ESLANE REIS FARIAS MENDES

POTENCIAL DE *Neoseiulus barkeri* HUGHES (ACARI: PHYTOSEIIDAE) COMO BIOCONTROLADOR DE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (ACARI: TETRANYCHIDAE)

TERESINA – PI

2024

ESLANE REIS FARIAS MENDES

POTENCIAL DE *Neoseiulus barkeri* HUGHES (ACARI: PHYTOSEIIDAE) COMO BIOCONTROLADOR DE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - PPGA, para obtenção do título de Mestre em agronomia.

Orientadora:

Prof. Dra. Solange Maria de França

Coorientadora:

Dra. Rosenya Michely Cintra Filgueiras

TERESINA – PI

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação Temática da Informação

M538p Mendes, Eslane Reis Farias.
Potencial de N*eoseiulus barkeri* hughes (acari: phytoseiidae) como biocontrolador de T*etranychus neocaledonicus* andré *(*acari: tetranychidae). / Eslane Reis Farias Mendes. -- 2024.
44 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.
"Orientadora: Profa. Dra. Solange Maria de França."

1. Ácaro predador. 2. Controle biológico. 3. Resposta funcional. 4. Resposta numérica. I. França, Solange Maria de. II. Título.

CDD 632.654

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

ESLANE REIS FARIAS MENDES

POTENCIAL DE *Neoseiulus barkeri* HUGHES (ACARI: PHYTOSEIIDAE) COMO BIOCONTROLADOR DE *Tetranychus neocaledonicus* ANDRÉ (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - PPGA, para obtenção do título de Mestre em agronomia.

APROVADA em:

Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE WAGNER DA SILVA MELO
Data: 29/01/2025 07:39:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo – UFPE

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE CLAUDIO BARROS FERRAZ
Data: 28/01/2025 20:32:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Cláudio Barros Ferraz – IFPI Campus José de Freitas

Documento assinado digitalmente
gov.br
DOUGLAS RAFAEL E SILVA BARBOSA
Data: 28/01/2025 16:34:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – IFMA Campus Codó

Documento assinado digitalmente
gov.br
SOLANGE MARIA DE FRANCA
Data: 28/01/2025 14:48:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dra. Solange Maria de França - UEMA
Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
ROSENYA MICHELY CINTRA FILGUEIRAS
Data: 28/01/2025 16:20:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. Rosenya Michely Cintra Filgueiras - IFPI
Coorientadora

TERESINA – PI

2024

Á Deus, porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas. Ao meu esposo Sillas Mendes Lima e Silva e a minha mãe Edilene Reis de Sousa, por todo amor, apoio e compreensão, incentivo e dedicação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus por me proporcionar a oportunidade de realizar um mestrado e por me sustentar durante todo o processo.

Á Universidade Federal do Piauí juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-PPGA pela oportunidade de realizar uma pós-graduação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão da bolsa que foi de fundamental importância.

À empresa TopBio, pela concessão de material biológico realização deste trabalho.

A minha orientadora Solange Maria de França, pelos conselhos, ensinamentos e aprendizado.

A minha coorientadora Rosenya Michely Cintra Filgueiras pela amizade, ensinamentos, apoio e dedicação.

Ao Professor Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva pela disponibilidade do Laboratório de Entomologia para realização dos experimentos.

Ao meu esposo Sillas Mendes Lima e Silva por todo amor, apoio e compreensão.

Aos meus pais Edilene Reis de Sousa e Everaldo Farias de Araújo, por toda compreensão, apoio, incentivo, conselhos e ensinamentos.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia Adriele de Castro Ferreira, Francisco Rodrigo Santos Azevedo, Renata Dourizete Costa Campos, Felipe Sousa Queiroz Barbosa, Franciele Sousa Costa, Elys Rejanne Marques Cruz Araújo.

Muito Obrigada a todos!

RESUMO GERAL

O ácaro-vermelho *Tetranychus neocaledonicus* André vem ganhando destaque na agricultura devido ao seu elevado potencial biótico. Até o momento inexistem agentes de controle biológico registrados contra *T. neocaledonicus.* Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de *Neoseilus barkeri* como agente de controle biológico de *T. neocaledonicus*. Em relação à preferência alimentar de *N. barkeri,* foram realizados testes com e sem chance de escolha; o consumo e a oviposição de *N. barkeri* sobre diferentes estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus*; a performance de predação e oviposição de *N. barkeri* quando alimentado com ovos de *T. neocaledonicus;* e a resposta funcional e numérica de *N. barkeri* alimentados com ovos *T. neocaledonicus*. Todos os ensaios foram repetidos 30 vezes, sempre utilizando fêmeas grávidas do predador (~4 dias) correspondendo a uma repetição. O consumo médio de *N. barkeri* diferiu entre os estágios de desenvolvimento de *T. Neocaledonicus*, a maior média de presas consumidas foi observada para ovos do ácaro fitófago. Os estágios mais jovens de *T. neocaledonicus* aumentaram a taxa de oviposição no predador em relação às demais. O consumo de *T. neocaledonicus* por *N. barkeri* apresentou uma relação diretamente proporcional ao número de ovos disponibilizados, até uma densidade de 35 ovos, momento em que o consumo se estabilizou. Em contrapartida, a proporção de presas consumidas mostrou uma relação inversa em relação ao aumento da densidade de ovos oferecidos. O ácaro predador *N. barkeri* exibiu uma resposta funcional do tipo II. A maior media de consumo foi de 15,93 ovos de *T. neocaledonicus* consumidos na densidade máxima ofertada. A taxa de ataque (a) e o tempo de manipulação (Th) de fêmeas de *N. barkeri* sobre ovos de *T. neocaledonicus* foram $0,04 \pm 0,003\ h^{-1}$ e $0,96 \pm 0,05\ h^{-1}$, respectivamente. O ácaro predador *N. barkeri* apresenta potencial para controle de *T. neocaledonicus*.

Palavras-chaves: Ácaro predador, Controle biológico, Resposta funcional, Resposta numérica.

ABSTRACT

The red mite *Tetranychus neocaledonicus* André has been gaining prominence in agriculture due to its high biotic potential. To date, there are no registered biological control agents against *T. neocaledonicus*. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of *Neoseilus barkeri* as a biological control agent for *T. neocaledonicus*. Regarding the feeding preference of *N. barkeri*, tests with and without choice were conducted; consumption and oviposition of *N. barkeri* on different developmental stages of *T. neocaledonicus*; the predation and oviposition performance of *N. barkeri* when fed with *T. neocaledonicus* eggs; and the functional and numerical response of *N. barkeri* fed with *T. neocaledonicus* eggs. All tests were repeated 30 times, always using gravid females of the predator (~4 days old), with each repetition corresponding to one trial. The average consumption of *N. barkeri* differed among the developmental stages of *T. neocaledonicus*, with the highest average number of prey consumed observed for the eggs of the phytophagous mite. The younger stages of *T. neocaledonicus* increased the oviposition rate in the predator compared to the others. The consumption of *T. neocaledonicus* by *N. barkeri* showed a directly proportional relationship to the number of eggs provided, up to a density of 35 eggs, at which point consumption stabilized. In contrast, the proportion of prey consumed showed an inverse relationship to the increase in egg density offered. The predator mite *N. barkeri* exhibited a Type II functional response. The highest average consumption was 15.93 *T. neocaledonicus* eggs consumed at the maximum density offered. The attack rate (a) and handling time (Th) of *N. barkeri* females on *T. neocaledonicus* eggs were 0.04 ± 0.003 h^{-1} and 0.96 ± 0.05 h^{-1}, respectively. The predator mite *N. barkeri* shows potential for controlling *T. neocaledonicus*.

Keywords: Predatory mite, Biological control, Functional response, Numerical response.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA 12
2.1 Família Phytoseiidae 12
2.2 *Neoseiulus barkeri Hughes*. 14
2.3 Família Tetranychidae 16
2.4 *Tetranychus neocaledonicus* André (1933) 18
2.5 Testes indicativos da eficiência do ácaro predador 19
3 MATERIAIS E MÉTODOS 20
3.1 Criação do Ácaro *Tetranychus neocaledonicus* 20
3.2 Criação do ácaro predador *Neoseiulus barkeri* 21
3.4 Respostas funcional e numérica 23
4 RESULTADOS 25
4.1 Preferência alimentar sem chance de escolha 25
4.2 Preferência alimentar com chance de escolha 26
4.3 Respostas funcional e numérica 28
5 DISCUSSÃO 34
6 CONCLUSÕES 38
REFÊRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39

1 INTRODUÇÃO

Tetranychus neocaledonicus André é um ácaro fitófago que tem se destacado devido à sua incidência em diversas culturas agrícolas, sendo responsável por ocasionar danos às plantas (MENDONÇA et al., 2011; GOMES NETO et al., 2019; NERE et al., 2021; BRIOZO et al., 2023; MIGEON; DORKELD, 2024). Ele foi relatado em 547 espécies de plantas hospedeiras e detectado em 64 países até o momento, destacando-se devido ao seu alto potencial biótico, rápido desenvolvimento e dispersão (SEEMAN; BEARD, 2011; BRIOZO et al., 2023; MORAES et al., 2024).

Dentre as culturas que *T. neocaledonicus* causa injúrias, destacam-se *Vigna unguiculata* L. (feijão- de-corda) (MIGEON; DORKELD, 2024), *Phaseolus lunatus* L. (feijão-fava) (GOMES-NETO, 2019), *Abelmoschus esculentus* L. (quiabo) (MIGEON; DORKELD, 2024), *Solanum melongena* L. (berinjela) (SINGH; SINGH, 2016)*, Arachis hypogaea* L. (amendoim) (SILVA et al., 2016)*, Allium cepa* L. (cebola) (MIGEON; DORKELD, 2024)., *Citrus sp.* (Citrus) (MIGEON; DORKELD, 2024) *e Glycine max* L. (soja) (BRIOZO et al., 2023; MIGEON; DORKELD, 2024).

As populações de *T. neocaledonicus* se desenvolvem na parte abaxial das folhas, onde eles depositam seus ovos esféricos e translúcidos (GOMES NETO et al., 2019; MORAES et al., 2024). A alimentação desse tetraniquídeo ocasiona pequenas manchas esbranquiçadas, as quais podem evoluir para manchas cloróticas, levando a diminuição da taxa de fotossíntese, seguidas de prateamento, ressecamento e queda das folhas (GOMES NETO et al., 2019). Essas injúrias levam a redução do vigor, crescimento, floração e frutificação das plantas (SINGH; SINGH, 2017; MORAES et al., 2024).

De forma geral, o controle de ácaros-praga se dá principalmente pelo uso de produtos sintéticos, entretanto, ao tratar-se de *T. neocaledonicus* há uma limitação, no mundo poucos produtos são registrados e recomendados contra esse ácaro-praga, no contexto de Brasil, por exemplo, não há registro de acaricidas sintéticos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para essa espécie (AGROFIT, 2024). Nesse sentido, um método de controle que vem ganhando destaque é o biológico, através da utilização de ácaros predadores (JYOTHISA, RAMANIB, 2019; FILGUEIRAS et al., 2020; AL-AZZAZY, 2021). Grande parte das pesquisas sobre controle biológico de tetraniquídeos concentra-se na família Phytoseiidae devido a sua eficácia de manter populações de presas em baixas

densidades (ALI et al., 2011; JAFARI et al., 2012; FATHIPOUR et al., 2021; LI et al., 2021).

Dentre os fitoseídeos disponíveis comercialmente, tem-se o *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), um predador generalista, disponível no Brasil (AGROFIT, 2024). Ele é capaz de se desenvolver com uma ampla gama de presas, como exemplo: *Thrips flavidulus* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae) (YAO et al., 2014), *Tarsonemus confusus* Ewing (Acari: Tarsonemidae) (LI et al., 2018), *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipaupidae) (FILGUEIRAS et al., 2020a), *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (JAFARI et al., 2012; FATHIPOUR et al., 2021; LI et al., 2021). Além disso, o *N. barkeri* está amplamente distribuído em muitos países, sendo relatado em várias regiões biogeográficas (AL-AZZAZY, 2021; DEMITE et al. 2024). Essa espécie pode sobreviver a diferentes condições climáticas, desenvolvendo-se em temperaturas que podem variar de 15 a 37 °C (JAFARI et al., 2012; LI et al., 2021; AL-AZZAZY, 2021).

