



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

JOÃO MIGUEL RIBEIRO COSTA

**ÁCAROS ASTIGMATÍDEOS (ACARI: ASTIGMATA) COMO PRESA
ALTERNATIVA PARA *AMBLyseius largoensis* (ACARI:
PHYTOSEIIDAE): IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS E PRÁTICAS**

RECIFE
2025

JOÃO MIGUEL RIBEIRO COSTA

**ÁCAROS ASTIGMATÍDEOS (ACARI: ASTIGMATA) COMO PRESA
ALTERNATIVA PARA *AMBLyseius largoensis* (ACARI:
PHYTOSEIIDAE): IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS E PRÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Biologia Animal da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de mestre(a) em Biologia Animal.
Área de concentração: Biologia Animal

Orientador: Dr. José Wagner da Silva Melo

Coorientador: Dr. José Eudes de Moraes Oliveira

Recife

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Costa, João Miguel Ribeiro.

Ácaros astigmatídeos (Acari: Astigmata) como presa alternativa para *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae): implicações biológicas e práticas / João Miguel Ribeiro Costa. - Recife, 2025.

45 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, 2025.

Orientação: José Wagner da Silva Melo.

Coorientação: José Eudes de Moraes Oliveira.

Inclui referências.

1. Astigmatina; 2. Controle biológico; 3. Phytoseiidae; 4. Criação massal; 5. *Carpoglyphus lactis*. I. Melo, José Wagner da Silva. II. Oliveira, José Eudes de Moraes. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

JOÃO MIGUEL RIMEIRO COSTA

**ÁCAROS ASTIGMATÍDEOS (ACARI: ASTIGMATA) COMO PRESA
ALTERNATIVA PARA *AMBLyseius largoensis* (ACARI:
PHYTOSEIIDAE): IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS E PRÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Biologia Animal da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de mestre(a) em Biologia Animal.
Área de concentração: Biologia Animal

Aprovado em: 26/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. José Wagner da Silva Melo (Orientador) Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Wendel José Teles Pontes (Examinador Interno) Universidade Federal de
Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior (Examinador Externo) Universidade
Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Dedico esta dissertação aos meus queridos pais, sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Eu não deixo de ficar surpreso por ter chegado até onde eu cheguei. Foi um processo longo, mas que ao mesmo tempo se mostrou curto. Muitos acontecimentos marcaram esses dois anos que percorri, momentos de glória e momentos de dificuldades, porém sempre momentos de aprendizado e crescimento na vida. Não foi fácil, foram dias acordando de madrugada para chegar cedo, foram dias pegando ônibus e aguentando de tudo, além de dias em que sacrifiquei o descanso para que o andamento do trabalho fosse continuado. Porém, por isso tudo passei e até aqui eu cheguei. O mérito não é apenas meu, agradeço a todos os que estiveram comigo nesse período, me dando forças e me ajudando de todas as formas, nunca esquecerei o rosto de ninguém que verdadeiramente esteve ao meu lado.

Agradeço de uma forma que meras palavras não poderiam expressar o que meus queridos pais significam para mim. Muito obrigado meu pai, Carlos José, por ser uma figura de referência na minha vida, um exemplo de esforço e dedicação, de força mesmo quando o cansaço bate à porta, obrigado por ter estado comigo, levantando junto comigo nas madrugadas, o senhor sempre me incentivou quando eu precisava. Muito obrigado minha mãe, Beatriz Maria, por sua postura inabalável frente às adversidades da vida, por sempre estar presente em minha vida e compartilhar das alegrias e tristezas, obrigado por sempre enxergar em mim aquilo que os olhos não vêem. Essa etapa em minha vida se deve em grande parte a vocês meus pais.

Sou grato ao meu irmão, Carlos André, que além de compartilhar meu sangue é um grande amigo, que também sempre me apoiou em minhas decisões e esteve junto comigo em toda minha rotina. Muito obrigado pelo seu apoio, pelas risadas e pelas opiniões fornecidas querido irmão.

Gostaria de agradecer a minha namorada, Mariane Barbosa, por seu companheirismo ao longo dessa minha jornada, estando presente nos bons momentos e nos momentos de dificuldade, me mostrando sempre o lado bom das coisas. Obrigado por ter compartilhado comigo toda a rotina e desabafos, sendo minha grande amiga nesse processo, serei eternamente grato pela sua existência. Agradeço aos meus amigos e familiares que participaram do meu desenvolvimento ao longo dessa etapa em minha vida. Agradeço em especial ao

meu amigo Vinícios Buregio, que desde a graduação esteve presente dividindo as experiências da vida.

Sou grato aos meus amigos e colegas de laboratório, que compartilharam do dia a dia, com muitas risadas e às vezes dificuldades, mas sobretudo com união. Agradeço em especial a Bruna Campelo, Beatriz Nunes e Isabel Gomes, que muitas vezes me ajudaram quando precisei ao longo dessa jornada, não só com a pesquisa mas também com conversas, risadas e a suportar os desafios da vida, sempre serei grato por tudo. Agradeço também a minha amiga Maria Luiza, que no início do projeto me ensinou tudo o que sei sobre a prática da coisa, além de compartilhar muitas risadas.

Agradeço grandemente ao meu orientador José Wagner da Silva Melo, que tornou toda essa minha trajetória possível. Sempre presente e muito paciente, exemplo de ótimo professor e orientador. Com ele aprendi muito sobre a vida acadêmica, sobre persistência e principalmente sobre estatística e gráficos. Agradeço muito a sua compreensão em todas as fases do trabalho e sua disponibilidade. Tenho certeza que fiz o meu melhor com o que pude.

Deixo meus agradecimentos a professora Débora Barbosa de Lima, que cedeu espaço e material no Laboratório de Acarologia da Universidade Federal de Pernambuco para que a pesquisa pudesse ser feita.

Agradeço ao professor Manoel Guedes, do Laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ceder espaço e disponibilidade para identificação de espécies. Além de sempre se mostrar solícito para compartilhar conhecimento.

Agradeço a Dr(a) Marina Ferraz de Camargo, pela disponibilidade para identificação de espécies e fornecimento de material de identificação.

