ser interessante em programas de manejo de *T. urticae* em cultivos de soja e algodão, em que produtos químicos são muito utilizados. Além disso, os resultados obtidos para *N. anonymus* no potencial de predação do ácaro rajado no presente estudo foram muito próximos ao de *N. californicus*, que já é uma espécie comercializada para o controle dessa praga, sugerindo a conveniência em considerar *N. anonymus* para o possível uso no controle de *T. urticae* no Brasil.

Palavras-chave: Controle biológico; Seletividade; Manejo Integrado de Pragas.

POTENTIAL OF PREDATORY MITES PHYTOSEIIDAE IN THE CONTROL OF THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE, *Tetranychus urticae* (Tetranychidae)

Abstract – The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae), is known to be a pest of many economically important crops. Many species of the family Phytoseiidae are predators of pest mites, due to their characteristic as a regulatory agent of phytophagous mite populations. Mites of the family Tetranychidae are generally very favorable prey for predators of the family Phytoseiidae and represent the most studied group of phytophagous mites in terms of biological control. For the preference test, *N. californicus* and *N. anonymus* preferred the leaf with food, either pollen or *T. urticae* eggs, than the leaf without food, while *E. concordis* preferred only pollen. For tests with pollen, leaf discs with pollen were inserted in the experimental unit, for tests with *T. urticae*, leaf discs of *C. ensiformis* and leaf discs with eggs of *T. urticae* (10 to 30 eggs) were used. For the test with pollen + *T. urticae*, leaf discs of *C. ensiformis* with pollen and leaf discs with eggs of *T. urticae* were used. The leaf discs with the food offer were arranged alternately, so that the same food was not available side by side. The daily oviposition of *N. anonymus*, *N. californicus* and *E. concordis* on *T. urticae* larvae was 1.9, 2.4 and 0.5, respectively). When fed with pollen, the oviposition of these predators was 0.6, 0.5 and 1.0. The predation of *N. anonymus* and *N. californicus* on *T. urticae* was three times higher when compared to that of *E. concordis*. 20 repetitions were performed with 10 females in each test. The evaluation consisted of evaluating the number of predatory mites found in each leaflet. Adverse effect tests of agrochemicals on *N. californicus* were carried out in the laboratory, using the residual contact method with spraying in a Potter's tower. For the selectivity assay, all agrochemicals were toxic to the *N. californicus* mite. The predators *N. anonymus* and *N. californicus* were efficient in controlling the spider mite. Among the insecticides evaluated, recommended for use in cotton, none showed selectivity to *N. californicus*.

Keywords: Biological control; Selectivity; Integrated Pest Management

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

O Brasil produziu cerca de 270 milhões de toneladas de grãos na safra de 2021/2022, correspondendo a um acréscimo de 6,2% em relação à safra de 2020/2021 (CONAB 2021). Dentre as culturas cultivadas, soja (124 milhões de toneladas) e algodão (2,74 milhões de toneladas de pluma) estão entre as que mais se destacaram (CONAB, 2021). Nas regiões produtoras do Brasil, principalmente na região Centro-Oeste, a soja geralmente é cultivada como a cultura principal, sendo rotacionada por outras culturas, como o algodão, promovendo a intensificação da agricultura. Esse sistema de cultivos sucessivos promove um ambiente favorável ao aumento da densidade populacional de organismos indesejáveis à cultura, podendo uma ou mais espécies de pragas estarem presentes em mais de uma cultura por safra, afetando a produtividade das áreas cultivadas (Pozebon et al., 2020).

Entre as pragas que simultaneamente ocorrem nos cultivos de soja e algodão, *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae), conhecido como ácaro-rajado, tem sido considerada uma das principais. Essa praga apresenta alta capacidade reprodutiva, podendo produzir até 10 ovos por fêmea a cada dia (Moraes e Flechtmann, 2008). Em ambas as culturas, esse ácaro pode acarretar antecipação na senescência e queda prematura das folhas, podendo assim, diminuir a capacidade fotossintética das plantas, afetando negativamente a produtividade (Moraes e Flechtmann, 2008; Padilha et al., 2020). Além disso, essa praga já foi relatada em mais 150 plantas hospedeiras (Migeon e Dorkeld, 2023).

O uso de produtos químicos ainda é o principal método de controle dessa praga, principalmente em cultivos extensivos, como a soja e algodão (Moraes e Flechtmann, 2008; Padilha et al., 2020). Porém, devido ao uso muitas vezes sem critérios desses produtos químicos, existem muitos relatos de populações resistentes do ácaro rajado aos mesmos (Xu et al., 2018).

Porém, o controle biológico vem aumentando sua importância nesses cultivos extensivos nos últimos anos. O uso de diferentes formas de controle conjuntamente em um Manejo Integrado de Pragas pode auxiliar no combate às ameaças fitossanitárias e na promoção da sustentabilidade da produção agrícola.

Espécies da família Phytoseiidae (Mesostigmata) são os ácaros predadores mais conhecidos e estudados por apresentarem potencial no controle biológico de ácaros e pequenos insetos pragas (van Lenteren 2012; McMurtry et al., 2015; van Lenteren et al. 2018). O fitoseídeo *Neoseiulus californicus* (McGregor) é um dos ácaros predadores mais utilizados em várias partes do mundo, incluindo o Brasil (van Lenteren 2012; van Lenteren et al. 2018, Knapp et al., 2018). Esta espécie é comercializada para o uso em diferentes culturas, visando ao controle biológico de ácaros Tetranychidae, principalmente *T. urticae* (McMurtry et al., 2015; Knapp et al., 2018).

Apesar dessa comercialização de *N. californicus* no Brasil, a fauna de fitoseídeos é muito diversa no país, o que sugere a existência de muitas outras espécies potencialmente úteis para o controle biológico aplicado de pragas (Navia et al., 2020). Cerca de 256 espécies de Phytoseiidae já foram relatadas no Brasil (Demite et al., 2023).

Neoseiulus anonymus (Chant & Baker) (Phytoseiidae) é outra espécie de ácaro predador, aparentemente só encontrada nas Américas do Sul e Central, incluindo o Brasil (Demite et al., 2023). No Brasil é uma das espécies de fitoseídeo mais encontradas naturalmente em cultivos extensivos, como a soja (Roggia et al., 2009; Reichert et al., 2014). Daí a importância dos estudos com essa espécie visando a seu uso no controle do ácaro-rajado, principalmente nesses cultivos extensivos. Existem alguns poucos estudos biológicos com essa espécie (Mesa e Belloti, 1986; Van Dinh et al., 1988; Gondim Jr. et al., 1996; Ferla e Moraes, 2003).

Euseius concordis (Chant) (Phytoseiidae) é outra espécie comumente encontrada no Brasil e em outros países americanos, principalmente em frutíferas (Demite et al., 2023). Essa espécie já foi relatada predando ácaros fitófagos em diferentes culturas (Moraes e Lima, 1983; Sarmiento et al., 2011; Costa et al., 2014; Marques et al., 2015; Figueiredo, 2017). Espécies de *Euseius* são conhecidas como predadores para as quais o pólen constitui uma parte importante da dieta (McMurtry et al., 2015).

Explorar alimentos como grãos de pólen, néctar e exsudatos permite que os ácaros predadores permaneçam na cultura e na vegetação circundante, mesmo

quando as presas estão ausentes ou escassas. Por isso, a importância de se conhecer o quanto os ácaros predadores podem se alimentar de pólen, e a preferência pelo organismo praga ou pelo pólen, quando liberados em campo.

Entretanto, a ocorrência natural ou o uso aplicado desses ácaros predadores geralmente ocorre em áreas com aplicação de diferentes produtos químicos, como por exemplo a utilização de inseticidas para o controle de diferentes insetos pragas. Alguns desses produtos podem afetar o desenvolvimento de inimigos naturais, como por exemplo, o efeito prejudicial de produtos a base de Clorfenapir e Abamectina ao desenvolvimento de *N. californicus* (Sato et al., 2002). Por essa razão, é importante o conhecimento de possíveis efeitos dos produtos comumente utilizados nos cultivos agrícolas sobre os organismos não alvos, como os ácaros predadores.