Existem alguns métodos disponíveis para avaliar o potencial dos inimigos naturais no controle das populações de pragas, dentre os quais pode-se citar o teste de preferência alimentar e respostas funcional e numérica (LI et al., 2021). Esses testes são basilares e essenciais para se mensurar a capacidade do predador regular as populações da praga e de se reproduzir alimentando-se apenas com a presa ofertada (FILGUEIRAS et al., 2020a). As preferências pelos diferentes estágios de desenvolvimento podem ser determinadas por testes com ou sem chance de escolha e quantificadas com base no índice "B" proposto por Manly (1974).

O teste de resposta funcional explica a relação entre a taxa de consumo de um indivíduo e a densidade alimentar (SOLOMON, 1949), e a resposta numérica associa as variações de reprodução no predador em relação à densidade de presas ofertadas (HASSELL 1978). Holling apresenta três tipos gerais de curvas de resposta funcional. A resposta do tipo I, ocorre quando o número de presas mortas aumenta linearmente até um máximo e então permanece constante à medida que a densidade das presas aumenta (HOLLING 1959, 1961). Na resposta do tipo II, o número de presas consumidas pelo predador aumenta rapidamente devido maior disponibilidade de presas e diminui gradativamente até a estabilização do platô (saciedade do predador) (HOLLING 1959, 1961). Por fim, a resposta do tipo III se assemelha ao tipo de resposta II, exceto que em baixas densidades de presas é observada uma fase

acelerada de consumo, o que leva a um aumento mais que linear na taxa de consumo de presas (resposta sigmóide) (HOLLING 1959, 1961).

Este estudo busca identificar o estágio de presa preferido por *N. barkeri* e caracterizar suas respostas funcional e numérica frente a *T. neocaledonicus*. Considerando o impacto negativo de *T. neocaledonicus* em culturas agrícolas e a falta de métodos registrados para seu controle, as informações aqui obtidas são essenciais para o desenvolvimento de um programa de manejo utilizado *N. barkeri* como agente de controle biológico.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Família Phytoseiidae

A família Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) representa as principais espécies de ácaros predadores usados como agentes biológicos de controle de pragas (DEMITE et al., 2024). Os ácaros dessa família estão amplamente distribuídos ao redor do mundo, presentes em variados biomas, sua diversidade abrange cerca de 2.880 espécies descritas, destas 245 foram registradas em solo brasileiro (ARAÚJO; RODRIGUES, 2023; DEMITE et al., 2024).

O ciclo biológico desses ácaros inclui as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Os ovos dessa família são alongados e inicialmente translúcidos e posteriormente leitosos, suas larvas possuem um par de setas longas na margem posterior do opistossoma; com escudos no dorso e no ventre do idiossoma, em todos os estágios de desenvolvimento, os fitoseídeos possuem quelíceras com ambos os dígitos desenvolvidos em forma de quela, com dentes na margem interna, além disso, são haplodiploides, o que significa que fêmeas não fecundadas dão origem a machos e fêmeas fecundadas dão origem a fêmeas (MORAES et al., 2024).

Eles têm sido reconhecidos por desempenhar um papel crucial no controle natural de ácaros e insetos fitófagos, diversas espécies de fitoseídeos são comercialmente produzidas para o controle de ácaros-praga, tripes e moscas-brancas (DEMITE et al., 2024). Conhecidos principalmente por seu hábito predatório, muitos representantes também se alimentam de pólen, fungos, substâncias açucaradas produzidas por insetos e exsudatos de plantas (ADAR et al., 2012). No geral, apresentam grande persistência em plantas com baixa infestação de presas, tornando

esses organismos amplamente utilizados em programas de controle biológico em todo o mundo (MORAES et al., 2024).

Os ácaros da família Phytoseiidae são classificados de acordo com seu hábito alimentar, em quatro grupos distintos I, II, III e IV (MCMURTRY; CROFT, 1997). O grupo I abrange predadores especializados de diferentes grupos de ácaros, enquanto os ácaros do grupo II são predadores seletivos de ácaros tetraniquídeos, o grupo III alimenta-se e reproduzem-se numa vasta gama de presas e os do grupo IV são generalistas, podendo sobreviver e reproduzir-se sobre as mais diversas fontes de alimento tais como ácaros, pequenos insetos, pólen de plantas (MCMURTRY et al., 2013).

Grande parte das pesquisas sobre controle biológico de tetraniquídeos concentra-se na família Phytoseiidae devido a sua eficácia de manter populações de presas em baixas densidades (ALI et al., 2011). Vários gêneros de ácaros predadores como, por exemplo: *Neoseiulus, Amblyseius* e *Typhlodromus*, alimentam-se de ácaros fitófagos e seus ovos (Al-AZZAZY, 2021).

O gênero *Neoseiulus* é o segundo maior em número de espécies registradas, com aproximadamente 23 espécies documentadas até o momento em todo o mundo (MORAES et al., 2024). De acordo com o comportamento alimentar e o nível de especialização em relação às presas que atacam, os *Neoseiulus* podem ser classificados em dois dos quatro grupos de fitoseídeos, especificamente os Grupos II e III (MCMURTRY et al., 2013). Os fitoseídeos do Grupo II costumam se alimentar principalmente de ácaros da família Tetranychidae, enquanto os fitoseídeos do Grupo III têm uma dieta mais diversificada, consumindo ácaros de vários grupos, alguns insetos e até mesmo pólen (MCMURTRY et al., 2013).

Esse gênero possui grande importância na agricultura e na ecologia, porque contém algumas das principais espécies de ácaros predadores mais usados como agentes de controle biológico. Como exemplo disso pode-se citar o *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), que é uma espécie com grande capacidade para controlar ácaros das diferentes famílias incluindo Tenuipalpidae e Tetranychidae (AL-AZZAZY, 2021; MORAES et al., 2024).

2.2 *Neoseiulus barkeri Hughes*.

Registrado pela primeira vez na Inglaterra, em um cultivo da cevada por Hughes no ano de 1948, *N. barkeri* é um ácaro predador da família Phytoseiidae, que apresenta hábito alimentar generalista, sendo capaz de se alimentar de uma ampla gama de presas (MCMURTRY et al., 2013). Ele está distribuído em vários países e em todas as regiões zoogeográficas (DEMITE et al., 2024). A combinação de um ciclo de vida curto, alta fecundidade, polifagia, ampla prevalência, mobilidade e facilidade de criação, faz de *N. barkeri* um dos agentes de biocontrole mais eficazes e bem-sucedidos no combate a ácaros fitófagos (AL-AZZAZY, 2021).

Este predador se alimenta de uma ampla variedade de presas, incluindo ácaros de diferentes famílias, nematoides e pequenos insetos como tripes, cochonilhas e moscas brancas (MCMURTRY et al. 2013). Ele vem desempenhando um papel fundamental no controle de muitos ácaros-praga nos últimos anos (FILGUEIRAS et al., 2020a; LI et al., 2021; AL-AZZAZY et al., 2021; FATHIPOUR et al. 2021). Sua eficiência foi demonstrada sobre representantes de diversas famílias de ácaros fitófagos como *Colomerus vitis* Pagenstecher (Eriophyidae) (AL-AZZAZY et al., 2021), *Brevipalpus lewisi* McGregor (Tenuipalpidae) (AL-AZZAZY et al., 2021), *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae) (FILGUEIRAS et al., 2020a), *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (NEGM et al., 2014), *Otetranychus kankitus* Ehara (Acari: Tetranychidae) (LI et al., 2017), e *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae) (LI et al., 2021; AL-AZZAZY et al., 2021).

O ciclo de vida de *N. barkeri* passa pelos estágios de ovo, larva, ninfa e adulto (NEGM et al., 2014). A variação no período de desenvolvimento, ciclo de vida e oviposição deste fitoseídeo, pode ser influenciada por diversos fatores, inclusive pela espécie de presa ofertada como alimento (AL-AZZAZY, 2021). O tempo médio para o desenvolvimento do ovo ao adulto de *N. barkeri,* pode variar entre 5 a 12 dias, especificamente, quando alimentado com ovos de *T. urticae*, o tempo médio foi de 12 dias, enquanto com ovos de *R. indica*, o período médio de desenvolvimento de ovo a adulto foi aproximadamente 5,6 dias, com *T. tabaci* ,o ciclo de desenvolvimento de ovo a adulto durou 5,7 dias (JAFARI et al., 2013; FILGUEIRAS et al., 2020b; AL-AZZAZY et al., 2021).

A longevidade de *N. barkeri* pode chegar a até 50 dias, com um tempo médio de sobrevivência variando entre 37 e 42 dias, quando alimentado com *R. indica*, a

longevidade média de *N. barkeri* foi de 40,1 dias (FILGUEIRAS et al., 2020b) em contraste, quando a fonte de alimento foi *C. vitis*, a longevidade média foi reduzida para 37,6 dias com *T. urticae* como alimento, a longevidade caiu para 36,81 dias (AL-AZZAZY et al., 2021) e com *T. tabaci* como fonte de alimento, a longevidade reduziu-se ainda mais para 25,90 dias (JAFARI et al., 2013).

A taxa diária de oviposição das fêmeas de *N. barkeri* pode chegar a até 3 ovos por fêmea por dia dependendo da quantidade de alimento ofertado (FILGUEIRAS et al., 2020a). Quando alimentadas com *R. indica* as fêmeas de *N. barkeri* apresentaram taxa de 2,1 ovos por fêmea por dia, no entanto, ao serem alimentadas com *T. tabaci*, a média de oviposição caiu para 1,44 ovos por fêmea por dia (JAFARI et al., 2013; FILGUEIRAS et al., 2020b). Com *C. vitis* como fonte de alimento, a taxa de oviposição foi ligeiramente reduzida para 1,42 ovos por fêmea por dia, enquanto a alimentação com *T. urticae,* resultou na menor taxa de oviposição, com uma média de 1,15 ovos por fêmea por dia (AL-AZZAZY et al., 2021).

Neoseiulus barkeri demonstra preferência por ovos de ácaros fitófagos, em comparação com outros estágios de desenvolvimento da presa, além disso, prefere os estágios imaturos em relação aos adultos. (FILGUEIRAS et al., 2020a; FATHIPOUR et al., 2021). Quando alimentado com ovos de *R. indica*, o consumo do predador aumentou à medida que a densidade de presas aumentava, na máxima densidade ofertada, de 140 ovos, a média de ovos consumidos por *N. barkeri* foi de 70 ovos, resultando em uma alta taxa de ataque e baixo tempo de manipulação (FILGUEIRAS et al., 2020a). O predador *N. barkeri* também demonstrou um consumo mais elevado de ovos em relação a outras fases de desenvolvimento de *T. urticae*, mostrando-se capaz de capturar presas de maneira eficiente em diferentes densidades populacionais, onde sua taxa de ataque foi eficaz e o tempo de manipulação foi curto, refletindo na taxa de oviposição das fêmeas, que foi de 2,44 ovos por fêmea (FATHIPOUR et al., 2021).

A preferência de *N. barkeri* por se alimentar de ovos em vez de outros estágios de desenvolvimento de ácaros presas pode ser explicada por várias razões, pode estar relacionada a uma tendência inata do predador de se alimentar de presas menores, os ovos têm uma menor biomassa comparada a outras fases do ciclo de vida dos ácaros, o que pode levar os predadores a consumir um maior número de ovos para obter a mesma quantidade de nutrientes (FILGUEIRAS et al., 2020a). Além

disso, os ovos podem ser mais fáceis de manipular e dominar em comparação com outros estágios, tornando-os uma fonte de alimento mais acessível para *N. barkeri*.