Agradeço a VSF Agro por patrocinar o projeto fornecendo material de pesquisa em laboratório.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco e ao programa de Pósgraduação em Biologia Animal onde o trabalho foi conduzido e a FACEPE pelo fornecimento de bolsa.

Sou grato pela minha existência e reconheço em mim mesmo todos os desafios que superei nessa trajetória, digo a mim mesmo para nunca desistir e sempre correr atrás daquilo que posso alcançar. Tantos os bons momentos quanto os difíceis servirão para sempre ao meu aprendizado.

Resumo

Ácaros predadores, particularmente aqueles da família Phytoseiidae, são importantes agentes no manejo sustentável de pragas, reduzindo suas populações e minimizando a dependência de pesticidas químicos. Entre estes, *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) se destaca por seu potencial de controle de importantes pragas tropicais, como as espécies *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) e *Aleurodicus cocois* Curtis (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae). Apesar de seu potencial, a produção em larga escala de *A. largoensis* continua desafiadora. Este estudo objetivou selecionar uma espécie de presa alternativa da ordem Astigmata capaz de promover a criação massal de *A. largoensis*. Quatro espécies de Astigmata (*Carpoglyphus lactis* Linnaeus (Carpoglyphidae), *Thyreophagus crasentiseta* Barbosa, OConnor & Moraes (Acaridae), *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Acaridae) e *Glycycometus aff. molitor* Volgin & Akimov (Aeroglyphidae)) foram avaliadas em condições controladas quanto à sua capacidade de sustentar o desenvolvimento, a sobrevivência e a reprodução do predador. *Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae), uma presa natural, foi usada como controle. Inicialmente, *A. largoensis* foi alimentado exclusivamente com cada espécie de presa por cinco dias para avaliar as taxas de crescimento populacional. Os demais bioensaios monitoraram o desenvolvimento imaturo e o desempenho reprodutivo quando alimentado com as duas melhores espécies de presas, determinadas com base na taxa de crescimento populacional do predador. Os resultados mostraram que *C. lactis* promoveu sobrevivência e reprodução comparáveis a *T. urticae*, com taxas de desenvolvimento e reprodução favoráveis à criação massal. *Carpoglyphus lactis* oferece vantagens práticas, sendo fácil de multiplicar em dietas simples, permitindo a produção contínua de predadores. Isso se alinha com a demanda global por controle sustentável de pragas, reduzindo o uso de pesticidas, a contaminação ambiental e apoiando a biodiversidade nativa. Pesquisas futuras devem se concentrar na otimização de protocolos de criação e na avaliação da eficácia em campo para aprimorar estratégias de manejo de pragas em regiões tropicais e subtropicais.

Palavras-chaves: Astigmatina, Controle biológico, Phytoseidae, criação massal, *Carpoglyphus lactis*

Abstract

Predatory mites, particularly those from the Phytoseiidae family, are important agents in sustainable pest management, effectively reducing pest populations and minimizing reliance on chemical pesticides. Among them, *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) stands out for its potential to control major tropical pests, such as *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and *Aleurodicus cocois* Curtis (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae). Despite its potential, large-scale production of *A. largoensis* remains challenging. This study aimed to select an alternative prey species from the order Astigmata capable of supporting mass-rearing of *A. largoensis*. Four Astigmata species (*Carpoglyphus lactis* Linnaeus (Carpoglyphidae), *Thyreophagus crasentiseta* Barbosa, OConnor & Moraes (Acaridae), *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Acaridae), and *Glycycometus aff. molitor* Volgin & Akimov (Aeroglyphidae)) were evaluated under controlled conditions for their ability to sustain the predator's development, survival, and reproduction. *Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae), a natural prey, was used as a control. Initially, *A. largoensis* was fed exclusively on each prey species for five days to assess population growth rates. Additional bioassays monitored immature development and reproductive performance when fed with the two most promising prey species, determined based on the predator's population growth rate. Results showed that *C. lactis* supported survival and reproduction comparable to *T. urticae*, with favorable developmental and reproductive rates for large-scale rearing. *Carpoglyphus lactis* offers practical advantages, being easy to mass-produce on simple diets, allowing continuous predator production. This aligns with the global demand for sustainable pest control, reducing pesticide use, environmental contamination, and supporting native biodiversity. Future research should focus on optimizing rearing protocols and evaluating field efficacy to enhance pest management strategies in tropical and subtropical regions.

Keywords: Astigmatina, Biological control, Phytoseiidae, mass breeding, *Carpoglyphus lactis*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11	
2 OBJETIVOS	16	
2.1 Objetivo geral.....	16	
2.2 Objetivos específicos.....	16	
REFERÊNCIAS	17	
APÊNDICE - ÁCAROS ASTIGMATÍDEOS (ACARI: ASTIGMATA)		
COMO PRESA ALTERNATIVA PARA <i>AMBLYSEIUS LARGOENSIS</i>		
(ACARI: PHYTOSEIIDAE): IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS E PRÁTICAS		23
3.1 Abstract.....	24	
3.2 Introdução.....	25	
3.3 Metodologia.....	26	
3.3.1 Coleta e estabelecimento de colônias de <i>Amblyseius largoensis</i> ...	26	
3.3.2 Presas alternativas.....	27	
3.3.3 Screening de presas alternativas.....	28	
3.3.4 Bioensaio com imaturos de <i>A. largoensis</i>	29	
3.3.5 Bioensaio com adultos de <i>A. largoensis</i>	29	
3.4 Estatística.....	30	
3.5 Resultados.....	30	
3.5.1 Screening de presas alternativas.....	30	
3.5.2 Bioensaio com imaturos de <i>A. largoensis</i>	31	
3.5.3 Bioensaio com adultos de <i>A. largoensis</i>	31	
3.6 Discussão.....	33	
3.7 Referências.....	36	

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

Os ácaros predadores são essenciais para o manejo sustentável de pragas agrícolas (Moraes, 2002). Eles desempenham um papel crucial no equilíbrio ecológico, ajudando no controle de pragas mantendo suas populações abaixo dos níveis de dano econômico (Gerson et al., 2003; Navia et al., 2020). Ao preda organismos fitófagos, como ácaros e pequenos insetos, os ácaros predadores representam uma alternativa para o controle de pragas nas quais geralmente são empregados pesticidas químicos, o que resulta em benefícios econômicos e ambientais significativos (Sato et al. 2002, 2004, 2011; Furtado, 2007). Essa forma de controle está alinhada à demanda global dos consumidores por alimentos seguros, saudáveis e de alta qualidade.