A vantagem do uso e de conhecer aspectos ecológicos e biológicos de ácaros predadores Phytoseiidae é que esses indivíduos podem se manter no ambiente mesmo na ausência de presas, explorando outras fontes alternativas de alimentos, como pólen, néctar, exsudatos, entre outros organismos que habitam os cultivos como outras espécies de ácaros (Moraes e Flechtmann, 2008).

Sendo assim, visando a utilização de ácaros predadores no controle biológico aplicado do ácaro rajado, o objetivo foi avaliar os níveis de preferência alimentar, oviposição e predação dos fitoseídeos *N. anonymus*, *N. californicus* e *E. concordis*, quando alimentados com *T. urticae* ou pólen de mamona (*Ricinus communis* L.). Além disso, avaliar o efeito de cinco produtos químicos comumente utilizados em cultivos de soja e algodão em adultos de *N. californicus*, nas doses recomendadas e em subdoses.

Referências

CONAB (2021) Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 julho 2022.

Costa EC, Teodoro AV, Rêgo AS, Pedro-Neto M, Sarmiento RA (2014) Functional response of *Euseius concordis* to densities of different developmental stages of the cassava green mite. **Experimental and Applied Acarology**, 64, 277–286.

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Castilho RC (2023) **Phytoseiidae Database**. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso em: 15 fevereiro 2023.

Ferla NJ, Moraes GJ (2003) Oviposição dos ácaros predadores *Agistemus floridanus* Gonzalez, *Euseius concordis* (Chant) e *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) (Acari) em resposta a diferentes tipos de alimento. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20, 153–155.

Figueiredo ES (2017) **Criação em larga escala de *Euseius concordis* e sua eficácia como agente de controle biológico de *Aculops lycopersici* (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae) em tomateiros**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 55 p.

Gondim Jr. MGC, Moraes GJ, Oliveira JV, Barros R, Pereira JLL (1996) Biologia de *Neoseiulus anonymus* (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 25, 451–455.

Knapp M, van Houten Y, van Baal E, Groot T (2018) Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, 58, 72–82.

Marques CC, Oliveira CHCM, Oliveira CRF, Matioli AL, Lima Neto IF (2015) Biologia e tabela de vida do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae) em pinhão-mansão. **Caatinga**, 28, 249–255.

McMurtry JA, Sourassou NF, Demite PR (2015). The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds.) **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Progress in Biological Control, vol 19. Cham, Springer. pp. 133–149.

Mesa NC, Belloti, A. C. (1986). Ciclo de vida y hábitos alimenticios de *Neoseiulus anonymus*, predador de ácaros Tetranychidae en yuca. **Revista Colombiana de Entomología**, 12, 54–66.

Migeon A, Dorkeld F (2023) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Available from <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Accessed 10/01/2023).

Moraes GJ, Flechtman CHW (2008) **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 288 p.

Moraes GJ, Lima HC (1983) Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mite. **Acarologia**, 24, 251–255.

Navia D, Castilho RC, Moraes GJ (2020) Controle de artrópodes-praga com ácaros predadores. In: Fontes EMG, Valadares-Inglis MC (Org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. 1ed. Brasília/DF: Embrapa. pp. 141-166.

Padilha G, Fiorin RA, Cargnelutti Filho A, Pozebon H, Rogers J, Marques RP, Castilhos LB, Donatti A, Stefanelo L, Burtet LM, Stacke RF, Guedes JVC, Arnemann JÁ (2020) Damage assessment and economic injury level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, e01836.

Pozebon H, Marques RP, Padilha G, Neal MO, Valmorbida I, Bevilacqua JG, Tay WT, Arnemann JA (2020) Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, 113, 1591–1608.

Reichert MB, Silva GL, Rocha MS, Johann L, Ferla NJ (2014) Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, 19, 123–136.

Roggia S, Guedes JVC, Kuss RCR, Arnemann JA, Návia D (2008) Spider mites associated to soybean in Rio Grande do Sul, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43, 295–301.

Sarmiento RA, Rodrigues DM, Faraji F, Erasmo EAL, Lemos F, Teodoro AV, Kinuchi WT, Santos GR, Pallini A (2011) Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 53, 203–214.

Sato ME, Silva MZ, Gonçalves LR, Souza Filho MF, Raga A (2002) Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, 31, 449–456.

Van Dinh N, Janssen A, Sabelis MW (1988) Reproductive success of *Amblyseius idaeus* and *A. anonymus* on a diet of two-spotted spider mites. **Experimental and Applied Acarology**, 4, 41–51.

Van Lenteren JC (2012) The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, 57, 1–20.

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.

Xu D, He Y, Zhang Y, Xie W, Wu Q, Wang S (2018) Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 150, 89–96.

CAPÍTULO 2 – Preferência alimentar, oviposição e predação dos ácaros predadores *Neoseiulus anonymus*, *Neoseiulus californicus* e *Euseius concordis* (Phytoseiidae) sob dieta alimentar de *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) e pólen de mamona, *Ricinus communis*

Resumo – O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, é conhecido por ser uma praga de muitas culturas de importância econômica, como cultivos extensivos de soja e algodão. O controle biológico com ácaros predadores Phytoseiidae (Mesostigmata) é um dos métodos utilizados para o controle dessa praga em várias partes do mundo, sendo muitas espécies comercializadas, como *Neoseiulus californicus* (McGregor). No entanto, existe a necessidade da prospecção e possível utilização aplicada de outras espécies de ácaros predadores com potencial de controle essa praga, principalmente em cultivos extensivos. *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) é outra espécie de ácaro predador, frequentemente encontrada em cultivos extensivos, como a soja, associadas a ácaros tetraníquideos. *Euseius concordis* (Chant) é uma espécie de fitosídeo comumente encontrada no Brasil e em outros países americanos, em que o pólen constitui uma parte importante da dieta. O objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de preferência alimentar, oviposição e predação dos fitosídeos *N. anonymus*, *N. californicus* e *E. concordis*, quando alimentados com *T. urticae* ou pólen de mamona (*Ricinus communis* L.), visando a utilização no controle biológico aplicado do ácaro rajado. As avaliações de preferência alimentar consistiram em contar o número de indivíduos de cada espécie de predador encontrados em cada folíolo com as diferentes fontes de alimento (ovos de *T. urticae*, pólen de mamona ou sem alimento) em laboratório. A proporção total de indivíduos de *N. anonymus* ou *N. californicus* em folhas com ovos de *T. urticae* foi sempre muito maior comparado as folhas sem alimento. ou com pólen de mamona. Em relação a *E. concordis*, foi observada uma proporção muito maior de indivíduos em folhas com pólen de mamona do que nas folhas sem alimento ou com ovos de *T. urticae*. Nos testes de oviposição e predação foi observado o número de ovos colocados pelos predadores e o número de larvas de *T. urticae* predados, em um período de 11 dias. As espécies *N. anonymus* e *N. californicus* predaram um número maior de larvas de *T. urticae*, além de apresentarem uma maior oviposição, quando comparado com a predação de *E. concordis*. Quando oferecido pólen de mamona como alimento, o inverso foi observado, com uma maior oviposição diária de *E. concordis* do que *N. anonymus* e *N. californicus*. Os resultados observados para *N. anonymus* no presente estudo foram muito próximos ao de *N. californicus*, que já é uma espécie comercializada para o controle do ácaro rajado, sugerindo a conveniência em considerar *N. anonymus* para o possível uso no controle de *T. urticae* no Brasil.

Palavras-chave: Controle biológico; Ácaro rajado; Prospecção.