A temperatura exerce efeito no comportamento de *N. barkeri,* ele adapta-se a diferentes condições climáticas, desenvolvendo-se em temperaturas que podem variar de 15 a 37 °C (JAFARI et al., 2012). Em relação ao consumo de presas, um estudo forneceu ninfas de *T. urticae* como alimento a *N. barkeri,* onde ele consumiu uma média de 7,32 ± 0,41 ninfas a uma temperatura de 25°C, a 30°C, houve um aumento no consumo para 11,18 ± 0,32 ninfas, e a 35°C, o consumo aumentou ainda mais para 18,31 ± 0,65 ninfas (Al-AZZAZY et al., 2021). Temperaturas iguais ou superiores a 42 ℃ prejudicam a eclosão dos ovos de *N. barkeri*, sendo assim, sua ótima predação e desenvolvimento foram constatados em torno de 25 a 35 °C. (LI et al., 2021).

Neoseiulus barkeri se destaca como uma opção eficaz para o controle biológico de pragas devido a uma combinação de fatores, como sua eficiência no controle de diversos artrópodes e insetos, seu hábito alimentar generalista, que facilitará sua adaptação e permanência em situações de campo e uma notável adaptação a altas temperaturas (JAFARI et al., 2012; LI et al., 2021; DEMITE et al., 2024). Além disso, *N. barkeri,* demonstrou eficiência no controle de tetreníquideos, família de ácaros fitófagos que vem ganhando relevância devido ao potencial de danos que podem ocasionar as culturas agrícolas (JAFARI et al., 2012; AL-AZZAZY et al., 2021; LI et al., 2021; FATHIPOUR et al. 2021). Sua ampla dispersão em vários países, aliada à sua produção comercial já estabelecida e à facilidade de aquisição, reforçam sua viabilidade como uma escolha aceitável para o manejo integrado de praga (AGROFIT, 2024; DEMITE et al*.,* 2024).

2.3 Família Tetranychidae

A família Tetranychidae, conhecida na literatura portuguesa como ácaros de teia e na literatura inglesa por spider mites, fazem parte da classe arachnida, com representantes estritamente fitófagos, englobam várias espécies de importância agrícola e econômica (INAK et al., 2022; MORAES et al., 2024). Os tetraniquídeos apresentam cerca de 1.356 representantes fitófagos, com comprimento que varia de 200 a 900 µm e estão distribuídos em aproximadamente 78 gêneros, além disso, eles

possuem 18.644 registros de hospedeiros, abrangendo 4.039 plantas diferentes (MIGEON; DORKELD, 2024).

Uma das especificidades dessa família é tecer teias, que servem para vários propósitos biológicos, representando uma adaptação para a sobrevivência dos ácaros nas plantas hospedeiras habitadas (MUSHTAQ et al., 2023). As teias produzidas por esses tetraniquídeos protegem a colônia contra adversidades ambientais, como a chuva, dificultando o contato com gotículas, além disso, oferecem proteção contra predadores, facilitam o encontro entre machos e fêmeas para reprodução e auxiliam na dispersão da espécie (MORAES et al., 2024). Em termos de infestação, grande maioria dos representantes da família Tetranychidae se estabelece preferencialmente na parte inferior das folhas (abaxial), porém, em altas infestações a parte superior das folhas (adaxial) também pode ser atacada (SINGH; CHAUHAN, 2019).

Muitas espécies desta família são polífagas, apresentam altas taxas de desenvolvimento, reprodução e consomem uma grande variedade de plantas ao redor do mundo (GÁLVEZ-PARTIDA et al., 2022)**.** Quando se alimentam, esses ácaros utilizam seus estiletes quelicerais para esvaziar as células epidérmicas e parenquimatosas das folhas, resultando em pontuações translúcidas, isso causa o surgimento de áreas prateadas ou verdes pálidas devido à remoção dos cloroplastos (MORAES et al., 2024).

As espécies pertencentes a essa família têm um ciclo de vida que passam pelas seguintes fases: ovo (embrionária), larva (com três pares de pernas), ninfa (protoninfa e deutoninfa) e adulto (macho e fêmea apresentam dimorfismo sexual) (MORAES et al., 2024). Os tetraniquídeos são haplo-diplóides, onde os machos são produzidos por partenogênese arrenótoca e as fêmeas através de reprodução sexuada, algumas espécies apresentam partenogênese telítoca (MORAES et al., 2024). Entre cada instar existe uma fase de repouso na qual ocorre uma mudança do tegumento, bem como mudanças morfofisiológicas, essas fases são: protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Atualmente o ácaro rajado, *T. urticae,* destaca-se como o mais conhecido e difundido representante dessa família, sendo capaz de alterar os processos fisiológicos das plantas, causando danos a diversas culturas de interesse agrícola (RICON et al., 2019). Sua agressividade já foi relatada em cerca de 1.583 espécies de plantas hospedeiras e foi encontrado em 123 países (MIGEON; DORKELD, 2024).

Tetranychus neocaledonicus André também é um ácaro pertencente a essa família que vem ganhando notoriedade devido a sua dispersão em várias culturas de interesse agrícola e aos danos que pode ocasionar (MENDONÇA et al., 2011; GOMES NETO et al., 2019).

2.4 *Tetranychus neocaledonicus* André (1933)

Descrito pela primeira vez em algodoeiros na Nova Caledônia (Oceania) em 1933, o *Tetranychus neocaledonicus* André (1933) é um ácaro fitófago (SINGH; SINGH, 2016). Relatado em aproximadamente 547 espécies de plantas hospedeiras, encontra-se amplamente distribuído, em cerca de 64 países, como Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, Paraguai, Porto Rico, Trinidad, Tobago e Venezuela, bem como bem como o México e os Estados Unidos (MIGEON; DORKELD, 2024).

Os ácaros *T. neocaledonicus* são altamente polífagos, produzem grande quantidade de teia e habitam a parte abaxial das folhas, onde eles depositam seus ovos esféricos e translúcidos que ficam acastanhados com o passar do tempo (GOMES NETO et al., 2019; SINGH; CHAUHAN, 2019). Durante o seu ciclo de vida, *T. neocaledonicus* passa pelas fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto (BRIOZO et al., 2023).

A fêmea adulta dessa espécie apresenta uma coloração vermelho carmim e corpo ovalado, o macho apresenta coloração verde clara e corpo em formato triangular, evidenciando o dimorfismo sexual na espécie (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Esse ácaro apresenta setas dúplices proximais no primeiro tarso que se localizam distalmente ás setas tácteis proximais, seu esporão mediano dorsal é ausente, apresenta edeago com cabeça globular com ângulo anterior maior que posterior (MORAES; FLECHTMANN, 1981).

Fatores como alta temperatura e baixa umidade, favorecem a incidência e multiplicação de *T. neocaledonicus* (SINGH; CHAUHAN, 2019). As plantas aos serem atacadas por este ácaro fitófago, apresentam pequenas manchas esbranquiçadas, que mais tarde evoluem para manchas cloróticas, seguidas de prateamento, secagem e queda de folhas (GOMES NETO et al., 2019). Infestações severas podem formar enormes teias nas folhas, resultando em taxas fotossintéticas reduzidas e

consequentemente redução de rendimentos nas produções, podendo ainda, resultar na morte das plantas (JYOTHISA; RAMANIB, 2019; SINGH; CHAUHAN, 2019).

Tetranychus neocaledonicus foi relatado em várias espécies de plantas, como *Mangifera indica* (Maga), *Moringa oleifera* (Moringa), *Gossypium hirsutum* (algodão), *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda), *Abelmoschus esculentus* (quiabo), (MIGEON; DORKELD, 2024), *Phaseolus lunatus* L. (feijão-fava) (GOMES NETO et al., 2019), *Solanum melongena* L. (berinjela) (SINGH; SINGH, 2016), *Arachis hypogaea* (amendoim) (SILVA et al., 2016), *Allium cepa* (cebola), *Citrus* sp. (Citrus) e *Glycine max* (Soja) (BRIOZO et al., 2023).

O ciclo de vida de *T. neocaledonicus*, assim como diversos parâmetros relacionados ao desenvolvimento, reprodução, longevidade e fecundidade, são influenciados pelo tipo de hospedeiro (BRIOZO et al., 2023). A fase imatura desse ácaro fitófago pode variar de 11 a 13 dias, enquanto a fecundidade total das fêmeas varia de 31 a 93 ovos e sua longevidade oscila entre 29 e 47 dias (GOMES-NETO et al., 2017; BRIOZO et al., 2023). Nesse contexto, *T. neocaledonicus* tem demonstrado um potencial biótico significativo para se tornar uma praga em culturas de interesse agrícola. Portanto, surge a necessidade de testar métodos de controle que possam reduzir as populações dessa espécie em campo. Uma opção viável a ser considerada é a utilização de ácaros predadores.

2.5 Testes indicativos da eficiência do ácaro predador

Existem várias maneiras de analisar a preferência por presas de ácaros predadores. Uma abordagem é avaliar como a composição da dieta altera com a densidade relativa de cada tipo de presa e/ou a densidade total de presas no ambiente (SABELIS, 1990). Na análise de eficiência dos inimigos naturais no controle das populações de pragas, são utilizados diversos métodos, entre os quais o teste de preferência alimentar, resposta funcional e numérica. Um dos métodos mais importantes para avaliar a eficácia dos inimigos naturais na regulação das populações de pragas são suas características de resposta funcional (LI et al., 2021).

O teste de preferência alimentar é uma ferramenta para a avaliação da eficácia de predadores no controle de pragas, permitindo a identificação das preferências dos predadores por diferentes estágios de desenvolvimento das presas (PIMENTEL;

PESHIN, 2014). Esse teste investiga a relação entre a taxa de consumo de um indivíduo e a densidade de alimento disponível (SOLOMON, 1949; FILGUEIRAS et al., 2020a; FATHIPOUR et al., 2021)

Por outro lado, a resposta funcional é uma abordagem metodológica empregada para a obtenção rápida de parâmetros comportamentais relacionados à predação ou parasitismo, com o objetivo de avaliar o potencial de ação dos inimigos naturais (MCMURTRY et al., 2013). Através dessa metodologia, obtém-se uma resposta de predação, que pode incluir o número de presas consumidas, mortas ou parasitadas, em função da disponibilidade de presas ou hospedeiros (HOLLING, 1959). Essa análise também constitui uma ferramenta valiosa para a avaliação da eficácia dos inimigos naturais, contribuindo significativamente para a tomada de decisões em programas de controle biológico (ZHANG et al., 2024).

Por fim, resposta numérica está relacionada com a resposta funcional e descreve como a população de predadores aumenta em resposta ao aumento da disponibilidade de presas (HOLLING, 1959), sendo resultado de dois mecanismos principais a resposta numérica direta é o aumento na taxa de reprodução dos predadores com o aumento da abundância de presas e a resposta de agregação, onde os predadores se concentram em áreas com maior disponibilidade de presas (HOLLING, 1959). A taxa reprodutiva dos predadores é diretamente influenciada pela taxa de predação: quanto mais presas consumidas, mais energia pode ser direcionada para a reprodução, e uma maior disponibilidade de presas reduz a mortalidade prematura dos predadores (PIMENTEL; PESHIN, 2014). O modelo mais simples de resposta numérica postula que a taxa de reprodução dos predadores é proporcional ao número de presas consumidas (MCMURTRY et al., 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Criação do Ácaro *Tetranychus neocaledonicus*

O ácaro fitófago *T. neocaledonicus* foi criado em folhas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), fornecidas como alimento. As plantas de feijão-de-porco foram cultivadas em casa-de-vegetação em vasos com capacidade para 2,8 L contendo solo arenoso e substrato (Basaplant®) na proporção de 1:1. Entre 20 e 30 dias após o plantio, as folhas foram coletadas e utilizadas para manutenção da criação no

laboratório e para realização dos experimentos. As semeaduras foram realizadas de forma escalonada a cada dez dias, para fornecer folhas durante todo o estudo.