A eficácia dos ácaros predadores no controle biológico é influenciada por diversos fatores, incluindo sua capacidade de se estabelecer no ambiente, sua taxa de reprodução e sua especificidade em relação às presas (McMurtry et al., 2013). Alguns ácaros predadores são generalistas, capazes de se alimentar de uma ampla variedade de presas, enquanto outros são mais especializados (Fournier et al., 1995; Kim et al., 2001; Massaro et al., 2016). Essa diversidade funcional é crucial para a implementação de programas de controle biológico eficazes, pois permite a seleção de espécies que melhor se adaptem às condições específicas de cada cultivo (Vangansbeke et al., 2023).

A família Phytoseiidae é uma das mais importantes entre os ácaros predadores usados em controle biológico. Com mais de 2.700 espécies descritas, os ácaros fitoseídeos são encontrados em diversos habitats, incluindo folhas, caules e frutos de plantas (Moraes et al., 2004). Eles são conhecidos por sua capacidade de controlar pragas como ácaros tetraniquídeos, tripes e moscas-brancas (Chant & McMurtry, 2007; Helle & Sabelis, 1985; Gerson et al., 2003; Zhang, 2003; McMurtry et al., 2013). A ampla distribuição e diversidade de espécies dentro da família Phytoseiidae permitem sua utilização em uma variedade de culturas e condições ambientais, tornando-os versáteis e adaptáveis a diferentes ecossistemas.

Os ácaros da família Phytoseiidae apresentam uma série de características que os tornam eficazes agentes de controle biológico. Entre

essas características, destacam-se sua alta taxa de reprodução, curta duração do ciclo de vida e habilidade de dispersão (McMurtry et al., 2013). Além disso, muitas espécies de fitoseídeos são capazes de se alimentar de pólen e outros recursos que não dependem de predação, o que lhes permite sobreviver em períodos de baixa densidade de presas (Gerson et al., 2003). Essa capacidade de se alimentar de fontes alternativas de alimento é particularmente importante em ambientes agrícolas onde a disponibilidade de presas pode variar ao longo do tempo (Kim & Lee, 2001). Um dos desafios para multiplicação massal de fitoseídeos é a especialização alimentar que muitas espécies apresentam, que se alimentam exclusivamente de suas presas naturais, exigindo dessa forma que sua criação seja realizada em sistemas tritróficos (planta hospedeira, fitófago que servirá de alimento e o próprio predador) (Kim et al. 2001, Massaro et al. 2016). A espécie *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot é um exemplo de ácaro da família Phytoseiidae especializada em se alimentar de tetraniquídeos (Helle & Sabelis, 1985). Logo, a utilização de ácaros predadores generalistas tem se mostrado promissora para o emprego de controle biológico, pois são capazes de se alimentar e se reproduzir mediante uma ampla variedade de presas (McMurty et al. 2013).

Entre os fitoseídeos, espécies como *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot e *Neoseiulus californicus* McGregor são amplamente utilizadas comercialmente devido à sua eficácia no controle de ácaros fitófagos (Moraes et al., 2004). Essas espécies têm sido empregadas com sucesso em cultivos de hortaliças, frutas e ornamentais, demonstrando grande potencial para integração em programas de controle biológico (Knapp et al., 2018). A capacidade dessas espécies de se adaptar a diferentes ambientes e de predação uma variedade de pragas torna-as escolhas importantes para o controle biológico em diferentes contextos.

O ácaro *Amblyseius largoensis* (Muma) é um importante representante da família Phytoseiidae, amplamente estudado e reconhecido por seu potencial como agente de controle biológico (Hoy, 2012 Gondim Jr et al. 2012). Esta espécie é generalista e apresenta uma ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em regiões tropicais e subtropicais ao redor do

mundo, incluindo a América Latina, Caribe, África e Ásia (Demite et al., 2021; Moya et al., 2018). Este ácaro é nativo do Brasil, podendo ser encontrado facilmente em plantas frutíferas como o coqueiro (*Cocos nucifera* L.), cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), e mamoeiro (*Carica papaya* L.) (Lawson-Balagbo et al., 2008; Melo et al., 2015; Mendes et al., 2021). *Amblyseius largoensis* se destaca pela sua capacidade de se alimentar de uma grande variedade de presas, incluindo ácaros fitófagos e pequenos insetos (Alfaia et al., 2018a, 2018b). Além disso, possui uma alta taxa de reprodução e uma rápida capacidade de resposta a mudanças na disponibilidade de presas, o que lhe confere uma vantagem em ecossistemas dinâmicos (Hoy, 2012). Esta plasticidade adaptativa é um fator chave para sua eficácia no controle biológico. O ácaro predador *A. largoensis* tem sido apontado como potencial agente de controle biológico do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (Hoy et al. 2007; Peña et al 2009; Gondim Jr et al. 2012; Moraes et al. 2012), e também da mosca-brancagigante-do-cajueiro, *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) (Alfaia et al. 2018a, 2018b; Mendes et al. 2021).