2.1. Introdução

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae), é conhecido por ser uma praga de diversas culturas de importância econômica, como algodão, soja, feijão, morango, ornamentais, dentre outras (Moraes e Flechtmann, 2008; Migeon e Dorkeld, 2023). O uso de produtos químicos ainda é o principal método de controle dessa praga, principalmente em cultivos extensivos, como a soja e algodão (Moraes e Flechtmann, 2008; Padilha et al., 2020). Porém, devido ao uso muitas vezes sem critérios desses produtos químicos, existem muitos relatos de populações resistentes do ácaro rajado aos mesmos (Xu et al., 2018).

O controle biológico com ácaros predadores Phytoseiidae (Mesostigmata) é outro método utilizado para o controle dessa praga em várias partes do mundo, sendo muitas espécies comercializadas (Van Lenteren, 2012, Van Lenteren et al., 2018; Knapp et al., 2018). A espécie *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) é uma das mais utilizadas no controle biológico de ácaros tetraniquídeos, principalmente *T. urticae*, inclusive no Brasil (Van Lenteren, 2012; Knapp et al., 2018; Navia et al., 2020). Essa espécie tem sido utilizada principalmente em cultivos protegidos, frutíferas ou em certos cultivos não extensivos, como morango (Navia et al., 2020).

Neoseiulus anonymus (Chant & Baker) (Phytoseiidae) é outra espécie de ácaro predador, aparentemente só encontrada nas Américas do Sul e Central, incluindo o Brasil (Demite et al., 2023). No Brasil é uma das espécies de fitoseídeo mais encontradas naturalmente em cultivos extensivos, como a soja (Roggia et al., 2009; Reichert et al., 2014). Daí a importância dos estudos com essa espécie visando a seu uso no controle do ácaro-rajado, principalmente nesses cultivos extensivos. Existem alguns poucos estudos biológicos com essa espécie (Mesa e Belloti, 1986; Van Dinh et al., 1988; Gondim Jr. et al., 1996; Ferla e Moraes, 2003).

Euseius concordis (Chant) (Phytoseiidae) é outra espécie comumente encontrada no Brasil e em outros países americanos, principalmente em frutíferas (Demite et al., 2023). Essa espécie já foi relatada predando ácaros fitófagos em diferentes culturas (Moraes e Lima, 1983; Sarmiento et al., 2011; Costa et al., 2014; Marques et al., 2015; Figueiredo et al., 2018). Espécies de *Euseius* são conhecidas

como predadores para as quais o pólen constitui uma parte importante da dieta (McMurtry et al., 2015).

Explorar alimentos como grãos de pólen, néctar e exsudatos permite que os ácaros predadores permaneçam na cultura e na vegetação circundante, mesmo quando as presas estão ausentes ou escassas. Por isso, a importância de se conhecer o quanto os ácaros predadores podem se alimentar de pólen, e a preferência pelo organismo praga ou pelo pólen, quando liberados em campo.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de preferência alimentar, oviposição e predação dos fitoseídeos *N. anonymus*, *N. californicus* e *E. concordis*, quando alimentados com *T. urticae* ou pólen de mamona (*Ricinus communis* L.), visando a utilização no controle biológico aplicado do ácaro rajado.

2.2. Material e métodos

A manutenção das colônias de ácaros e os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Acarologia do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, estado de São Paulo.

2.2.1. Obtenção e criação dos ácaros

Os espécimes de *N. californicus* foram obtidos de criações mantidas desde 2018 no Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP. Esses ácaros foram inicialmente coletados em plantas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) DC (Fabaceae), infestadas com ácaro rajado.

As criações de *N. anonymus* e *E. concordis* foram iniciadas com exemplares coletados na região de Gurupi, estado do Tocantins, em outubro de 2021. Os exemplares de *N. anonymus* foram encontrados em plantas de caruru, *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae), e os de *E. concordis*, em plantas de guanxuma, *Sida glaziovii* K. Schum. (Malvaceae). Essas plantas estavam próximas a cultivos de soja.

As três espécies de ácaros predadores foram mantidas separadamente em unidades de criação semelhantes às utilizadas por McMurtry e Scriven (1965), mas cujo substrato era composto por folhas de feijão-de-porco, trocadas semanalmente.

Esses ácaros foram alimentados a cada três dias com pólen de mamona e todas as fases do ácaro-rajado. As colônias foram mantidas em sala climatizada, a $25,0 \pm 1$ °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas.

As presas oferecidas aos predadores foram retiradas de plantas de feijão-de-porco, mantidas em casa-de-vegetação, a temperatura ambiente. O pólen de mamona foi obtido através de coletas em plantas presentes na ESALQ/USP.

2.2.2. Preferência alimentar dos ácaros predadores

Os testes de preferência alimentar foram realizados com as espécies *N. anonymus*, *N. californicus* e *E. concordis*. Inicialmente, em uma placa de Petri de plástico (2 cm altura x 3 cm diâmetro), foram individualizadas 10 fêmeas adultas, de cada espécie de ácaro predador separadamente, em um disco foliar de feijão-de-porco (2 cm diâmetro) colocado com a face abaxial voltada para cima sobre uma camada de algodão umedecido com água destilada, para manter a folha túrgida (Figura 1a). Os ácaros foram mantidos nessas placas, sem alimento, durante 24 horas.

Para realização dos testes de preferência alimentar, foi utilizado como unidade experimental uma outra placa de Petri (2 cm altura x 12 cm diâmetro), sendo colocado na base um plástico duro de cor preta, com algodão umedecido com água destilada ao redor da placa para evitar a fuga dos ácaros. Em cada unidade experimental foram colocados seis discos foliares de feijão-de-porco (2 cm diâmetro), com a face abaxial voltada para cima, dispostos equidistantes (Figura 1b), com as diferentes fontes de alimento de acordo com os tratamentos.

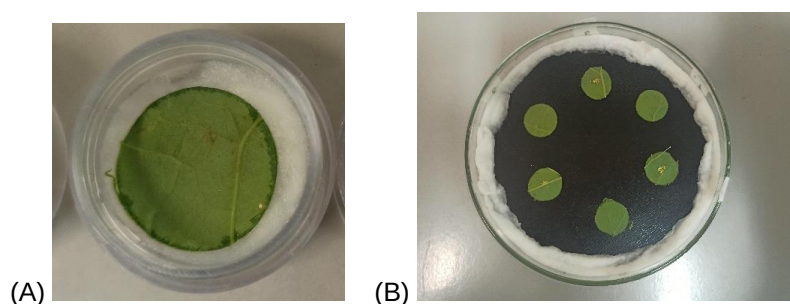


Figura 1. (A) Placa para individualização de 10 fêmeas adultas do ácaro predador; (B) Unidade experimental para o teste de preferência alimentar dos ácaros predadores.

No centro de cada unidade experimental foi colocado um disco foliar com as 10 fêmeas individualizadas, citado acima. Para cada uma das três espécies de ácaro predador foram realizados os seguintes tratamentos:

- T1 – Três discos foliares sem alimento e três discos foliares com polén de mamona.
- T2 – Três discos foliares sem alimento e três discos foliares com 30 ovos de *T. urticae* cada.
- T3 – Três discos foliares com 30 ovos de *T. urticae* cada e três discos foliares com polén de mamona.

Os discos foliares com os diferentes alimentos (ou sem alimento) foram dispostos de maneira alternada na unidade experimental, para que não houvesse o mesmo alimento lado a lado. Para cada espécie de ácaro predador foram realizadas 20 repetições por tratamento, com cada unidade experimental correspondendo a uma repetição. As unidades experimentais foram mantidas a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

As avaliações consistiram em contar o número de indivíduos do ácaro predador encontrados em cada folíolo com as diferentes fontes de alimento (ou sem alimento). No total foram realizadas sete avaliações, sendo com 10 minutos, 1 hora, duas horas, quatro horas, oito horas, 16 horas e 32 horas após a liberação das fêmeas do ácaro predador na unidade experimental.