Para a criação em laboratório foram confeccionadas arenas em bandejas plásticas (17 cm de Ø e 3 cm de altura) contendo espumas de polietileno e papel filtro previamente umedecidos, onde foram acondicionadas folhas de feijão-de-porco com a face abaxial direcionada para cima. A margem da folha foi contornada com algodão hidrofílico embebido em água destilada com a finalidade de evitar a fuga dos ácaros e para manutenção da umidade.

3.2 Criação do ácaro predador *Neoseiulus barkeri*

A população de *N. barkeri* utilizada para estabelecimento da criação estoque foi cedido pela empresa TOPBIO. No laboratório, esses predadores foram mantidos em unidades de criação. Cada unidade de criação consistiu em recipientes de plástico (aproximadamente 60 cm de altura e 25 cm de diâmetro, com capacidade de 7 L) contendo dois orifícios laterais (7 cm de diâmetro) selados com tecido de *voil* para permitir a troca de ar interna e externa. Dentro dos vasos plásticos foram adicionados 1,5 L de casca de arroz e 1,5 L de vermiculita como substrato para a multiplicação de ácaro. Os predadores foram alimentados periodicamente com populações de *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) (Schrank) que também foram cedidos pela empresa e posteriormente mantidos em criações estoques. A criação de *T. putrescentiae* foi mantida em recipientes semelhantes aos descritos para a criação de *N. barkeri*. Em cada recipiente, foram adicionados 3 L de farelo de trigo umedecido com a água destilada que servia como fonte de alimento para esses ácaros. Aproximadamente 500 mL do farelo de trigo infestado de *T. putrescentiae* foi adicionado semanalmente aos potes de criação de *N. barkeri*. As unidades de criação foram mantidas em 25 ± 1 ° C, 70 ± 10% de umidade relativa (UR) e fotoperíodo de 12 horas.

3.3 Preferência alimentar

A preferência de *N. barkeri* aos estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus* foi determinada por testes com e sem chance de escolha. Para tanto, foram utilizadas unidades experimentais que consistiram em placas de Petri (1,5 cm

de altura, Ø 9 cm) contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura e Ø 8 cm), sobrepostas por um disco de papel de filtro (Ø 7 cm) e uma folha de feijão-de-porco (4 x 4 cm). Em cada unidade, a borda da folha foi coberta com algodão umedecido com água destilada para impedir que os ácaros escapassem. Cada fêmea grávida de *N. barkeri* (~4 dias) correspondeu a uma repetição, onde foram realizadas 30 repetições de cada teste.

Para os dois testes foram realizadas avaliações após 24 horas e registrados o número de presas consumidas e o número de ovos depositados por cada fêmea de *N. barkeri*. As densidades de presas utilizadas em cada teste foram definidas por meio de testes que indicaram o consumo máximo de *N. barkeri* por cada estágio de desenvolvimento de *T. neocaledonicus*.

Para os testes sem chance de escolha, foram oferecidos em cada unidade experimental as seguintes densidades e estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus*: 40 ovos, 40 larvas, 40 ninfas e 40 fêmeas adultas. Adicionalmente, tanto para os experimentos com escolha quanto para aqueles sem escolha foi realizado um teste em branco sem a adição de predadores para avaliar a mortalidade dos estágios de *T. neocaledonicus* em função de seu manuseio.

Foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (SAS INSTITUTE, 2002) para comparação de médias. Os bioensaios realizados com os testes de manipulação em todos os estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus*, sem a presença de predadores, indicaram que a mortalidade resultante do manejo foi extremamente baixa (<5%), razão pela qual nenhuma correção foi necessária.

Para os testes com chance de escolha, foram oferecidas as seguintes combinações de presas às fêmeas de *N. barkeri*: 30 ovos + 30 larvas, 30 ovos + 30 ninfas, 30 larvas + 30 ninfas. A preferência pela fase de desenvolvimento da presa foi quantificada com base no índice β proposto por Manly (1974):

$$\beta_1 = \frac{\mathrm{Log}\left(\frac{e_1}{A_1}\right)}{\mathrm{Log}\left(\frac{e_1}{A_1}\right) + \mathrm{Log}\left(\frac{e_2}{A_2}\right)}$$

Onde β1 indica preferência pela presa tipo 1. As variáveis $A1$ e $A2$ indicam o número total de presas tipo 1 e tipo 2 oferecidas ao predador e as variáveis $e1$ e $e2$

correspondem ao número de presas tipo 1 e tipo 2 restantes após o experimento. O índice β atribui valores de preferência de 0 a 1. Quando o índice de preferência for mais próximo de 1, o predador prefere a presa do tipo 1, e quando mais próximo de 0 o predador prefere a presa do tipo 2. No caso do índice próximo a 0,5 indica que não há preferência entre os tipos de presa (COCK, 1978; SHERRATT; HARVEY, 1993). Os valores médios de β foram considerados significativos quando os intervalos de confiança de 95% não se sobrepunham a β = 0,5.

3.4 Respostas funcional e numérica

Com base nos resultados obtidos no teste de preferência alimentar sem chance de escolha, foi selecionado o estágio de desenvolvimento de *T. neocaledonicus* mais consumido por *N. barkeri* para realizar o bioensaio de resposta funcional, sendo este o estágio de ovo. Para a obtenção dos ovos utilizados, fêmeas de *T. neocaledonicus* foram transferidas e mantidas por 24h em cada unidade experimental (as mesmas descritas anteriormente para o teste de preferência alimentar) com o auxílio de um pincel de cerdas macias. A quantidade de ovos em cada unidade experimental variou de acordo com as seguintes densidades: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45. Cada fêmea de *N. barkeri* (~4 dias) foi transferida para uma unidade experimental contendo uma das diferentes densidades de ovos de *T. neocaledonicus* e mantidas por 24h. Após esse período foram contabilizados o número de ovos consumidos (resposta funcional) e o número de ovos depositados (resposta numérica) por cada fêmea de *N. barkeri*. O número de ovos consumidos foi obtido pela diferença entre o total de ovos ofertados e o total de ovos restantes na arena. Para cada densidade de ovos foram testados 30 predadores, cada predador correspondendo a uma repetição (FILGUEIRAS et al., 2020a).

As densidades onde 100% dos ovos foram consumidos não foram consideradas para resposta funcional. Este procedimento foi utilizado para evitar limitações associadas à investigação do tipo de resposta funcional existente visto que a resposta funcional tipo III é caracterizada por um aumento mais do que linear no consumo de presas em densidades mais baixas (SOUSA NETO et al., 2019). O tipo de resposta funcional de *N. barkeri* foi determinado por meio de regressões logísticas entre a proporção de ovos consumidos e a densidade de ovos oferecidos e equação de disco de Holling. A equação do disco de Holling é:

$$\frac{Ne}{No} = \frac{\exp\left[\left(P_3 N_0{}^3\right) + \left(P_2 N_0{}^2\right) + \left(P_1 N_0\right) + \left(P_0\right)\right]}{1 + \exp\left[\left(P_3 N_0{}^3\right) + \left(P_2 N_0{}^2\right) + \left(P_1 N_0\right) + \left(P_0\right)\right]}$$

:

Onde *Ne* é o número de presas consumidas, *N0* é a densidade inicial de presas e *P0, P1, P2* e *P3* são os parâmetros a serem estimados. Para resolver essa equação foi utilizado o protocolo descrito por Juliano (2001) (Proc CATMOD; SAS Institute 2002). A partir da equação obtida, foi observada a significância dos coeficientes de regressão e o sinal do coeficiente linear, para determinação do tipo de resposta funcional (HOLLING, 1959). As três possibilidades são: 1) O coeficiente linear não é significativo, indicando uma resposta do Tipo I, caracterizada por um aumento linear no consumo de presas à medida que a densidade de presas aumenta; 2) O coeficiente linear é significativo e negativo, indicando uma resposta funcional Tipo II, em que o número de presas consumidas pelo predador aumenta rapidamente devido à maior disponibilidade de presas e diminui gradativamente até a estabilização do platô (saciedade do predador); 3) O coeficiente linear é significativo e positivo, indicando uma resposta Tipo III, que se assemelha a uma resposta Tipo II, exceto que em baixas densidades de presas é observada uma fase acelerada de consumo de presas, o que leva a um aumento mais do que linear na taxa de consumo de presas (HOLLING, 1959; 1961).

Em seguida, foram determinados os parâmetros: tempo de manipulação (Th) e taxa de ataque (a') da resposta funcional. Devido ao fato que a presa consumida não foi substituída durante a experimentação, estes parâmetros foram estimados usando regressões não lineares de mínimos quadrados do número de presas consumidas versus densidade de presas ofertadas (Proc NLIN do SAS, SAS INSTITUTE, 2002) e comparados pelo intervalo de confiança a 95%. Em seguida, foi utilizada a equação de Rogers (1972) para a resposta funcional tipo II: Ne = N0 {1 – exp [*a* (T*h* Ne – T)]}. Nessa equação Ne corresponde ao número de presas consumidas por cada predador durante o tempo T (24 h), N0 corresponde a densidade inicial da presa, *a* corresponde ao coeficiente de taxa de ataque (proporção de presa capturada por cada predador por unidade de tempo) e T*h* corresponde ao tempo de manipulação (tempo gasto pelo predador para identificar, perseguir, matar, consumir e digerir uma presa).

Os dados de oviposição e resposta numérica (variação na taxa de oviposição em função da densidade de presas ofertadas) foram comparados através de regressão logística (SAS INSTITUTE, 2002).

4 RESULTADOS

4.1 Preferência alimentar sem chance de escolha

O ácaro predador *N. barkeri* se alimentou de *T. neocaledonicus* em todas as fases de desenvolvimento ofertadas. O consumo médio de presas diferiu entre fases de desenvolvimento (χ^2 =14.5542; df = 3; P = 0.0022) (Figura 1A). A maior média de presas consumidas foi observada para o estágio de ovos de *T. neocaledonicus* (15,73 ± 0,34), seguida por larvas (9,33 ± 0,28), ninfas (5,23 ± 0,36) e adultos (2,30 ± 0,18). Sobre a fecundidade das fêmeas de *N. barkeri* observou-se que as maiores taxas de oviposição foram obtidas por fêmeas alimentadas com ovos (1,4 ± 0,09) e larvas (1,4 ± 0,09), em comparação às alimentadas com ninfas (1,1 ± 0,05) e adultos de *T. neocaledonicus* (1,1 ± 0,05). Além disso, não foram encontradas diferenças na oviposição entre os estágios de ovos e larvas, nem entre os estágios de ninfas e adultos (χ^2 = 13.2335; df = 3; P = 0.0042). (Figura 1B).