Raoiella indica é uma espécie invasora que chegou ao hemisfério ocidental em 2004, até então apenas 10 espécies botânicas haviam sido relatadas como hospedeiras dessa praga (Navia et al. 2015). Nas américas sua disseminação foi rápida, estando hoje presente em quase todos os países do continente, essa disseminação foi acompanhado de um expressivo aumento de espécies hospedeiras. A grande maioria dos hospedeiros de *R. indica* são representadas por palmeiras da família Arecaceae (75 espécies), no entanto também estão inseridas como hospedeiras plantas das famílias Musaceae (6 espécies), Heliconiaceae (4 espécies), Strelitziaceae (2 espécies), Zingiberaceae (6 espécies), Pandanaceae (1 espécie) e Canaceae (1 espécie) (Flechtmann & Etienne 2004; Kane et al. 2004; Etienne & Flechtmann 2006; Rodrigues et al. 2007; Welbourn 2009; De la Torre et al. 2010; Marsaro Jr et al. 2010; Carrillo et al. 2011; Rodrigues & Antony 2011; Gondim Jr. et al. 2012). As colônias de *R. indica*, normalmente, desenvolvem-se na superfície inferior das folhas. Plantas infestadas por *R. indica* apresentam amarelecimento severo das folhas, as quais posteriormente

tornam-se necrosadas reduzindo significativamente a fotossíntese e consequentemente o crescimento e a produção das plantas (Flechtmann & Etienne 2004; Welbourn 2009; Peña et al. 2006). Plantas jovens podem ter seu desenvolvimento comprometido ou morrer tanto em viveiros quanto nos campos (Sarkar & Somchoudhury 1988; Sathiamma 1996).

Aleurodicus cocois é uma espécie cosmopolita, polífaga e que alimenta-se através de sucção da seiva elaborada (oriunda dos vasos liberianos da planta, floema). Este organismo está presente na América do Norte (México), América Central (Trinidad e Tobago, Barbados, Jamaica, República Dominicana, Costa Rica, Porto Rico, Panamá, Santa Lúcia e El Salvador), América do Sul (Honduras, Equador, Suriname, Venezuela, Peru, Chile, Colômbia, Bolívia e Brasil) e Europa (Espanha) (Plantwise 2022; Defesa vegetal 2017). Seus hospedeiros incluem diversas culturas de importância econômica tais como: abacateiro, açaizeiro, anonáceas, cacauzeiro, cajueiro, coqueiro, figueira, goiabeira, mangueira, e maracujazeiro, além de espécies ornamentais também (Silva, 1977; Melo & Bleicher 1998; Souza & Lemos 2004; Defesa vegetal 2017; Plantwise 2022). Os danos provocados por *A. cocois* incluem redução no vigor, aparecimento de clorose, murcha e queda de folhas e, em infestações elevadas pode levar até a morte da planta (Byrne & Bellows 1991).

Adicionalmente, o excremento desse organismo sobre as folhas das plantas hospedeiras favorece o crescimento de fungos saprófitos, fazendo com que estas tornem-se escuras e tenham sua fotossíntese reduzida, ademais, as folhas ao receberem radiação solar desidratam, secam e caem (Byrne & Bellows 1991). Tanto *R. indica* quanto *A. cocois* são espécies consideradas pragas em algumas fruteiras tropicais (Alfaia et al. 2018a, 2018b, Gondim Jr et al. 2012, Navia et al. 2015). Atualmente, o manejo dessas espécies tem sido realizado quase que exclusivamente através do emprego de produtos químicos (Alfaia et al. 2018a, 2018b, Navia et al. 2015), o que pode ser explicado, pelo menos em parte, devido ao reduzido portfólio de produtos biológicos disponíveis (existe apenas um produto biológico registrado contra *R. indica* e nenhum para *A. cocois*, informações extraídas da plataforma Agrofit (Agrofit 2022)).

Os ácaros da ordem Astigmata, como *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Astigmata: Acaridae) e *Carpoglyphus lactis* (Acari: Astigmata: Carpoglyphidae), têm sido utilizados como presas alternativas para a multiplicação de ácaros predadores em condições de laboratório (Bonte et al., 2017; Barbosa & Moraes, 2015). Esses ácaros são conhecidos por sua facilidade de criação e alta densidade populacional, o que os torna ideais para sustentar populações de ácaros predadores (Massaro et al., 2016; Barbosa & Moraes, 2016). A utilização de ácaros astigmatas como presas alternativas permite a produção contínua e em larga escala de ácaros predadores, essencial para programas de controle biológico. Estudos têm demonstrado que ácaros predadores alimentados com ácaros astigmatas apresentam altas taxas de sobrevivência e reprodução, comparáveis às observadas com suas presas naturais (Zhang, 2003).

A prática de usar ácaros astigmatas como presas alternativas não apenas facilita a produção massal de ácaros predadores, mas também reduz os custos associados ao cultivo de presas naturais (Geden & Axtell, 1988). A produção de ácaros predadores em larga escala é fundamental para a implementação eficaz de programas de controle biológico, uma vez que permite a liberação de grandes quantidades de predadores no campo para controlar populações de pragas (Perring & Farrar, 1993). Além disso, a utilização de ácaros astigmatas como presas alternativas contribui para a manutenção da qualidade dos ácaros predadores produzidos, garantindo sua eficácia no controle de pragas após a liberação em campo (Bolckmans et al., 2005). A flexibilidade na escolha de presas permite a adaptação dos programas de produção às necessidades específicas de diferentes cultivos e ambientes agrícolas.

Atualmente todas as espécies de presas alternativas utilizadas atualmente para multiplicação de espécies comerciais de ácaros da família Phytoseiidae pertencem a ordem Astigmata (Massaro et al., 2016). Com isso, a presente proposta visa a seleção de uma presa alternativa para criação em massa do ácaro predador *A. largoensis*. A presa alternativa a ser selecionada deverá proporcionar o desenvolvimento de imaturos com elevada viabilidade e também a reprodução de fêmeas adultas de *A. largoensis*.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Selecionar uma espécie de Astigmata para multiplicação em larga escala do ácaro predador *A. largoensis*.

2.2 Objetivos específicos

- 1 Determinar se presas alternativas (espécies de Astigmatas) são capazes de suportar o desenvolvimento de imaturos de *A. largoensis*;
- 2 Determinar o efeito da alimentação a base de presas alternativas (espécies de Astigmatas) sobre a oviposição e sobrevivência para *A. largoensis*;
- 3 Construir uma tabela de vida e de fertilidade para *A. largoensis* alimentados com espécies de Astigmatas que proporcionem o tempo de desenvolvimento de imaturos, a sobrevivência e os parâmetros reprodutivos.