2.2.3. Oviposição e predação dos ácaros predadores

Para os testes de oviposição e predação de cada uma das três espécies de ácaro predador foi utilizada a metodologia de Furtado et al. (2007). A unidade experimental correspondeu a uma placa de Petri de plástico (2 cm altura x 3 cm diâmetro), cuja base foi recoberta por dois discos de papel filtro, e sobre os quais foi colocado um disco de folha de feijão-de-porco (2 cm diâmetro) com a face abaxial voltada para cima. Os discos de papel de filtro foram mantidos úmidos pela adição diária de água destilada.

Inicialmente, foram transferidos para cada unidade experimental, separadamente, 50 larvas de *T. urticae* ou pólen de *R. communis* (*ad libitum*). A quantidade de alimento a ser fornecida foi determinada em testes preliminares, para garantir sempre a disponibilidade de uma quantidade excedente ao predador. Em seguida, uma fêmea adulta acasalada de cada espécie de ácaro predador (separadamente) foi colocada em cada unidade experimental. Para cada espécie de ácaro predador foram realizadas 30 repetições por tratamento, com cada unidade experimental correspondendo a uma repetição. As unidades experimentais foram mantidas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

As unidades experimentais foram examinadas diariamente em estereomicroscópio, para determinar o número de ovos colocados pelo predador e o número de larvas de *T. urticae* predados, em um período de 11 dias. A quantidade de pólen ingerida pelos predadores não foi avaliada pela dificuldade que isso representa. Os dados do primeiro dia não foram considerados nas análises para reduzir a influência da alimentação dos ácaros predadores em suas respectivas criações de manutenção. Diariamente, o alimento foi repostado e os ovos do predador descartados em cada unidade experimental. Além disso, cada unidade experimental foi renovada a cada três dias, com a colocação de novos discos de folha de feijão-de-porco.

2.2.4. Análise dos dados

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Nos testes de preferência alimentar, as análises dos dados obtidos foram realizadas separadamente para cada tempo de avaliação, sendo os mesmos submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0,05$) para determinar se cada população de dados atendia as premissas de normalidade. Para os resultados que atenderam a normalidade dos dados, foi utilizado o teste t de Student ($p < 0,05$); para os que não atenderam, foi utilizado o teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Os testes de predação e oviposição não foram distribuídos normalmente e, portanto, os tratamentos foram comparados usando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por comparações de médias com o teste de Nemenyi ($p <$

0,05). As análises estatísticas foram realizadas com o software R 3.4.0 (R Development Core Team 2020).

2.3. Resultados

2.3.1. Preferência alimentar dos ácaros predadores

A proporção total de indivíduos de *N. anonymus* ou *N. californicus* em folhas com ovos de *T. urticae* foi sempre muito maior comparado as folhas sem alimento (T2) ou com pólen de mamona (T3), em todas as avaliações (Figura 2). Já no tratamento com pólen de mamona e sem alimento (T1), foi encontrado um número maior de indivíduos dessas duas espécies sempre nas folhas com pólen de mamona.

Em relação a *E. concordis*, apenas a partir da quarta avaliação foi observada uma proporção muito maior de indivíduos em folhas com pólen de mamona do que nas folhas sem alimento (T1), não diferindo entre si nas três primeiras avaliações. No entanto, quando as alternativas foram folhas com pólen de mamona ou com ovos de *T. urticae* (T3), a proporção de predadores foi maior em folhas com pólen apenas nas quatro primeiras avaliações, não diferindo entre si nas demais. Já no tratamento com ovos de *T. urticae* ou sem alimento (T2), foi encontrado um número maior de indivíduos sempre nas folhas sem alimento.

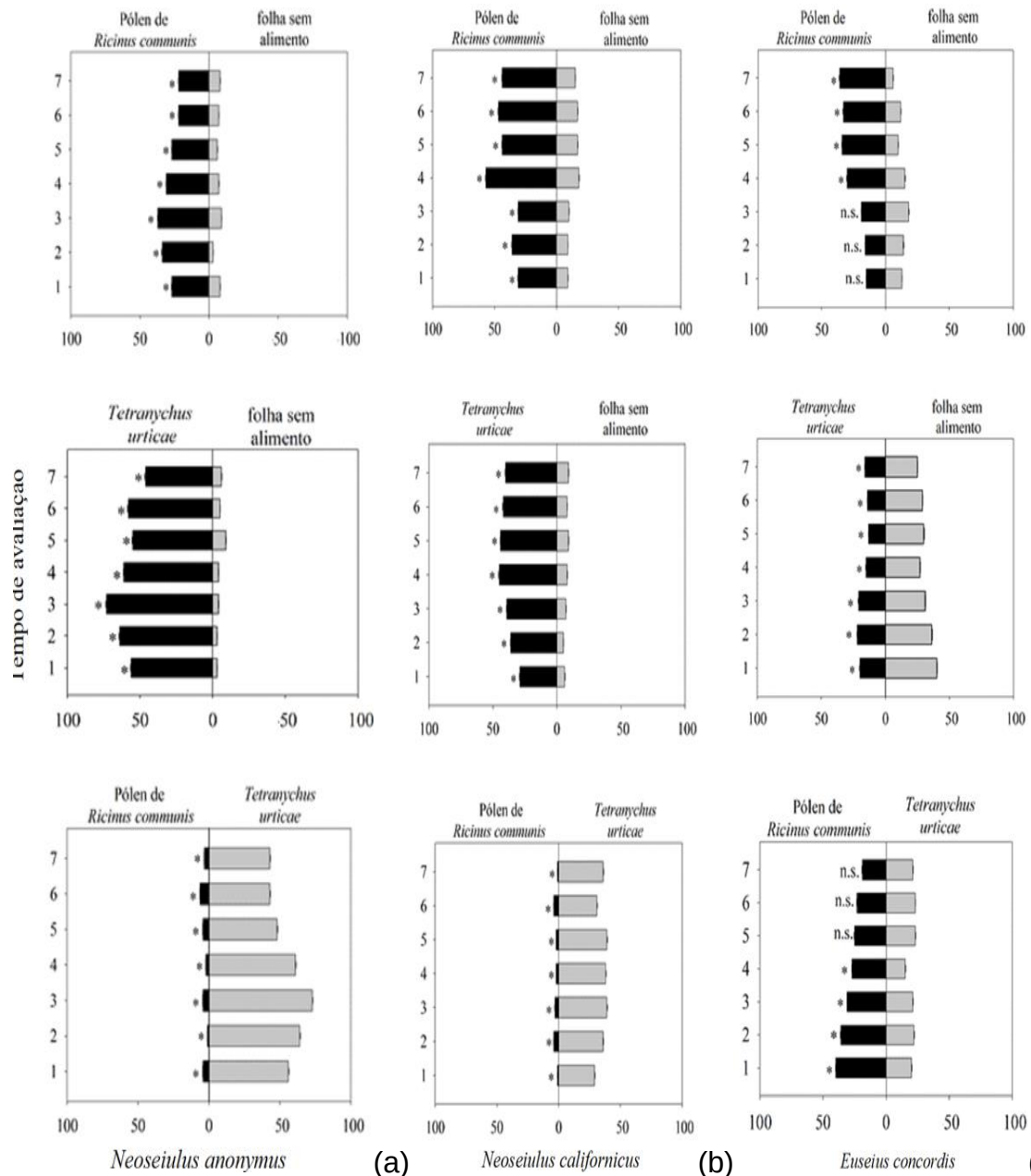


Figura 2. Preferência alimentar de *Neoseiulus anonymus* (a), *Neoseiulus californicus* (b) e *Euseius concordis* (c), quando oferecidos ovos de *Tetranychus urticae*, pólen de *Ricinus communis* ou nenhum alimento, a $25,0 \pm 1$ °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. O eixo x significa a frequência (0-100%) e o eixo y cada avaliação realizada. Os asteriscos significam que os dados não foram similares.