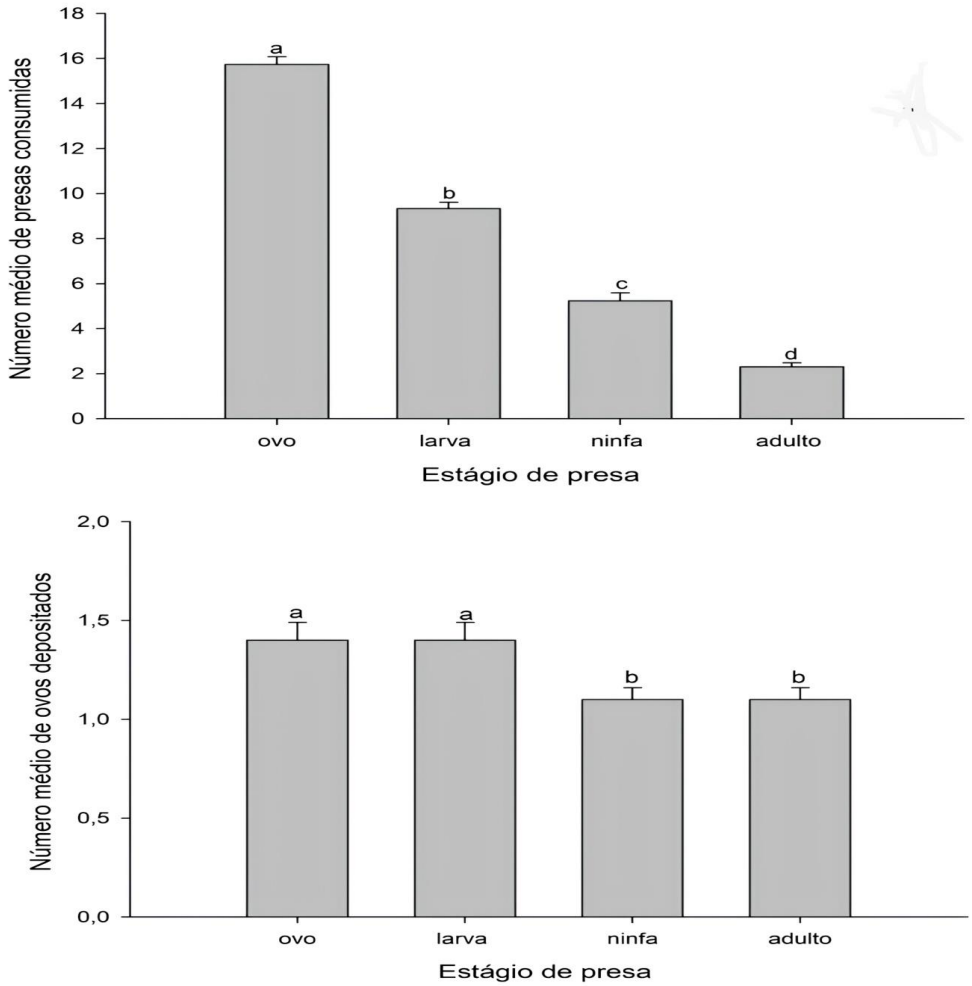


Figura 1. Consumo (A) e oviposição (B) de *Neoseiulus barkeri* quando alimentado com diferentes estágios de *Tetranychus neocaledonicus* em condição sem chance de escolha. As barras de erro representam o erro padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos (P<0,01) pelo teste de Kruskal-Wallis.

4.2 Preferência alimentar com chance de escolha

Os testes pareados mostraram que *N. barkeri* possui preferência por ovos em relação a outros estágios da presa *T. neocaledonicus* e prefere larva em relação a ninfa (Figura 2). Ao comparar a preferência de consumo entre os estágios de ovos e larvas observou-se uma média de 12,43 ovos e 5,33 larvas de *T. neocaledonicus* consumidos e o índice beta de 0,7330. De forma semelhante, quando ovos e ninfas foram ofertados, observou-se que a preferência alimentar também foi maior para os ovos, com uma média de 12,63 ovos consumidos e 5,5 ninfas de *T. neocaledonicus* e o índice beta de 0,7285. Por fim, quando foram ofertadas larvas e ninfas, observou-se

maior preferência por larvas, com uma média de 9,73 larvas consumidas em comparação com 4,47 ninfas de *T. neocaledonicus* e o índice beta de 0,7076.

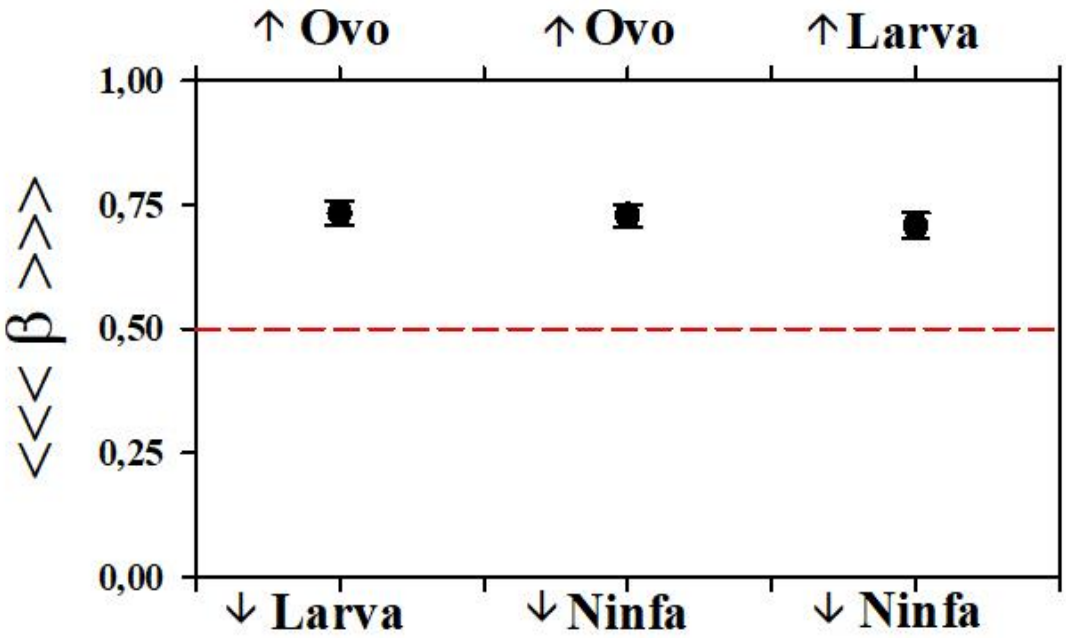


Figura 2. Preferência de fêmeas de *Neoseiulus barkeri* pelos estágios de *Tetranychus neocaledonicus,* em condição de escolha. Comparações pareadas entre os estágios de *T. neocaledonicus.* Os valores médios de β foram considerados significativos quando os intervalos de confiança de 95% (barras de erro) baseados na distribuição t não se sobrepuseram a β = 0,5.

Por outro lado, a taxa de oviposição de *N. barkeri* não foi afetada pelas combinações de presas (χ^2 = 0.0343; df = 2; P =0.9830). (Figura 3). As médias de ovos depositados foram de 1,63 ± 0,08; 1,60 ± 0,09 e 1,53 ± 0,09 para as combinações de ovos e larvas, ovos e ninfas, e larvas e ninfas, respectivamente.

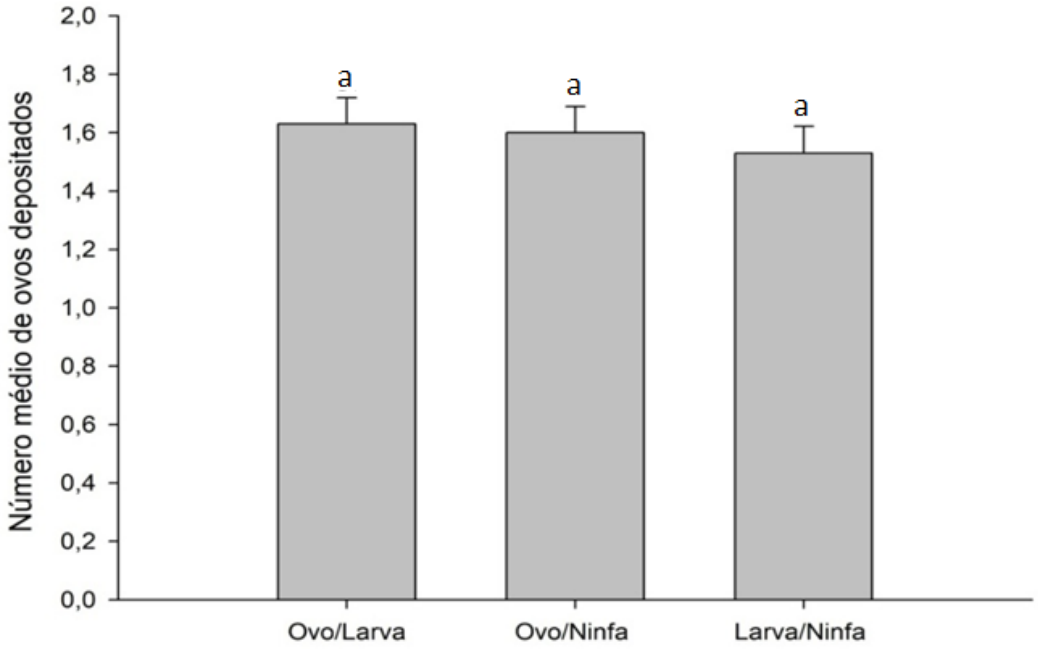


Figura 3. Oviposição de fêmeas de *Neoseiulus barkeri* em condição de escolha entre ovos e larvas, ovos e ninfas e entre larvas e ninfas de *Tetranychus neocaledonicus.* Médias não apresentaram diferença estatística pelo teste de médias.

4.3 Respostas funcional e numérica

O consumo de ovos de *T. neocaledonicus* por *N. barkeri* foi diretamente proporcional ao número de ovos oferecidos até a densidade de 35 ovos, onde o consumo atingiu uma estabilização (Figura 4). Em contrapartida, a proporção de presas consumidas apresentou uma relação inversa em relação ao aumento da densidade de ovos oferecidos (Figura 4). Assim, à medida que a densidade de ovos aumentava, observou-se uma diminuição na proporção de presas consumidas.

A equação de Holling obtida apresentou um coeficiente linear (L) significativo e negativo, confirmando uma resposta funcional do tipo II, onde o *N. barkeri* aumentou rapidamente seu consumo devido à maior disponibilidade de ovos de *T. neocaledonicus* até a estabilização do platô (Tabela 1). A taxa de ataque (a) e o tempo de manipulação (Th) de fêmeas de *N. barkeri* sobre ovos de *T. neocaledonicus* foram 0,04 ± 0,003 h^{-1} (IC 95% = 0,038 – 0,049) e 0,96 ± 0,05 h (IC 95% = 0,85 – 1,06), respectivamente(Tabela2).

Todas as densidades de ovos oferecidas permitiram a oviposição de *N. barkeri* (Figura 5). A densidade mínima de presas necessárias para iniciar a oviposição foi de 10 ovos de *T. neocaledonicus*. O número de ovos depositados pelas fêmeas de *N. barkeri* variou conforme a densidade de presas oferecidas. Observou-se uma relação entre o consumo de ovos de *T. neocaledonicus* e o número de ovos depositados por *N. barkeri,* com uma tendência de aumento na oviposição à medida que a densidade de alimentos ofertados aumentava. A maior taxa de oviposição, de 1,60 ovos/fêmea, foi registrada na maior densidade ofertada (45 ovos). A relação entre a densidade de ovos de *T. neocaledonicus* ofertados e o número de ovos postos pelas fêmeas de *N. barkeri* foi expressa pela seguinte equação: $y^{-1} = 0{,}99 - 4.14x^3$; $R^2 = 0{,}98$; $P < 0.0001$ onde “y” é a taxa de postura e “x” é a densidade da presa.