HIPÓTESES

As presas alternativas (Astigmatas) serão capazes de suportar o desenvolvimento de imaturos de *A. largoensis*;

A oviposição, sobrevivência, desenvolvimento e parâmetros reprodutivos de *A. largoensis* serão favorecidos por pelo menos uma espécie de presa alternativa.

REFERÊNCIAS

Agrofit - Sistema de Agrotróxicos Fitossanitários - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS (2022). Available

from: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (acessado em: 08 de fevereiro 2022).

ALFAIA, J.P.; MELO, L.L.; MONTEIRO, N.V.; LIMA, D.B.; MELO, J.W.S. Functional response of the predaceous mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* when feeding on eggs of the cashew tree giant whitefly *Aleurodicus cocois*. Syst. Appl. Acarol., v. 23, p. 1559-1566, 2018a.

<https://doi.org/10.11158/saa.23.8.6>

ALFAIA, J.P.; NEVES, M.E.B.; MELO, L.L.; LIMA, D.B.; DIAS, N.S.; MELO, J.W.S. Biological performance of the predatory mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* fed on eggs of *Aleurodicus cocois*. Syst. Appl. Acarol., v. 23, n. 11, p. 2099-2103, 2018b. <https://doi.org/10.11158/saa.23.11.2>

BARBOSA, M.F.C.; MORAES, G.J. Evaluation of astigmatid mites as factitious food for rearing four predaceous phytoseiid mites (Acari: Astigmatina; Phytoseiidae). Departamento de Entomologia e Acarologia, ESALQ-USP, v. 13, p. 418-900 Piracicaba, São Paulo, Brazil, 2015.

BOLCKMANS, K.J.F.; VAN HOUTEN, Y.M.; HOOGERBRUGGE, H. Biological control of thrips in sweet pepper and eggplant with the predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Bulletin IOBC/WPRS, v. 28, p. 297-300, 2005.

BONTE, J.; VAN DE WALLE, A.; CONLONG, D.; DE CLERCQ, P. Eggs of *Ephestia kuehniella* and *Ceratitis capitata*, and motile stages of the astigmatid mites *Tyrophagus putrescentiae* and *Carpoglyphus lactis* as factitious foods for *Orius* spp. Insect. Sci., v. 24, p. 613-622, 2017.

<https://doi.org/10.1111/1744-7917.12293>

BYRNE, D.N. & BELLOWS, T.S.Jr. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol., v. 36, p. 431-457, 1991.

CARRILLO D.; NAVIA D.; FERRAGUT F.; PEÑA J.E. First report of *Raoiella indica* (Acari:Tenuipalpidae) in Colombia. Fla. Entomol., v. 94, p. 370-371,

2011.

CHANT, D.A. & MCMURTRY, J.A. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, 2007.

DE LA TORRE, P.E.; SUAREZ, A.; IRIS, A. Presencia del acaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. Rev. Proteccion Veg., v. 25, p. 1–4, 2010.

Defesa vegetal. <http://www.defesavegetal.net/aledco>. acessado em: 05 de maio de 2017.

DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. Phytoseiidae Database. Disponível em: Acesso em: 18 de setembro de 2021.

FLECHTMANN, C. H. & ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). Syst. Appl. Acarol., v. 9, p. 109-111, 2004.

ETIENNE, J. & FLECHTMANN, C.H.W. First Record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. Int. J. Acarol., v. 32, p. 331–332, 2006.

FURTADO, I.P.; MORAES, G.J. de; KREITER, S.; TIXIER, M.S.; KNAPP, M. Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Biol. Control., v. 42, p. 139-147, 2007.

FOURNIER, D.; MILLOT, P.; PRALAVORIO, M. Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. Entomol. Exp. Appl., v. 38, n. 1, p. 97-100, 1995.

GEDEN, C.J. & AXTELL, R.C. Predation by *Carcinops pumilio* (Erichson) (Coleoptera: Histeridae) and *Macrocheles muscaedomesticae* (Scopoli) (Acarina: Macrochelidae) on the house fly (Diptera: Muscidae): Functional response, effects of temperature, and availability of alternative prey. Environ. Entomol., v. 17, n. 5, p. 739-744, 1988.

GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science Ltd, 2003.

GONDIM JR, M.G.C.; CASTRO, T.M.M.G.; MARSARO Jr, A.L.; NAVIA, D.; MELO, J.W.S.; DEMITE, P.R.; DE MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst. Biodivers.*, v. 10, p. 527–535, 2012.
<https://doi.org/10.1080/14772000.2012.752415>

HELLE, W. & SABELIS, M.W. Spider mites: Their biology, natural enemies, and control. Volume 1B. Elsevier, Amsterdam, 1985.

HOY, M.A.; PEÑA, J.; NGUYEN, R. Red Palm Mite, *Raoiella Indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae) Gainesville, Florida, 2007.
<https://doi.org/10.32473/edis-in711-2010>

HOY, M.A. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 57, p. 381-393, 2012.
<https://doi.org/10.1007/s10493-012-9537-x>

KANE, E.C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E.F. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): An island-hopping mite pest in the Caribbean. Abstract. ESA Meeting, Fort Lauderdale, 2004.

KIM, J.H.; BROADBENT, B.; LEE, S.G. Quality control of the mass-reared predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 4, p. 175-179, 2001.

KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.; VAN BAAL, E.; GROOT, T. Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects *Acarol.*, 58 (Suppl), pp. 72-82. *Int. J. Acarol.*, v. 44, n. 5, p. 211-216, 2018.

LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JR, M.G.C.; DE MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *B. Entomol. Res.*, v. 98, p. 83–96, 2008.

MARSARO JR, A.L.; NAVIA, D.; GONDIM JR, M.G.C.; DUARTE, O.R.; CASTRO, T.M.M.G.; MOREIRA, G.A.M. Host plants of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), in Brazil. Abstract Book of the XIII International Congress of Acarology, Recife, 2010.

MASSARO, M.; MARTIN, J.P.I.; MORAES, G.J. Factious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly

found in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 70, p. 411-420, 2016.

MCMURTRY, J.A. & CROFT, B.A. Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, v. 42, n. 1, p. 291-321, 1997.

MCMURTRY, J.A.; DE MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, v. 18, p. 297-320, 2013.