2.3.2. Oviposição e predação dos ácaros predadores

As espécies *N. anonymus* e *N. californicus* predaram um número maior de larvas de *T. urticae* quando comparado com a predação de *E. concordis* (Tabela 1). Além disso, a oviposição diária de *N. anonymus* e *N. californicus*, quando oferecidas

larvas de *T. urticae*, também não diferiram significativamente entre si, e foram maiores do que a oviposição de *E. concordis*.

Tabela 1. Níveis de predação e oviposição diárias de *Neoseiulus anonymus*, *Neoseiulus californicus* e *Euseius concordis* sobre larvas de *Tetranychus urticae* e pólen de *Ricinus communis*, a $25,0 \pm 1$ °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas.

Predadores	Predação		Oviposição
	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Ricinus communis</i>	<i>Tetranychus urticae</i>
<i>Neoseiulus anonymus</i>	$30,3 \pm 0,7$ a	$0,6 \pm 0,03$ b	$1,9 \pm 0,06$ a
<i>Neoseiulus californicus</i>	$33,8 \pm 1,5$ a	$0,5 \pm 0,03$ b	$2,4 \pm 0,04$ a
<i>Euseius concordis</i>	$10,3 \pm 1,2$ b	$1,0 \pm 0,04$ a	$0,5 \pm 0,03$ b

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Nemenyi ($p < 0,05$).

Quando oferecido pólen de mamona como alimento, o inverso foi observado, com uma maior oviposição diária de *E. concordis* do que *N. anonymus* e *N. californicus*, com esses dois últimos não diferindo significativamente entre si (Predadores x *T. urticae* (teste de predação) $X^2 = 50,58$; $df = 2$; $p < 0,001$; Predadores x *T. urticae* (oviposição) $X^2 = 60,67$; $df = 2$; $p < 0,001$ e Predadores x *T. urticae* (oviposição) $X^2 = 12,67$; $df = 2$; $p = 0,002$).

2.4. Discussão

Em relação a *E. concordis*, os resultados observados reforçam a preferência dessa espécie por se alimentar de pólen, sendo classificada como um Phytoseiidae generalista do tipo IV (McMurtry et al., 2013). Essa categoria contém predadores fitoseídeos para os quais o pólen constitui uma parte importante da dieta (McMurtry et al., 2013). Massaro et al. (2016) testaram diferentes itens como alimento a *E. concordis*, observando que os maiores níveis de oviposição ocorreram quando a fonte de alimento era pólen, especialmente de *R. communis* (1,7 ovos/fêmea/dia). Outros estudos também verificaram que o pólen é o alimento preferido de espécies do gênero *Euseius* (McMurtry e Croft, 1997, Furtado e Moraes, 1998; Figueiredo et al., 2018).

Quando oferecido *T. urticae* como presa, *E. concordis* foi capaz de se alimentar e ovipositar com esse alimento, porém com números inferiores as espécies de *Neoseiulus*. Esses resultados indicam que *E. concordis* pode não ser o predador mais adequado para ser utilizado no controle biológico aplicado do ácaro rajado. No entanto, alguns estudos demonstraram que esse predador apresenta boa capacidade de predação em ácaros da família Eriophyidae, como por exemplo, do microácaro do tomateiro, *Aculops lycopersici* (Masse) (Figueiredo, 2017).

Neoseiulus anonymus e *N. californicus* foram muito mais encontrados nas folhas com ovos de *T. urticae*, sempre que esse alimento foi disponibilizado, sugerindo a preferência por esse alimento. Além disso, foi observado uma preferência desses predadores por folhas com pólen de mamona a folhas sem alimento. Essas observações são compatíveis com a classificação de algumas espécies de *Neoseiulus* como fitoseídeos generalistas do tipo II (McMurtry et al., 2013). Os predadores desse grupo têm uma preferência por uma ampla gama de espécies de tetrâniquídeos com produção de teia, como ácaro rajado, mas também se alimentam e se reproduzem com ácaros de outros grupos como alimento, incluindo Eriophyidae, Tarsonemidae e Tydeoidea, além de pólen (McMurtry et al., 2013), como no presente estudo.

Os testes de oviposição e predação também reforçaram a hipótese que *N. anonymus* e *N. californicus* têm como preferência alimentar os ácaros tetrâniquídeos, com a oviposição sendo muito maior quando oferecidos larvas de *T. urticae* em relação ao pólen de mamona. Porém, pólen de mamona também pode ser considerado um alimento utilizado por essas duas espécies de ácaros predadores, pois ambas ovipositaram e tiveram 100% de sobrevivência quando oferecido esse alimento.

Esse tipo de comportamento alimentar já foi muito observado e discutido em relação a *N. californicus* (McMurtry e Croft, 1997; Croft et al., 1998; McMurtry et al., 2013). Porém, o presente estudo é um dos primeiros a reforçar esse mesmo comportamento de Phytoseiidae generalista do tipo II para *N. anonymus*. Outros estudos já sugeriam que essa espécie de fitoseídeo pode ser considerada um generalista do tipo II, como Mesa e Belloti (1986) que observaram uma oviposição

média de 2,8 ovos por dia/fêmea quando oferecido ovos de *T. urticae* como alimento e Massaro et al. (2016) de 0,2 ovos/dia quando oferecido pólen de mamona. Além disso, quando *N. anonymus* foi encontrado em cultivos de soja, o mesmo estava frequentemente associado a espécies de tetraniquídeos que produzem teia, como *T. urticae* e *Mononychellus planki* (McGregor) (Roggia et al., 2009; Reichert et al., 2014).

Neoseiulus californicus é um dos ácaros predadores mais estudados e utilizados de maneira aplicada em várias partes do mundo no controle do ácaro rajado, incluindo o Brasil (van Lenteren 2012; McMurtry et al., 2015; van Lenteren et al. 2018, Knapp et al., 2018; Navia et al., 2020). Por isso a utilização dessa espécie no presente estudo, servindo como uma referência. No entanto, a probabilidade de estabelecimento de *N. californicus* pode ser limitada em determinadas regiões, especialmente em condições de temperaturas elevadas (Araújo et al., 2022). Essa condição de temperaturas elevadas ocorre em muitas áreas com cultivos agrícolas que têm problemas com o ácaro rajado no Brasil, como plantios de soja e algodão na região centro-oeste (Padilha et al., 2020; Pozebon et al., 2020).

Por isso a necessidade da prospecção e possível utilização aplicada de outras espécies de ácaros predadores com potencial de controle do ácaro rajado. No Brasil, *N. anonymus* é uma das espécies de fitoseídeo mais encontradas em cultivos comerciais de soja (Roggia et al., 2009; Reichert et al., 2014; Demite et al., 2023). Os resultados do potencial de predação e oviposição observados de *N. anonymus* no presente estudo foram muito próximos ao de *N. californicus*, que já é uma espécie comercializada para o controle do ácaro rajado, sugerindo a conveniência em considerar *N. anonymus* para o possível uso no controle de *T. urticae* no Brasil. Porém, para isso há a necessidade de se realizarem mais estudos em casa de vegetação e campo para determinar sua capacidade de predação, testes de seletividade e se há diferença de sua predação quanto a diferentes regiões do país.

Referências

Araújo JL, Souza PGC, Silva RS, Lima DB, Melo JWS (2022) Potential worldwide distributions of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) determined by climatic modelling. **International Journal of Acarology**, 48, 494–502.

Costa EC, Teodoro AV, Rêgo AS, Pedro-Neto M, Sarmento RA (2014) Functional response of *Euseius concordis* to densities of different developmental stages of the cassava green mite. **Experimental and Applied Acarology**, 64, 277–286.

Croft BA, Monetti LN, Pratt PD (1998) Comparative life history and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective predators of spider mites? **Environmental Entomology**, 27, 532–538.

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Castilho RC (2023) **Phytoseiidae Database**. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso em: 15 fevereiro 2023.