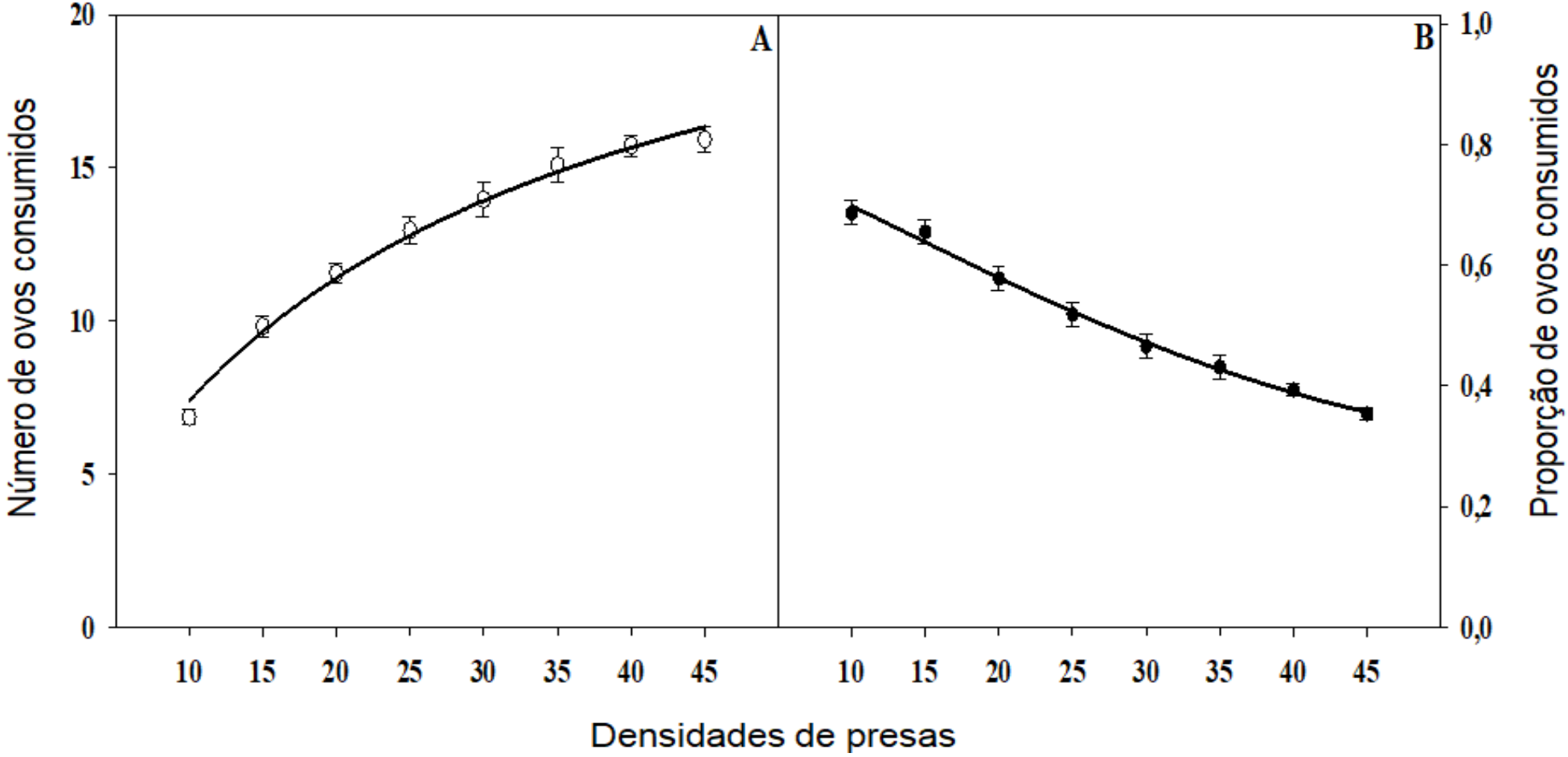


Figura 4. Curvas de resposta funcional de *Neoseiulus barkeri* predando densidades crescentes de ovos de *Tetranychus neocaledonicus* (A) e proporções de consumo de ovos pelo predador (B). No painel A, a linha sólida representa os valores previstos da resposta funcional tipo II de Roger, enquanto no painel B, a linha sólida representam os valores previstos da equação do disco tipo II de Holling.

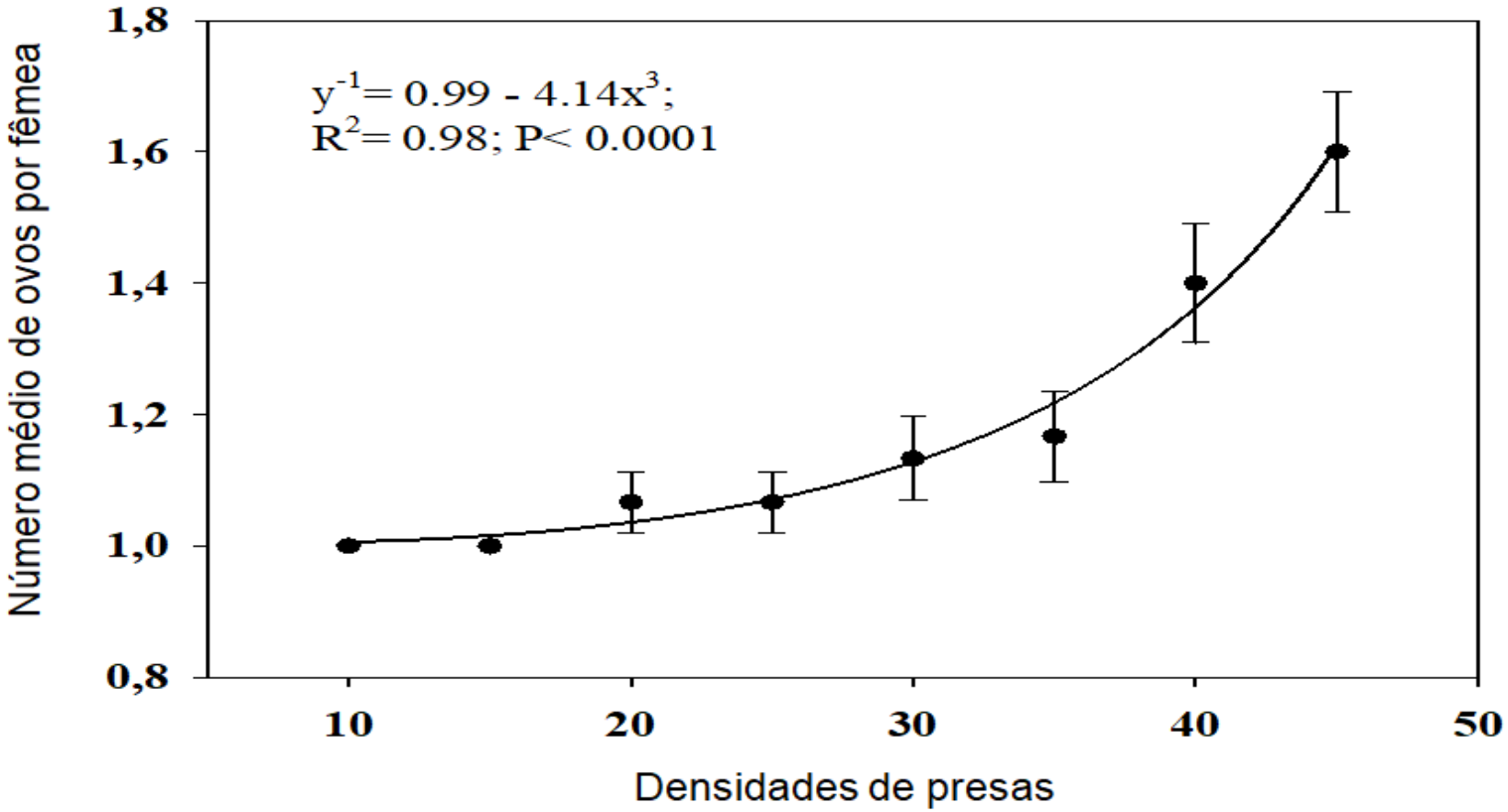


Figura 5. Oviposição de fêmeas de *Neoseiulus barkeri* em função do número de ovos *Tetranychus neocaledonicus* consumidos no período de 24 h. Barras de erro representam erro padrão da média.

Tabela 1. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de *Neoseiulus barkeri* alimentado com ovos de *Tetranychus neocaledonicus.*

Equação de Holling	χ^2	GL	P	Coeficiente de regressão logística			Tipo[4]
				I[1] (P)	L[2] (P)	Q[3] (P)	
$y = \frac{exp(0.000446x^2) - (0.0654x) + 1.4492}{1 + exp\,[(0.000446x^2) - (0.0654x) + 1.4492]}$	197.39	237	0.971	1.4492 (<.001)	**-0.0654 (<.001)**	0.000446 (0.0679)	**II**

[1]Intercepto; [2]Linear; [3]Quadratico; [4]Tipo de resposta funcional.

Tabela 2. Taxa de ataque, tempo de manipulação, consumo na densidade máxima, taxa de oviposição, Tipo de resposta funcional de diferentes estudos de *Neoseiulus barkeri* no controle de ácaros fitófagos.

Presa	*Tetranychus neocaledonicus*	*Raoiella indica*	*Tetranychus urticae*	*Tetranychus urticae*	*Tetranychus urticae*	*Tetranychus urticae*	*Tetranychus urticae*
Taxa de ataque	0,04 ± 0,003 h	0,12 ± 0,02 h	0,0582± 0,004 h	1,029 ± 0,364 h	-	2,044 ± 0,510 h	0,913 ±0,425 h
Tempo de manipulação	0,96 ± 0,05 h	0,0136 ± 0,005 h	0,5864± 0,0267 h	0,055 ± 0,038 h	-	0,071 ± 0,016 h	0,094 ± 0,024 h
Densidade máxima ofertada	45	140	128	24	30	24	24
Consumo na densidade máxima	15,93	70	18,2	11,6	7,32	10	8,9
Taxa de oviposição na densidade máxima	1,6	2,1	2,44	-	1,15	-	-
Resposta funcional	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II	-	-	-
Estágio da presa	Ovos	Ovos	Ovos	Ovos	Ninfas	Ninfas	Adulto
Temperatura (ºC)	25 ºC	25 ºC	25 ºC	25 ºC	25 ºC	25 ºC	25 ºC
Referências	Presente estudo	FILGUEIRASa et al., 2020	FATHIPOUR et al. 2021	LI et al. 2021	AL-AZZAZY et al. 2021	LI et al. 2021	LI et al. 2021

5 DISCUSSÃO

O consumo de *T. neocaledonicus* por *N. barkeri* reduz conforme o estágio de desenvolvimento da presa avança. *Neoseiulus barkeri* evidenciou uma notável preferência pelos ovos de *T. neocaledonicus* em detrimento dos demais estágios de desenvolvimento. O gênero *Neoseiulus* frequentemente tem apresentado preferência pela fase de ovos de ácaros fitófagos (FILGUEIRAS et al., 2020a; LI et al., 2021; FATHIPOUR et al., 2021). A preferência de *N. barkeri* pela fase de ovo de ácaros fitófagos tem sido relatada na literatura para espécies da família Tetranychidae. O predador *N. barkeri* demonstra uma clara preferência pela fase de ovo de *T. urticae*, com uma média de ovos consumidos variando entre 11,6 (LI et al., 2021) e 18,2 (FATHIPOUR et al., 2021).

Enquanto isso, *N. barkeri* também demonstrou preferência por ovos de *R. indica* em relação a outros estágios de desenvolvimento da presa e apresentou uma predileção pelos imaturos em relação aos adultos, porém, o consumo de ovos foi maior, com uma média de 70 ovos/fêmea na densidade máxima de presas ofertadas (FILGUEIRAS et al., 2020a). Esse fenômeno pode ser explicado pelo menor tamanho do ovo de *R. indica*, que possui cerca de 109,7 µm (CALVET et al., 2024), em comparação com o ovo de ácaros da família Tetranychidae, que tem uma média de 0,1 mm (KOPPERT, 2024), dessa forma, *N. barkeri* precisaria consumir uma quantidade maior de ovos de *R. indica* para ingerir a mesma quantidade de nutrientes. Além disso, *R. indica* diferentemente de *T. neocaledonicus*, não produz teias, facilitando, assim, a ação dos predadores sobre as presas, visto que a teia atua como um mecanismo de defesa (Tabela 2).

A preferência das fêmeas de *N. barkeri* pelos ovos de *T. neocaledonicus* pode ser atribuída a uma inclinação natural para se alimentar de presas menores, uma vez que os ovos possuem menor biomassa em relação a outros estágios, fazendo com que os predadores precisem consumir um número maior de ovos para obter a mesma quantidade de nutrientes, além de facilidade de manejo e controle dos ovos, uma vez que são fases imóveis e de fácil captura e não esboçam reação (MCMURTRY et al., 1970; MCMURTRY et al., 2013; FILGUEIRAS et al., 2020a). Entretanto, a preferência pela fase de presa pode variar em função da espécie da presa, do nível de fome do predador, dos mecanismos de defesa da presa e/ou do valor nutricional das presas individuais (MCMURTRY et al., 2013). Uma acentuada preferência por ovos pode ser

um fator determinante do ponto de vista do manejo de pragas, uma vez que *N. barkeri* pode atuar na eliminação dos ovos antes que estes eclodam e comecem a se alimentar (FILGUEIRAS et al., 2020a).