MELO, J.W.S.; LIMA, D.B.; STAUDACHER, H.; SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C.; SABELIS, M.W. Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.*, v. 67, p. 411–421, 2015.

MELO, Q.M.S. & BLEICHER, E. Pragas Do Cajueiro. In: SOBRINHO, R.B., CARDOSO, J.E. FREIRE, F.C. 1998. Pragas de Fruteiras Tropicais de Importância Agroindustrial (eds.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/agroindústria tropicalCNPAT, p. 53-79, 1998

MENDES, J.A.; LIMA, D.B.; MONTEIRO, N.V.; GONDIM JR, M.G.; MELO, J.W.S. Phytoseiid mites in cashew trees: diversity and seasonality. *Int. J. Acarol.*, v. 47, p. 339-345, 2021.

MORAES, G.J. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores, p. 225-237. In: J.R. PARRA, P.S.M. BOTELHO, B.S. CORRÊA-FERREIRA & J.M.S. BENTO (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Barueri, Manole, p. 609, 2002.

MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, v. 434, p. 1-494, 2004.

MORAES, G.J.; CASTRO, T.M.M.G.; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM JR., M.G.C.; SÁ, L.A.M. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia*, v. 52, p. 129–134, 2012.

MOYA, C.A.G; GONDIM JR., M.G.C; DE MORAES, G.J.; FIDELIS, E.G. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Int. J. Acarol.* V. 44, p. 400-411, 2018.

<https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1530300>

- NAVIA, D.; CASTILHO, R.C.; MORAES, G.J. Controle de artrópodes-praga com ácaros predadores [Internet]. In: Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília, DF: Embrapa; p. 510, 2020.
- NAVIA, D.; MORAIS, E.G.F.; MENDOÇA, R.S.; GONDIM JR., M.G.C. Ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela EF, Zucchi RA (eds) Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros. ESALQ/USP, Piracicaba, p. 418–452, 2015.
- PEÑA, J.E.; MANNION, C.M.; HOWARD, F.W.; HOY, M.A. *Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): The Red Palm Mite: A Potential Invasive Pest of Palms and Bananas and Other Tropical Crops of Florida: ENY-837/IN681, 11/2006. Historical Fact Sheets, 2006. <https://doi.org/10.32473/edis-in681-2006>
- PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L.S. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. IOBC/wprs Bulletin, v. 50, p. 69-79, 2009.
- PERRING, T.M. & FARRAR, C.A. Efficacy of phytoseiid mites in controlling spider mites on strawberries. J. Econ. Entomol., v. 86, n. 3, p. 881-886, 1993. Plantwise.<http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=4139>. Acessado em: 05 de maio de 2022.
- RODRIGUES, J.C.V. & ANTONY, L.M.K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. Fla. Entomol. v. 94, p. 1073–1074, 2011.
- RODRIGUES, J.C.V.; OCHOA, R.; KANE, E.C. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. Int. J. Acarol., v. 33, p. 3-5, 2007.
- SILVA, A.B. Aleurodicus cocois (Curtis, 1846) atacando pimenta-do-reino (Piper nigrum L.) no estado do Pará. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. Jaboticabal, v. 6, p. 136-137, 1977.
- SARKAR, P.K. & SOMCHOUDHURY, A.K. Evaluation of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst. on coconut palm in West Bengal. Pesticides, v. 22, p. 21–22, 1988.

SATHIAMMA, B. Observations on the mite fauna associated with the coconut palm in Kerala, India. *J. Plant. Crop.*, v. 24, p. 92–96, 1996.

SOUZA, L.A. & LEMOS, W.P. Prospecção de insetos associados ao açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em viveiro e proposições de controle. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 231-241, 2004.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z.; GONÇALVES, L.R.; SOUZA FILHO, M.F.; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. *Neotrop. Entomol.*, v. 31, n. 3, p. 449-455, 2002.

SATO, M.E.; MIYATA, T.; SILVA, M.Z.; Raga, A.; SOUZA FILHO, M.F. Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross- resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Kock, 1836 (Acari: Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.*, v. 39, p. 293-302, 2004.

SATO, M.E., SILVA, M.Z.; RAGA, A.; CANGANI, K.G., VERONEZ, B.; NICASTRO, R.L. Spiromesifen toxicity to the spidermite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. *Phytoparasitica*, v. 39, p. 437-445, 2011.

VANGANSBEKE, D., DUARTE, M.V.A., PEKAS, A., WÄCKERS, F., BOLCKMANS, K. 2022. Mass production of predatory mites: state of the art and future challenges. In: Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., Shapiro-Ilan D.I. (Eds). *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press, Elsevier Inc, p. 195-232, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822106-8.00006-3>

WELBOURN, C. Pest Alert: Red Palm Mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). In: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 2009.

ZHANG, Z.Q. *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. CABI Publishing, 2003.

APÊNDICE - ÁCAROS ASTIGMATÍDEOS (ACARI: ASTIGMATA) COMO PRESA ALTERNATIVA PARA *AMBLYSEIUS LARGOENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE): IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS E PRÁTICAS

João M. R. Costa¹; Débora B. de L. Melo²; Manoel G. C. G. Junior²; José E. de M. Oliveira³; José W. S. Melo²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Laboratório de Acarologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil

² Laboratório de Acarologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brazil

³ Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido - Embrapa Semiárido, Petrolina, Brazil

Abstract

Predatory mites, particularly those of the Phytoseiidae family, play a key role in sustainable pest management by reducing pest populations and minimizing reliance on chemical pesticides. *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) is a generalist predator, with great potential for controlling *Raoiella indica*, *Aleurodicus cocois* and *Brevipalpus yothersi*. However, large-scale rearing of *A. largoensis* remains a challenge due to the lack of an efficient mass-production system. This study aimed to select an alternative prey species from the order Astigmata that could support the mass-rearing of *A. largoensis*. Four Astigmata species (*Carpoglyphus lactis*, *Thyreophagus crasentiseta*, *Tyrophagus putrescentiae*, and *Glycycometus aff. molitor*) were evaluated for their ability to sustain the predator's survival, development, and reproduction. *Tetranychus urticae*, a well-established natural prey, was used as a control. Bioassays assessed the growth rates of *A. largoensis* when fed exclusively on each prey species. The results showed that *C. lactis* supported survival and reproduction rates comparable to *T. urticae*, with an intrinsic growth rate favorable for mass-rearing. Additionally, *C. lactis* offers practical advantages as it is easy to cultivate, thrives on simple and inexpensive food sources, and allows for continuous predator production. This study highlights the potential of *C. lactis* as a viable alternative prey for the large-scale production of *A. largoensis*, contributing to the diversification of biological control strategies. Future research should focus on optimizing rearing protocols and field validation to enhance the effectiveness of *A. largoensis* as a biocontrol agent in tropical and subtropical regions.