Ferla NJ, Moraes GJ (2003) Oviposição dos ácaros predadores *Agistemus floridanus* Gonzalez, *Euseius concordis* (Chant) e *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) (Acari) em resposta a diferentes tipos de alimento. **Revista Brasileira de Zoologia**, 20, 153–155.

Figueiredo ES (2017) **Criação em larga escala de *Euseius concordis* e sua eficácia como agente de controle biológico de *Aculops lycopersici* (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae) em tomateiros**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 55 p.

Figueiredo ES, Massaro M, Carmo S., Moraes GJ (2018) Rearing system for the predatory phytoseiid *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, 74, 13–23.

Furtado IP, Moraes GJ (1998) Biology of *Euseius citrifolius*, a candidate for the biological control of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, 3, 43–48.

Furtado IP, Moraes GJ, Kreiter S, Tixier MS, Knapp M (2007) Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Biological Control**, 42, 139–147.

Gondim Jr. MGC, Moraes GJ, Oliveira JV, Barros R, Pereira JLL (1996) Biologia de *Neoseiulus anonymus* (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 25, 451–455.

Knapp M, van Houten Y, van Baal E, Groot T (2018) Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, 58, 72–82.

Marques CC, Oliveira CHCM, Oliveira CRF, Mاتيoli AL, Lima Neto IF (2015) Biologia e tabela de vida do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae) em pinhão-mansão. **Caatinga**, 28, 249–255.

Massaro M, Martin JPI, Moraes GJ (2016) Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 70, 411–420.

McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, 42, 291–321.

McMurtry JA, Scriven GT (1965) Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, 58, 282–284.

McMurtry JA, Moraes GJ, Sourassou NF (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, 18, 297–320.

McMurtry JA, Sourassou NF, Demite PR (2015). The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds.) **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Progress in Biological Control, vol 19. Cham, Springer. pp. 133–149.

Mesa NC, Belloti, A. C. (1986). Ciclo de vida y hábitos alimenticios de *Neoseiulus anonymus*, predador de ácaros Tetranychidae en yuca. **Revista Colombiana de Entomología**, 12, 54–66.

Migeon A, Dorkeld F (2023) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Available from <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Accessed 10/01/2023).

Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 288 p.

Moraes GJ, Lima HC (1983) Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mite. **Acarologia**, 24, 251–255.

Navia D, Castilho RC, Moraes GJ (2020) Controle de artrópodes-praga com ácaros predadores. In: Fontes EMG, Valadares-Inglis MC (Org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. 1ed. Brasília/DF: Embrapa. pp. 141-166.

Padilha G, Fiorin RA, Cargnelutti Filho A, Pozebon H, Rogers J, Marques RP, Castilhos LB, Donatti A, Stefanelo L, Burtet LM, Stacke RF, Guedes JVC, Arnemann JÁ (2020) Damage assessment and economic injury level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, e01836.

Pozebon H, Marques RP, Padilha G, Neal MO, Valmorbidia I, Bevilaqua JG, Tay WT, Arnemann JA (2020) Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, 113, 1591–1608.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. (2020). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

Reichert MB, Silva GL, Rocha MS, Johann L, Ferla NJ (2014) Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, 19, 123–136.

Roggia S, Guedes JVC, Kuss RCR, Arnemann JA, Návia D (2008) Spider mites associated to soybean in Rio Grande do Sul, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43, 295–301.

Sarmiento RA, Rodrigues DM, Faraji F, Erasmo EAL, Lemos F, Teodoro AV, Kinuchi WT, Santos GR, Pallini A (2011) Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 53, 203–214.

Van Dinh N, Janssen A, Sabelis MW (1988) Reproductive success of *Amblyseius idaeus* and *A. anonymus* on a diet of two-spotted spider mites. **Experimental and Applied Acarology**, 4, 41–51.

Van Lenteren JC (2012) The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, 57, 1–20.

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.

Xu D, He Y, Zhang Y, Xie W, Wu Q, Wang S (2018) Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 150, 89–96.

CAPÍTULO 3 – Efeito de cinco produtos químicos utilizados em cultivos de soja e algodão sobre o ácaro predador *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae)

Resumo – Um dos principais limitadores nos cultivos de soja e algodão são as pragas, como o ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae). O uso de produtos químicos sempre foi a forma mais usual de controle de pragas nesses cultivos. Porém, o controle biológico vem aumentando sua importância, incluindo o uso de ácaros predadores, como *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Mesostigmata: Phytoseiidae), utilizado no controle do ácaro rajado. A ocorrência natural ou o uso aplicado desse ácaro predador geralmente ocorre em áreas com aplicação de diferentes produtos químicos e alguns desses produtos podem afetar o seu desenvolvimento. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de cinco produtos comumente utilizados em cultivos de soja e algodão em adultos de *N. californicus*, nas doses recomendadas e em subdoses. Cinco formulações comerciais de produtos fitossanitários registrados para as culturas da soja e/ou algodão foram utilizadas, nas seguintes doses recomendadas (em parênteses): Plinazolin (80 ml/ha), Etiprole (750 ml/ha), Profenofós+Cipermetrina (1000 ml/ha), Tiametoxam+Lambda-Cialotrina (250 ml/ha), e Malationa (1000 ml/ha), além de um controle, com aplicação apenas de água. Para cada um dos tratamentos, além da dose recomendada, também foram testadas quatro sub-doses, correspondendo a 50, 25, 12,5 e 6,25% da dose recomendada. As aplicações foram realizadas em Torre de Potter ajustada para deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg.cm². As avaliações foram feitas 12, 24, 48 e 72 horas depois da aplicação, para determinar o número de ácaros mortos. Todas as doses de todos os produtos avaliados causaram alta mortalidade de *N. californicus*. Diferenças entre os produtos não foram observadas nas avaliações realizadas 24, 48 e 72 horas após a aplicação, sendo a mortalidade sempre maior que 90%. A utilização de fitoseídeos como essa população de *N. californicus*, que se mostrou muito sensível a diferentes produtos químicos, pode não ser interessante em programas de manejo de *T. urticae* em cultivos de soja e algodão, em que esses produtos são muito utilizados.

Palavras-chave: Controle biológico, Manejo Integrado de Pragas, Seletividade.

3.1. Introdução

Dentre os diversos cultivos agrícolas do Brasil, soja e algodão estão entre os que mais se destacam em termos de produção e área plantada (CONAB, 2021). Um dos principais limitadores na produção desses dois cultivos são as pragas, como por exemplo, o percevejo marrom, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), na soja, e o bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Bohemann) (Coleoptera: Curculionidae), no algodão (Miranda, 2010; Pozebon et al., 2020).

Nas principais regiões produtoras desses cultivos no Brasil, principalmente o Centro-Oeste, a soja geralmente é cultivada como a cultura principal, sendo rotacionada por outras culturas, como o algodão, promovendo a intensificação da agricultura. Esse sistema de cultivos sucessivos promove um ambiente favorável ao aumento da densidade populacional de organismos pragas, podendo uma ou mais espécies estarem presentes em mais de uma cultura por safra, afetando a produtividade das áreas cultivadas (Pozebon et al., 2020).

Uma das pragas que atacam tanto a soja quanto o algodão no Brasil é o ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae), que tem sido considerado um dos principais problemas nesses cultivos (Padilha et al., 2020; Pozebon et al., 2020). Em ambas as culturas, esse ácaro pode acarretar antecipação na senescência e queda prematura das folhas, podendo assim, diminuir a capacidade fotossintética das plantas, afetando negativamente a produtividade (Moraes e Flechtmann, 2008; Padilha et al., 2020).

O uso de produtos químicos sempre foi a forma mais usual de controle de pragas em cultivos extensivos de soja e algodão, incluindo o ácaro rajado. Porém, o controle biológico vem aumentando sua importância nesses cultivos extensivos nos últimos anos. O uso de diferentes formas de controle conjuntamente em um Manejo Integrado de Pragas pode auxiliar no combate às ameaças fitossanitárias e na promoção da sustentabilidade da produção agrícola.