O segundo estágio de desenvolvimento de *T. neocaledonicus* mais consumido por *N. barkeri* foi o estágio larval. No entanto, outros estudos demonstraram que a média de consumo de larvas de ácaros, como *R. indica*, foi quase duas vezes maior do que a observada neste estudo, com cerca de 27 larvas consumidas (FILGUEIRAS et al., 2020c). Essa diferença pode ser explicada pelo tamanho e pelo valor nutricional das larvas, uma vez que *T. neocaledonicus* é maior do que *R. indica*.

Em relação ao consumo de ninfas, *N. barkeri* apresentou uma média que variou entre 7,32 ninfas de *T. urticae* (Al-AZZAZY et al., 2021) e 10 ninfas (LI et al., 2021), corroborando os achados do estudo em questão, uma vez que a densidade de presas ofertadas foi semelhante (Tabela 2). No que diz respeito ao consumo de adultos de *T. urticae*, a média foi de 8,9 indivíduos consumidos por *N. barkeri*, um valor relativamente maior (LI et al., 2021). As discrepâncias observadas podem ser atribuídas às diferenças nas espécies de presas disponibilizadas e a sua qualidade nutricional. Outro fator de diferença observado é o tamanho das arenas experimentais, enquanto no estudo atual foi empregado uma arena experimental de 4 cm x 4 cm, o outro estudo utilizou uma arena de 3 cm x 2 cm (LI et al., 2021).

Todos os estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus* permitiram a reprodução de *N. barkeri*. No presente estudo, a taxa de oviposição foi mais alta quando as fêmeas de *N. barkeri* foram alimentadas com ovos e larvas de *T. neocaledonicus*, com uma média de 1,40 ovos depositados por fêmea. As taxas de oviposição *N. barkeri* encontradas foram próximas a outros estudos. Ao alimentar-se de ovos de *R. indica, N. barkeri* depositou em média de 1,91 ovos por fêmea (FILGUEIRAS et al., 2020c). Enquanto ao alimentar-se de ovos de *T. urticae,* a taxa de oviposição foi de 2,44 ovos depositados por fêmeas de *N. barkeri* (FATHIPOUR et al., 2021). Esses resultados corroboram que *N. barkeri* consegue alocar a energia obtida da alimentação para o processo reprodutivo.

Quando alimentados com ninfas de *T. urticae*, *N. barkeri* apresentou uma taxa de 1,15 ovos depositados por fêmea (AL-AZZAZY et al., 2021), valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Essas semelhanças podem ser atribuídas à proximidade nas densidades de ninfas ofertadas em ambos os estudos e ao fato das presas pertencerem à mesma família.

As respostas funcionais a diferentes densidades de ácaros foram investigadas em diversas espécies de fitoseídeos (FAN; PETITT, 1994; JAFARI et al., 2012*;* YAO et al., 2014; LI et al., 2017; ZHU et al., 2019; FILGUEIRAS et al., 2020a; FATHIPOUR et al. 2021). A resposta funcional de *N. barkeri* aos ovos de *T. neocaledonicus* confirmou um modelo do tipo II, pois à medida que a densidade da presa aumentou, o predador consumiu mais ovos e começou a se estabilizar após atingir um ponto máximo. Após isso, mesmo aumentando a densidade da presa, não houve um aumento proporcional na taxa de consumo, pois o predador pode ter limitando-se por fatores como tempo de busca ou saciedade.

A resposta funcional do tipo II é a mais comum entre os invertebrados. A assíntota reflete a saciação do predador, ou seja, o máximo de presas que pode ser consumido ou morto. Observa-se que a proporção de presas consumidas (mortalidade) diminui com o aumento da densidade da presa. O predador exerce seu maior impacto nas baixas densidades das presas, demonstrando um elevado potencial de controle, ao eliminar praticamente a totalidade delas. Contudo, em situações de alta densidade, a taxa de mortalidade se torna insignificante, uma vez que um predador saciado não consumirá mais presas. Portanto, em situações de campo, é fundamental realizar um levantamento das populações de pragas para determinar a quantidade de predadores a ser liberada, garantindo a eficácia do controle.

A resposta do Tipo II foi identificada para *N. barkeri* em várias espécies de pragas, como em *T. flavidulus* (Thysanoptera: Thripidae) (YAO et al., 2014), em *E. kankitus* (Acari: Tetranychidae) (LI et al. 2017), em *T. confusus* Ewing (Acari: Tarsonemidae) (LI et al., 2018), em *R. indica* (Acari: Tenuipaupidae) (FILGUEIRAS et al., 2020a), em *T. urticae* (Acari: Tetranychidae) (JAFARI et al., 2012; FATHIPOUR et al. 2021; LI et al., 2021) e em *Bactericera gobica* Logniova (Homoptera: Psyllidae) (FU et al., 2024).

A taxa de ataque (a) e o tempo de manipulação (Th) de fêmeas *N. barkeri* sobre ovos de *T. neocaledonicus,* foram 0,04 ± 0,003 h^{-1} (IC 95% = 0,038 – 0,049) e 0,96 ± 0,05 h^{-1} (IC 95% = 0,85 – 1,06) no presente estudo, os valores encontrados estão relacionados às adaptações defensivas de *T. neocaledonicus*, especialmente pela presença de sua teia. Dessa forma, *N. barkeri* precisará de mais tempo para manipular as presas, o que resulta no desenvolvimento de habilidades para cortar teias.

Neoseiulus barkeri quando alimentado com ovos de *T. urticae*, apresentou uma taxa de ataque e tempo de manipulação que variou entre 0,0582 ± 0,004 h^{-1} e 0,5864

± 0,0267 h^{-1} (FATHIPOUR et al., 2021), esses resultados corroboram com o estudo em questão, confirmando a eficiência de *N. barkeri* no controle de tetraniquídeos. Porém, valores diferentes de taxa de ataque e tempo de manipulação (0,12 ± 0,02 h^{-1} e 0,0136 ± 0,005 h^{-1}) foram encontrados para o ácaro *R. indica* (FILGUEIRAS et al., 2020a).

É necessário destacar que as interações presa-predador está num contexto complexo de interações tróficas e que muitos fatores podem atuar nessas interações. O *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) um ácaro predador generalista, consome pelo menos duas vezes mais ovos de *Oligonychus pratensis* (Banks) (Acari: Tetranychidae) do que de *R. indica*, apesar do volume dos ovos de *R. indica* ser dez vezes menores que os ovos de *O. Pratensis* e mesmo atuando com uma maior voracidade (menor tempo para o primeiro ataque) quando alimentados com ovos de *R. indica*, nesse cenários questões ecológicas das interações sobressaíram-se as questões morfológicas (CAVELT et al.,2024).

A resposta numérica de um predador refere-se a uma variação gradual no número de descendentes em função da densidade de presas disponíveis (SOLOMON, 1949). *Neoseiulus barkeri* depositou uma média de 1,6 ovos na maior densidade (45) de ovos de *T. neocaledonicus* ofertados. A resposta numérica obtida pelas fêmeas de *N. barkeri* ao serem alimentadas com diferentes densidades de ovos de *T. neocaledonicus* foram semelhantes às relatadas por outros estudos (FILGUEIRAS et al., 2020a; Al-AZZAZY et al., 2021).

Ao ser alimentado com ovos de *T. urticae, N. barkeri* obteve uma taxa de oviposição maior, com uma média de 2,44 ovos por fêmea (FATHIPOUR et al., 2021). Esses resultados corroboram com a premissa de que quanto maior a disponibilidade de alimento, maior será a taxa de reprodução, até que o predador atinja sua saciedade e estabilize seu consumo, a partir daí, mesmo que a oferta de presas aumente seu consumo e oviposição permanecerá constante. Maior disponibilidade de presas vão reduzir a busca e o gasto energético do predador ao tentar localizar a presa, permitindo-lhe concentrar suas energias na reprodução. As taxas de oviposição, portanto, mostraram uma correlação positiva com a disponibilidade de presas.

Este estudo apresenta as primeiras descobertas acerca do potencial de predação do ácaro *N. barkeri* em relação ao ácaro fitófago *T. neocaledonicus,* bem como sua preferência por ovos, resposta funcional e numérica. Os resultados evidenciam que *N. barkeri* é capaz de se alimentar e reproduzir-se utilizando todas as fases de

desenvolvimento de *T. neocaledonicus* como fonte alimentar, além de demonstrar potencial em situação de laboratório no controle de *T. neocaledonicus.* No entanto, são necessários experimentos adicionais e estudos complementares para confirmar a eficácia de sua aplicação em situações de campo.

Outros aspectos devem ser avaliados, incluindo a preferência alimentar de *N. barkeri* em condições de campo em relação a outras espécies de presas disponíveis, considerando que múltiplas espécies de presas podem estar presentes em condições de campo. Além disso, é importante investigar se *T. neocaledonicus* pode sustentar o desenvolvimento e a reprodução de *N. barkeri*. Saber qual estágio de presa é preferido em situação de campo pode ajudar a otimizar estratégias de controle biológico. A compreensão desse comportamento auxilia a melhorar a formulação de estratégias de manejo de pragas.

6 CONCLUSÕES

Neoseiulus barkeri se alimentou de todos os estágios de desenvolvimento *T. neocaledonicus.*

Todos os estágios de desenvolvimento de *T. neocaledonicus* permitiram a oviposição de *N. barkeri*.

O consumo máximo de ovos de *T. neocaledonicus* por *N. barkeri* foi 15,93 ovos.

Neoseiulus barkeri apresentou resposta funcional tipo II.

A taxa de ataque e tempo de manipulação de *N. barkeri* foram 0,04 ± 0,003 h^{-1} e 0,96 ± 0,05 h^{-1}.

O ácaro predador *N. barkeri* apresentou potencial para controle de *T. neocaledonicus.*

REFÊRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adar, E. M. Inbar, S. Gal, N. Doron, Z. Doron, Z. Q. Zangue E. P. Plant-feeding and non plant feeding phytoseiids:differences in behavior and cheliceral morphology. **Experimental & Applid Acaology**, V. 58., p. 341-357. 2012. DOI: 10.1007/s10493-012-9589-y

Agrofit: Sistema de agrotóxico fitossanitários. 2024. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Al-Azzazy, M. M. Biological performance of the predatory mite *Neoseiulus barkeri* Hughes (Phytoseiidae): a candidate for controlling of three mite species infesting grape trees**. Journal of Grapevine Research.** V. 60, p.11–20. 2021. DOI: 10.5073/vitis.2021.60

Ali, M.P.; Naif, A. A.; Huang, D. Prey consumption and functional response of a phytoseiid predator, *Neoseiulus womersleyi*, feeding on spider mite, *Tetranychus macfarlanei.* **Journal of Insect Science**. V. 11. 2011. DOI: insectscience.org/11.167

Araújo, I. F.; Rodrigues, J.K. Revisão dos Ácaros Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) Associadosaobioma Caatinga: Compilação de dados e checklist**.** **Revista de Biologia Neotropical.** V. 20, p. 5470. 2023. DOI: https://doi.org/10.5216/rbn.v20i2.75417

Briozo, M. E. O.; Silva, J. F.; Ferraz, J. C. B.; Silva, P. R. R.; Melo, J. W. S.; França, S. M. Biology and life table of *Tetranychus neocaledonicus* André (1933) (Acari: Tetranychidae) in different hosts. **Systematic & Applied Acarology** V. 28, p. 497–507. 2023.DOI: 10.11158/saa.28.3.7

Calvet, É.C.; Lima, D.B.; De La Pava, N.; Melo, J. WS.; Gondim Jr., M. G. C. The association between the exotic species *Raoiella indica* Hirst and the predator *Amblyseius largoensis* (Muma) may cause displacement of the native species *Oligonychus pratensis* (Banks). **Biological Invasions**. V. 26, p. 757–767 2024. https://doi.org/10.1007/s10530-023-03205-1

Cock, M.J.W. The assessment of preference. **Journal of Animal Ecology**. V. 47, p. 805-816. 1978.