Keywords: Astigmatina, Biological control, Phytoseiidae, mass breeding, *Carpoglyphus lactis*

Introdução

Amblyseius largoensis (Muma) (Acari: Phytoseiidae) é um ácaro predador generalista amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Demite 2021, Moya et al. 2018), sendo encontrado comumente sobre fruteiras, como coqueiro (*Cocos nucifera* L.), cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), e sobre algumas espécies citrus (*Citrus spp.*) (Lawson-Balagbo et al. 2008; Melo et al. 2015; Argolo et al. 2020; Mendes et al. 2020). *Amblyseius largoensis* se destaca tanto por sua ampla distribuição quanto pelo seu potencial como agente de controle biológico, especialmente contra pragas de importância econômica, como o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (Hoy et al. 2007; Peña et al 2009; Gondim Jr et al. 2012; Moraes

et al. 2012), a mosca-branca-gigante-do-cajueiro, *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Alfaia et al. 2018a, b; Mendes et al. 2021; Gerson et al. 2003), e do ácaro-da-lerpose-dos-citros, *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae) (Argolo et al. 2020). O uso de *A. largoensis* é promissor tanto para o controle de *R. indica* (Hoy et al. 2007; Peña et al. 2009; Moraes et al. 2012) quanto de *A. cocois* (Alfaia et al. 2018b), duas pragas que afetam culturas tropicais de elevado valor econômico.

Raoiella indica, *A. cocois* e *B. yothersi*, são espécies polífagas e cosmopolitas, representando sérias ameaças às culturas tropicais de elevado valor econômico (Silva 1977; Byrne and Bellows 1991; Kitajima et al. 2003; Rodrigues et al. 2003; Flechtmann and Etienne 2004; Peña et al. 2009; Carrillo et al. 2011; Castillo et al. 2011; Roy et al. 2012; Roy et al. 2015; Melo et al. 2018; Ramos-González et al. 2017). Essas espécies destacam-se por sua ampla adaptabilidade a diferentes hospedeiros e seu potencial para causar danos significativos, os quais vão desde redução da eficiência fotossintética até a propagação de patógenos de alta relevância agrícola, como é o caso da leprose dos citros que tem o *B. yothersi* apontado como principal vetor (Kitajima et al. 2003; Castillo et al. 2011). Os danos decorrentes de suas infestações, que incluem especialmente redução na produtividade, ressaltam a necessidade de estratégias de manejo eficientes e sustentáveis para mitigar seus impactos (Byrne e Bellows 1991; Flechtmann e Etienne 2004).

O controle de *R. indica* e *A. cocois* tem sido predominantemente dependente de métodos químicos (Alfaia et al. 2018a, b; Navia et al. 2015), no entanto o uso extensivo desses produtos é caro, pode levar à resistência das populações e são passíveis de ocasionar efeitos adversos em espécies não-alvos (Osakabe et al. 2010; Croft e Baan 1988). Tal dependência pode ser explicada, pelo menos em parte, devido ao reduzido portfólio de produtos biológicos disponíveis (existe apenas um produto biológico registrado contra *R. indica* e nenhum para *A. cocois* ou para *B. yothersi* (Agrofit 2024)). Dessa forma, o desenvolvimento de produtos biológicos pode representar uma solução ecológica e sustentável, capaz de minimizar os danos causados por essas pragas sem os impactos negativos associados ao controle químico.

Adicionalmente, essa forma de controle está alinhada à demanda global dos consumidores por alimentos seguros, saudáveis e de alta qualidade.

Diversos estudos indicam *A. largoensis* como agente de controle biológico potencial dessas três espécies (*R. indica*, *A. cocois* e *B. yothersi*) (Hoy et al. 2007; Hoy 2012; Alfaia et al. 2018a, b; Mendes et al. 2021; Argolo et al. 2020), porém ainda não há metodologias definidas para criação massal deste predador. De um modo geral, a criação massal de ácaros predadores generalistas tem sido feita predominantemente com o emprego de presas alternativas, normalmente com espécies de astigmatas, os quais podem ser criados em fontes alimentares simples e baratas (Calvo et al. 2015; Ramakers e Van Lieburg 1982), exigindo um menor investimento de tempo, espaço, energia e trabalho (Fournier et al. 1985). A seleção de uma presa alternativa adequada é o primeiro e crucial passo no desenvolvimento de um sistema de criação massal para espécies acarinas (Vangansbeke et al. 2022). Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo selecionar uma espécie de astigmata para dar suporte ao desenvolvimento de uma criação massal do ácaro predador *A. largoensis*. Este ácaro poderia se tornar uma ferramenta valiosa no manejo integrado de pragas tropicais, contribuindo para a diversificação das opções de controle biológico disponíveis para agricultores em diferentes regiões do mundo.