Espécies da família Phytoseiidae (Mesostigmata) são os ácaros predadores mais conhecidos e estudados por apresentarem potencial no controle biológico de ácaros e pequenos insetos pragas (van Lenteren 2012; McMurtry et al., 2015; van Lenteren et al. 2018). O fitoseídeo *Neoseiulus californicus* (McGregor) é um dos

ácaros predadores mais utilizados em várias partes do mundo, incluindo o Brasil (van Lenteren 2012; van Lenteren et al. 2018, Knapp et al., 2018). Esta espécie é comercializada para o uso em diferentes culturas, visando ao controle biológico de ácaros Tetranychidae, principalmente *T. urticae* (McMurtry et al., 2015; Knapp et al., 2018).

Entretanto, a ocorrência natural ou o uso aplicado desse ácaro predador geralmente ocorre em áreas com aplicação de diferentes produtos químicos, como por exemplo a utilização de inseticidas para o controle do percevejo marrom e do bicudo do algodoeiro na soja e no algodão, respectivamente. Alguns desses produtos podem afetar o desenvolvimento de inimigos naturais, como por exemplo, o efeito prejudicial de produtos a base de Clorfenapir e Abamectina ao desenvolvimento de *N. californicus* (Sato et al., 2002). Por essa razão, é importante o conhecimento de possíveis efeitos dos produtos comumente utilizados nos cultivos agrícolas sobre os organismos não alvos, como os ácaros predadores.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de cinco produtos comumente utilizados em cultivos de soja e algodão em adultos de *N. californicus*, nas doses recomendadas e em subdoses.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Criação de *Neoseiulus californicus*

Os espécimes de *N. californicus* foram obtidos de criações mantidas desde 2018 no Laboratório de Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba/SP. Esses ácaros foram inicialmente coletados em plantas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* (L.) DC (Fabaceae), infestadas com ácaro rajado.

Os ácaros foram mantidos em unidades de criação semelhante à utilizada por McMurtry e Scriven (1965) (cerca de 80 cm²), cujo substrato foi constituído de folhas de feijão-de-porco. Os predadores foram alimentados com todos os estágios do ácaro rajado a cada três dias. Essas unidades de criação foram mantidas em câmara climatizada, a 25,0 ± 1 °C, 70,0 ± 10% UR e 12 h de fotófase. As presas

oferecidas aos predadores foram retiradas de plantas de feijão-de-porco, mantidas em casa-de-vegetação a temperatura ambiente.

3.2.2. Procedimento experimental

Cinco formulações comerciais de produtos fitossanitários registrados para as culturas da soja e/ou algodão foram utilizadas no estudo (Tabela 1). Os produtos avaliados são utilizados para o controle de percevejos e/ou bicudo do algodoeiro, e abrangem diferentes ingredientes ativos, com diferentes modos de ação. O tratamento controle foi composto por água.

Tabela 1. Produtos fitossanitários utilizados nas culturas da soja e/ou algodão testados em laboratório sobre *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae).

Ingrediente ativo	Nome comercial	Grupo químico	%(AI) e formulação ¹	Dose ²
Plinazolin	- ³	Isoxazolina	- ⁴	80
Etiprole	Curbox	Fenilpirazol	20,0 (SC)	750
Profenofós+Cipermetrina	Polytrin	Organofosforado + Piretroide	40,0 + 4,0 (EC)	1000
Tiametoxam+Lambda-cialotrina	Engeo Pleno S	Neonicotinoide + Piretroide	14,1 + 10,6 (ZC)	250
Malationa	Malathion	Organofosforado	100,0 (EC)	1000

¹Concentração em %: EC= concentrado emulsional, SC= suspensão concentrada, ZC= mistura de (CS) Suspensão de Encapsulado e SC; ²Dose recomendada em ml ou g/ha; ^{3,4}Não fornecido pela empresa.

Para cada um dos tratamentos, além da dose recomendada, também foram testadas quatro sub-doses, correspondendo a 50, 25, 12,5 e 6,25% da dose recomendada. As aplicações foram realizadas em Torre de Potter ajustada para deposição de $1,8 \pm 0,1 \text{ mg.cm}^2$.

No experimento foi utilizado o método de Knight et al. (1990), sendo avaliado o efeito tóxico de cada produto, com suas respectivas doses, sobre fêmeas adultas de *N. californicus*. Como unidade experimental foi utilizado um disco recortado de feijão-de-porco (6 cm de diâmetro), colocado com a parte abaxial voltada para cima, sobre uma camada de algodão umedecido, em uma placa de Petri (8 cm de diâmetro). A margem do disco foi coberta com uma faixa de algodão umedecido para

manter a turgidez e evitar a fuga dos ácaros. Para cada unidade experimental foram transferidas dez fêmeas adultas do ácaro predador, retiradas ao acaso das unidades de criação.

Cinco unidades experimentais foram utilizadas para cada tratamento. As avaliações foram realizadas 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de cada tratamento, para determinar o número de ácaros mortos. Consideraram-se mortos os ácaros que não apresentavam mobilidade ao serem tocados com a cerda de um pincel fino.

3.2.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos a um teste de distribuição de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk), bem como de homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett), seguidos pelo teste de medidas repetida no tempo ($\alpha=0,05$). Os dados foram transformados utilizando a fórmula $\sqrt{X+0,5}$. Para a análise estatística, utilizou-se o programa R (R Core Team 2017) e os gráficos foram construídos com o uso do programa SigmaPlot 12.0.

3.3. Resultados e Discussão

Todas as doses de todos os produtos avaliados causaram alta mortalidade de *N. californicus* (Figura 1). Diferenças entre os produtos não foram observadas nas avaliações realizadas 24, 48 e 72 horas após a aplicação, sendo a mortalidade sempre maior que 90%. Já em relação ao controle, em que foi aplicado apenas água, 80% dos ácaros estavam vivos após 72 horas.

Diferenças significativas entre os produtos ($p<0.001$) foram observadas apenas com 12 horas após a aplicação dos produtos. Quando utilizada a dose recomendada para cada produto, Plinazolin foi o produto que ocasionou maior mortalidade ($F_{4,20} = 6,55$; $p = 0,002$), seguido por Malationa, enquanto os outros três produtos não diferiram entre si. O mesmo resultado foi obtido com 50% ($F_{4,20} = 11,07$; $p = 0,009$) e 25% ($F_{4,20} = 11,25$; $p = 0,008$) da dose recomendada. Em relação a 12,5 e 6,25% da dose recomendada, Plinazolin e Malationa foram os que mais afetaram o ácaro predador.