Demite, P.R.; Moraes, G.J.D.; McMurtry, J.A.; Denmark, H.A. ; Castilho. R.C. Phytoseiidae Database. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. 2024.

Fan, Y., & Petitt, F.L. Functional response of Neoseiulus barkeri Hughes on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology**. V. 18, p.613-621. 1994. DOI: https://doi.org/10.1007/ BF00051724

Fathipour, Y.; Maleknia, B.; Bagheri, A.; Soufbaf, M.; Zalucki, M. P. Functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on two-spotted

spider mite: the effect of patch condition and additional food source. **Systematic & Applied Acarology**. V. 26, p. 543–556 .2021. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.26.3.4

Filgueiras, R. M. C.; Mendes, J. A; Silva, F. W. B.; Sousa-Neto, E. P.; Melo, J. W. S. Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, V. 25, p. 1147-1157. 2020a. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.25.6.16

Filgueiras, R. M. C.; Silva, F. W. B.; Sousa-Neto, E. P.; Mendes, J. A.; Melo, J. W. S. Can the prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)? **Systematic and Applied Acarology**,V. 25, n. 8, p. 1485-1494, 2020b. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.25.8.10

Filgueiras, R. M. C.; MENDES, J. A.; SOUSA-NETO, E. P.; MONTEIRO, N. V.; MELO, J. W. S. *Neoseiulus Barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**., V. 25, p. 593-606, 2020c. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.25.4.1

Fu, X.; Cao, Y.,; Dong, X.; Chang, J.; Huo, Z.J.; Meng, R. X.. Functional responses of two species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) to eggs and first-instar nymphs of *Bactericera gobica* Logniova (Homoptera: Psyllidae). **Experimental and Applied Acarology.** V.93, p. 197–210. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10493-024-00920-9

Gálvez-Partida, V. L.; Otero-Colina, G.; Guzmán-Franco, A.W.; J. Lomeli-Flores, J. R. ; Olmos-Zepeda, J. R. ; Soto-Rojas, L. ; Carrillo-Benítez, G. ; Díaz-Martínez,V. Suscetibilidade de *Tetranychus cinnabarinus* e *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) a *Neozygites floridana* (Entomophthorales: Neozygitaceae). **Journal of Entomological Science.** V. 57, p. 502–515. 2022. DOI: https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.18474/JES21-79

Gomes-Neto, A.V.; Silva, P.R.R.; Melo, J.W.S.; Melo-Júnior, L.C.; França, S.M. Biology and life table of Tetranychus neocaledonicus on lima bean. **International Journal of Acarology**. v.48, p. 622-626. 2017. https://doi.org/10.1080/01647954.2017.1377288

Gomes-Neto, A.V.; Silva, P.R.R.; Silva, J.D.C.; Santos, M.F., Melo, J.W.S.; França, S.M. First record of mites associated with lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). **Journal of Plant Protection Research**. v.59, p.418–422. 2019. DOI: 10.24425/jppr.2019.129752

Hassell, M.P. The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton, NJ. **Princeton University Press**. p. 248. 1978.

Holling, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist.** V. 91, p.385-398.1959.

Holling, C. S. Principles of insect predation. **Annual review of entomology**. V. 6, p.163-182. 1961.

Inak, E.; Çobanoğlu, S.; Auger, P. Molecular identification and phylogenetic analysis of spider mites (Prostigmata: Tetranychidae) of Turkey. **Experimental and Applied Acarology**. V.87, p. 195–205 .2022. DOI: 10.1007/s10493-022-00728-5

Jafari, S.; Fathipour, Y.; Faraji, F. Temperature-dependent development of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at seven constant temperatures. **Insect Science**, V.19, p. 220–228. 2012. DOI: 10.1111/j.1744-7917.2011.01444.x

Jafari,S.; Abassi, N.; Bahirae, F. Demographic parameters of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) . **Persian Journal Of Acarology**,V.2, p. 287–296 , 2013.
DOI: https://doi.org/10.22073/pja.v2i2.10031

Juliano, S.A. Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner, S.M. & Gurevitch, J. (eds.) Design and analysis of ecological experiment. London, Chapman and Hall Press, p. 159–182. 2001.

Jyothisa, D.; Ramani.N. Evaluation of prey stage preference of the predatory mite *Neoseiulus longispinosus* (Evans) on the spider mite pest *Tetranychus neocaledonicus* (André) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Acarologia**. p.484-491. 2019. DOI:10.24349/acarologia/20194347.

Koppert: Ácaro Rajado. 2024. Disponível em: https://www.koppert.com.br/pragas-de-plantas/acaros-tetraniquideos-e-outros-acaros/acaro-rajado/

Li, L.; Jiao, R.; Yu, L.; He, XZ; He, L.; Xu, C.; Zhang, L.; Liu, J. Functional response and prey stage preference of *Neoseiulus barkeri* on *Trasonemus confusus*. **Systematic and Applied Acarology**,v. 23, p. 2244–2258. 2018. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.23.11.16

Li, Y. Y.; Liu, M. X.; Zhou, H. W.; Tian, C. B.; Zhang, G. H.; Liu, Y. K.; Liu, H.; Wang, J. J. Evaluation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) for Control of *Eotetranychus kankitus* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**. v. 110, p.903–914. 2017. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/tox056

Li, W. Z; Zhu, T.; Li, H. L.; Shang, S. Q. The effects of short-term heat stress on functional response of *Neoseiulus barkeri* to *Tetranychus urticae.* **Journal of Applied Entomology**. p. 310-318. 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/jen.12954

Manly, B.F.J. A model for certain types of selection experiments. Biometrics. v. 30, p. 281–294. 1974.

McMurtry, J. A.; Huffaker, C.; Van de Vrie. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review: I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. **Hilgardia**. v. 40, p.331-390. 1970. DOI:10.3733/hilg.

McMurtry J.A.; Croft, B.A. Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**. v. 42, p. 291-321. 1997. DOI: 10.1146/annurev.ento.42.1.291.

McMurtry, J.A.; Moraes, G.J.D.; Sourassou, N.F. Revision of the lifestyles of Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**. v.18, p.297−320, 2013. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1

Mendonça, R. S.; Naiva, D.; More, I. R. D. S.; Flechtmann, C. W. H. South American spider mites: New hots and localities. **Journal of Insect Science.** v. 11, p. 1-17, 2011. DOI: https://doi.org/10.1673/031.011.12101

Migeon A, Dorkeld F. Spider Mites Web: um banco de dados abrangente para Tetranychidae. 2024. http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb.

Moraes, G. J. ; Flechtmann, C. H. W. Manual de acarologia – Acarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. **Holos**. 2008.

Moraes, G. J.; Castilho, R. C.; Flechtmann, C. H. W. Manual de acarologia – Acarologia Básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil.**Fealq**.V. 2, 2024.

Mushtaq, H.M.S.; Ali, H.M.S.; Kamran, M.; Alatawi, F.J. Effect of Different Host Plants on Life Type Characteristics of Three Spider Mite Pests (Acari: Prostigmata: Tetranychidae) **Animals***.* V. 13. 2023. DOI:https://doi.org/10.3390/ani13223433.

Negm, M.W.; Alatawi, F.J.; Aldryhim, Y.N. Biology, predation and life table of *Cydnoseius negevi* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on the old world date mite *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Insect Science.** V.14. 2014. DOI. 10.1093/jisesa/ieu 039.

Nere, D. R.; Melo, J. W. D. S.; Lima, D. B. D.; Bleicher, E**.** Identification of *Tetranychus neocaledonicus* (Acari: Tetranychidae) resistant genotypes in *Phaseolus lunatus.***Systematic and Applied Acarology**. v*.* 26. 2021. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.26.12.16

Pimentel, D.; Peshin, H. Integrated Pest Management. Pesticide problems,v. 03. 2014.

Rincón, R. A.; Rodríguez, D.; Coy-Barrera, E. Botanicals Against Tetranychus urticae Koch Under Laboratory Conditions: A Survey of Alternatives for Controlling Pest Mites. **Plants.** v. 8, Pp.272. 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/plants8080272

Rogers, D. Random search and insect population models. **The Journal of Animal Ecology**. V. 41, p. 369-383. 1972.

Sabelis, M.W. How to analyse prey preference when prey density varies?. A new method to discriminate between effects of gut fullness and prey type composition. **Oecologia**. v. 82, p. 289-298. 1990.

SAS Institute *SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO*. Cary, North Carolina, SAS Institute Inc. 2002.

Seeman, O. D.; Beard, J.J. Identification of exotic pest and Australian nativeband naturalised species of *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae). **Zootaxa**. v.2961, p. 1-72. 2011. DOI: https://doi.org/10.11646/zootaxa.2961.1.1

Sherratt, T.S., Harvey, I. Frequency-dependent food selection by arthropods: a review. **Biological Journal of the Linnean Society.** v**.** 48, p. 167-186. 1993. DOI: https://doi.org/10.1006/bijl.1993.1013

Silva, C. A. D.; Gondim Junior, M. G. C. First record and characteristics of damage caused by the spider mite *Tetranychus neocaledonicus* André on peanuts in the State of Paraíba, Brazil. **Bragantia**. v. *75*, p. 331–334. 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4499.483

Singh, P.; Singh, R. N. Evaluation of Acaricides and Botanicals Against the Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* Andre on Brinjal Crop Under Laboratory and FieldConditions. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. v. 10, n. 4, 2016. DOI: https://doi.org/10.22207/JPAM.10.4.65

Singh, P.; Singh, R. N. Comparative toxicity of Conventional and Novel Acaricides against the Vegetable Mite *Tetranychus neocaledonicus* André on Brinjal Crop. **Journal of AgriSearch**. v. 4, n. 2, p. 119-123, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.21921/jas.v4i2.778

Singh, V.; Chauha, U. First report of red vegetable mite, *Tetranychus neocaledonicus* Andre (Acari: Tetranychidae) on apple (*Malus domestica* Borkh) from India. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. v. 7, p. 436-438. 2019. DOI: entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue4/PartG/7-3-133-987.pdf

Solomon, M.E. The natural control of animal populations. **The Journal of Animal Ecology**. V.18, p. 1-35. 1949. DOI: https://doi.org/10.2307/1578

Sousa Neto, E.P., Filgueiras, R.M.C, Mendes, J.A. & Melo, J.W.S. Functional and numerical responses of *Neoseiulus idaeus* and *Neoseiulus californicus* to eggs of *Tetranychus urticae*. **International Journal of Acarology.** V.45, p. 395–398. 2019. DOI: https://doi.org./10.1080/01647954.2019.1638965

Yao, H.; Zheng, W.; Tariq, K.; Zhang, H*.* Functional and Numerical Responses of Three Species of Predatory Phytoseiid Mites (Acari: Phytoseiidae) to *Thrips flavidulus* (Thysanoptera: Thripidae)**. Neotropical Entomology**. V. 43, P. 437–445. 2014. DOI:https://doi.org/10.1007/s13744-014-0229-6

Zhang, Y. F.; Zang, l. S.; Guo, L.H.; Sukhwinder, S.; Wu, S.Y.; Yang, X.; Tang, L..*Neoseiulus* mites as biological control agents against *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae) and *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae) on cowpea crop: laboratory to Field.**Journal of Economic Entomology**. v. 117, p. 1367–1376. 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/jee/toae118

Zhu, R.; Guo, J. J; Yi, T.C.; Xiao, R.; Jin, D.C.Functional and numerical responses of *Neoseiulus californicus* (McGregor) to eggs and nymphs of *Oulenziella bakeri* and *Tetranychus urticae.* **Systematic and Applied Acarology**. V. 24, p.1225–1235. 2019. DOI: https://doi.org/10.11158/saa.24.7.7