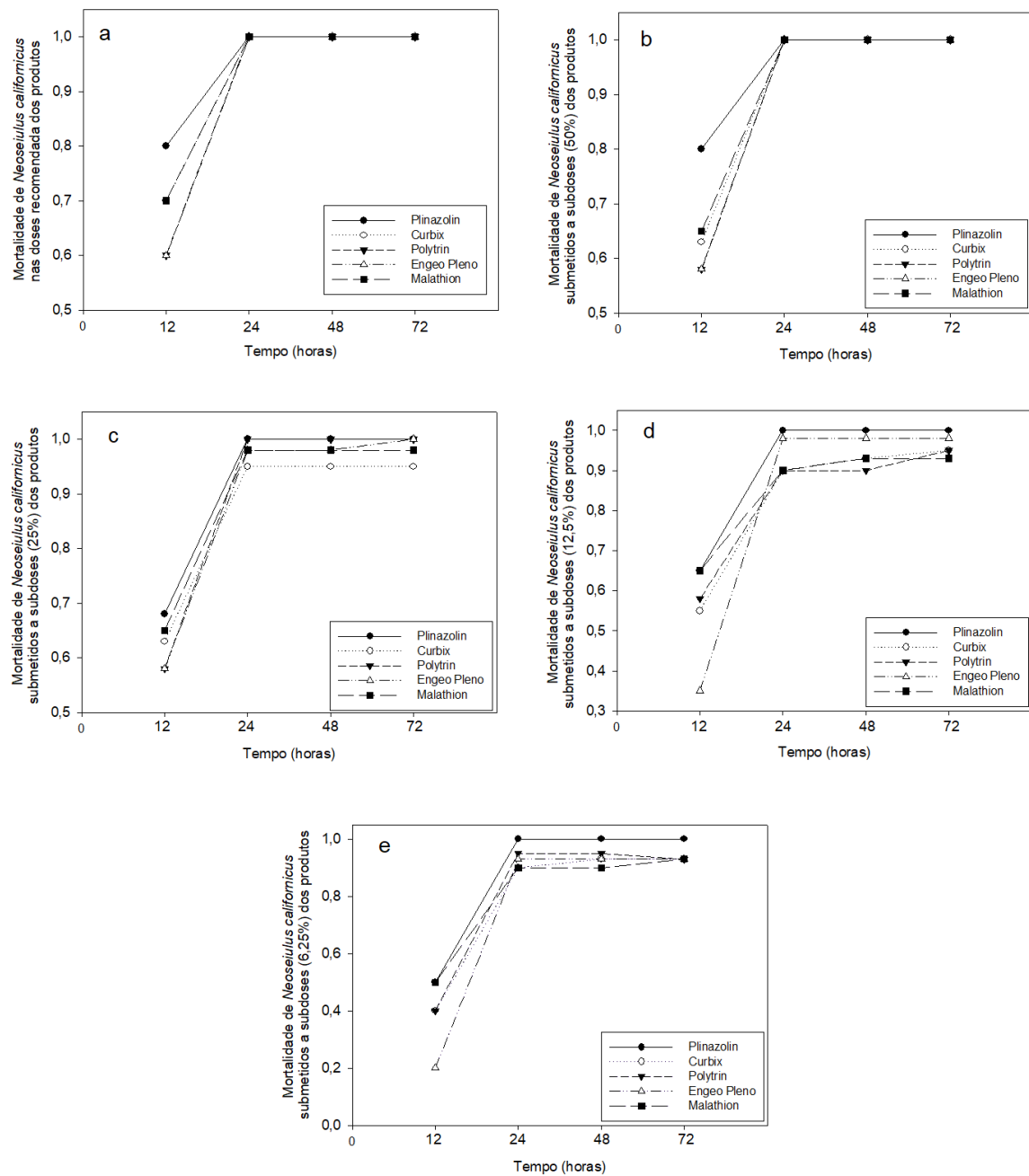


Figura 1. Mortalidade (média $\pm$ EP) de *Neoseiulus californicus* após a aplicação dos produtos químicos: (a) dose recomendada, (b) 50% da dose recomendada, (c) 25% da dose recomendada, (d) 12,5% da dose recomendada e (e) 6,25% da dose recomendada.

Na avaliação da seletividade de produtos químicos a agentes de controle biológico, usualmente além da avaliação da mortalidade, avalia-se também a ocorrência de outros efeitos. Como todos os produtos provocaram uma alta

mortalidade de *N. californicus* já com 24 horas após a aplicação, não foi possível a realização de outras avaliações, como a oviposição desses ácaros predadores.

Outros estudos avaliaram o efeito de produtos químicos sobre *N. californicus*, porém nenhum demonstrou a alta toxicidade de produtos dos mais diferentes modos de ação como observado no presente estudo. Sato et al. (2002) observaram alta mortalidade (mais de 90%) de *N. californicus* com produtos a base de Abamectina (Avermectina) e Clofernapir em laboratório, porém com sobrevivência acima de 60% com acaricidas a base de Fenpiroximato, Ciexatin, Dimetoato e Propargite. Castagnoli et al. (2005) observaram alta mortalidade (mais de 80%) dessa mesma espécie apenas com um produto a base de piretrina, com sobrevivência acima de 70% com produtos a base de Imidacloprido (neonicotinoide), Azadiractina, Pimetrozina (Piridina Azometina), *Beauveria bassiana* e Rotenona. Meyer et al. (2009) observaram que Tebufenozida, Fosmete, Metidationa, Clorpirifós, Abamectina, Fenpiroximato, Piridabem, Captana, Mancozebe (duas dosagens) e Ditianona provocaram uma mortalidade abaixo de 50%, e apenas Abamectina promoveu uma mortalidade em torno de 65% em *N. californicus* em laboratório.

Argolo et al. (2013) verificaram que Imidacloprido (Neonicotinoide) não afetou o desenvolvimento de *N. californicus* em laboratório. No entanto, Pyraclofos (Organofosforado) ocasionou 100% de mortalidade em *N. californicus* também em laboratório (Lee e Kim, 2015).

Essa diversidade dos efeitos dos produtos químicos em *N. californicus* em diferentes estudos demonstra a importância da questão da população a ser usada de maneira aplicada no controle de pragas. Essa maior suscetibilidade da população de *N. californicus* testada no presente estudo pode ser devido a mesma ser criada em laboratório a mais de cinco anos, sem o possível impacto da utilização dos produtos químicos. Além disso, a avaliação da toxicidade dos produtos foi baseada apenas na mortalidade de adultos de *N. californicus*, sem levar em consideração o efeito sobre as formas imaturas, que provavelmente são mais sensíveis aos produtos químicos utilizados. Por isso, a utilização de fitoseídeos como essa população de *N. californicus*, que se mostrou muito sensível a diferentes produtos

químicos, pode não ser interessante em programas de manejo de *T. urticae* em cultivos de soja e algodão, em que esses produtos são muito utilizados.

Referências

Argolo PS, Banyuls N, Santiago S, Mollá O, Jacas JA, Urbaneja A (2013) Compatibility of *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) with imidacloprid to manage clementine nursery pests. **Crop Protection**, 43, 175–182.

Castagnoli M, Liguori M, Simoni S, Duso C (2005) Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **BioControl**, 50, 611–622.

CONAB (2021) Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 julho 2022.

Knapp M, van Houten Y, van Baal E, Groot T (2018) Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, 58, 72–82.

Knight AL, Beers EH, Hoyt SC, Riedl H (1990) Acaricide bioassay with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discrimination concentrations for resistance monitoring. **Journal of Economic Entomology**, 83, 1752–1760.

Lee SM, Kim SS (2015) Susceptibility of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to acaricides. **The Korean Journal of Pesticide Science**, 19, 418–423.

McMurtry JA, Scriven GT (1965) Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, 58, 282–284.

McMurtry JA, Sourassou NF, Demite PR (2015). The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds.) **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Progress in Biological Control, vol. 19. Cham, Springer. pp. 133–149.

Meyer GA, Kovaleski A, Valdebenito-Sanhueza RM (2009) Seletividade de agrotóxicos usados na cultura da macieira a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 31, 381–387.

Miranda JE (2010) **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros**. Embrapa: Campina Grande. 36 p. (Circular Técnica 131)

Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 288 p.

Padilha G, Fiorin RA, Cargnelutti Filho A, Pozebon H, Rogers J, Marques RP, Castilhos LB, Donatti A, Stefanelo L, Burtet LM, Stacke RF, Guedes JVC, Arnemann JÁ (2020) Damage assessment and economic injury level of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, e01836.

Pozebon H, Marques RP, Padilha G, Neal MO, Valmorbida I, Bevilaqua JG, Tay WT, Arnemann JA (2020) Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of Economic Entomology**, 113, 1591–1608.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. (2017). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

Sato ME, Silva MZ, Gonçalves LR, Souza Filho MF, Raga A (2002) Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, 31, 449–456.

Van Lenteren JC (2012) The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, 57, 1–20.

Van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A (2018) Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, 63, 39–59.