Metodologia

Coleta e estabelecimento de colônias de Amblyseius largoensis

Folículos de coqueiro foram coletados em plantas presentes no campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os folículos foram transportados para o Laboratório de Acarologia da UFPE, onde foram inspecionados sob estereomicroscópio. Cerca de 100 indivíduos de *A. largoensis* foram coletados dos folículos para o estabelecimento das criações. As unidades de criação foram montadas em folhas de PVC (10 x 10 cm) posicionadas sobre discos de espuma (1 cm de espessura e 15 cm de diâmetro), dispostos dentro de uma bandeja plástica (16 cm de diâmetro). Nestas unidades, as folhas de PVC tiveram suas margens cobertas com algodão umedecido com água destilada para evitar fuga dos ácaros. Uma lamínula de vidro sobre fios de algodão foi adicionada em cada unidade de criação para estimular a deposição de ovos naquele local. Em

seguida, indivíduos de *A. largoensis* foram transferidos para as unidades de criação, as quais receberam mel a 10% (disponibilizado em fragmentos de papel filtro), pólen de mamona (*Ricinus communis* L., depositados diretamente sobre as folhas de PVC), e ácaros da espécie *Tetranychus urticae* Kock (Acari: Tetranychidae) (disponibilizados em fragmentos de folha de feijão-de-porco oriundo de criação de laboratório). Essa dieta (pólen + mel + *T. urticae*) foi escolhida por ser amplamente utilizada para a multiplicação de ácaros fitoseídeos generalistas, incluindo *A. largoensis* (Galvão et al. 2007, 2008). A dieta foi repostada a cada 2 dias. As unidades de criação foram mantidas em sala climatizada, com temperatura de 27°C e umidade relativa de 75%.

Espécimes de *A. largoensis* foram coletados das unidades de criação e montados em um conjunto de lâmina e lamínula com meio de Hoyer. Após a montagem as lâminas foram mantidas em estufas a 50°C por sete dias, posteriormente as mesmas foram observadas em microscópio com contraste de fase para identificação. Esse procedimento foi repetido a cada três meses garantido a identidade dos indivíduos utilizados nos experimentos. Espécimes *vouchers* foram depositados na coleção acarológica da UFPE.

Presas alternativas

As seguintes presas alternativas foram testadas: *Thyreophagus crasentiseta* Barbosa, OConnor & Moraes (Acari: Astigmata: Acaridae), *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Acari: Astigmata: Acaridae), *Carpoglyphus lactis* L. (Acari: Astigmata: Carpglyphidae) e *Glycycometus aff. molitor* Volgin & Akimov (Acari: Astigmata: Aeroglyphidae)). As espécies *C. lactis* e *T. putrescentiae* foram fornecidas pelo Laboratório de Acarologia da Universidade Federal do Ceará (UFC). *Thyreophagus crasentiseta* foi fornecido pelo Laboratório de Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Indivíduos de *Glycycometus aff. Molitor* foram coletados em grãos armazenados (farinha láctea) e multiplicados no Laboratório de Acarologia da UFPE. As presas foram mantidas em unidades de criação isoladas, confeccionadas segundo metodologia descrita por Freire e Moraes (2007). As espécies *T. crasentiseta*, *T. putrescentiae* e *Glycycometus aff. Molitor* foram alimentadas através de uma mistura de fermento e farinha (Barbosa e de Moraes 2015), enquanto *C. lactis* foi alimentado com farinha láctea e uvas-passas. O

mesmo procedimento de montagem de lâminas e identificação dos espécimes foram realizados antes da execução de cada experimento, com as lâminas também sendo depositadas na coleção de acarologia da UFPE.

Screening de presas alternativas

A taxa instantânea de crescimento (r_i) foi utilizada como critério para selecionar as presas que seriam empregadas nos experimentos subsequentes, os quais envolveram bioensaios com imaturos e adultos de *A. largoensis*. Fêmeas e machos de *A. largoensis*, com idades desconhecidas, foram coletados aleatoriamente das unidades de criação, e mantidos por 24 horas em outra unidade de criação alimentadas apenas com *T. urticae*. Posteriormente duas fêmeas foram transferidas para células experimentais (com 3 cm de altura e 2 cm de largura) (Sousa Neto et al. 2021). Em cada célula experimental um pequeno pedaço de algodão umedecido foi adicionado para manter a umidade. As células experimentais foram mantidas fechadas com adesivo transparente durante todo o experimento, sendo abertas apenas para reposição do alimento. Como alimento foi fornecido uma das diferentes presas (*C. lactis*, *T. putrescentiae*, *T. crasentiseta* ou *Glycycometus aff. Molitor*) de forma exclusiva e *ad libitum*. Um tratamento adicional foi conduzido com a espécie *T. urticae*, sendo este tratamento considerado como controle positivo, por ser um alimento padrão para diversas espécies de fitoseídeos. O experimento teve duração de cinco dias. Ao final do período experimental, foram quantificadas todas as formas vivas de *A. largoensis* (ovos, imaturos e adultos). O número de repetições por tratamento foi variável, sendo realizadas 40 repetições para o tratamento com *C. lactis* como presa, 30 repetições para os tratamentos em que *T. urticae*, *T. crasentiseta* e *Glycycometus aff. Molitor* foram oferecidos como presas e 20 repetições para o tratamento que ofereceu *T. putrescentiae* como presa. Cada repetição consistiu em uma célula experimental contendo duas fêmeas de *A. largoensis*. Repetições em que houve o escape de fêmeas foram desconsideradas. A taxa instantânea de crescimento (r_i) foi estimada através da seguinte fórmula: $r_i = \ln(N_t/N_0)/(\Delta t)$, sendo N_0 o número inicial de indivíduos, N_t o número de indivíduos ao final do período experimental, e Δt o período experimental (número de dias) (Stark et al. 2003).

Bioensaio com imaturos de *A. largoensis*

Para este bioensaio, as presas que propiciaram as maiores taxa instantânea de crescimento estimadas no ensaio anterior (*Screening de presas alternativas*) foram utilizadas, sendo elas: *C. lactis* e *T. urticae*. Fêmeas de *A. largoensis* foram aleatoriamente coletadas nas unidades de criação e transferidas para novas unidades para obtenção de ovos com idade conhecida. Os ovos foram acompanhados até a eclosão das larvas, as quais foram individualizadas em unidades experimentais. Essas unidades consistiam em placas de Petri contendo esponja umedecida, além de folha de PVC. As margens da folha de PVC foram cobertas com algodão umedecido para evitar a fuga das larvas. Após a transferência, as unidades experimentais foram fechadas com a tampa da placa de Petri, abrindo apenas para reposição das presas testadas e para avaliação. As formas imaturas foram acompanhadas a cada 12 horas até atingirem a fase adulta ou morrerem.

Bioensaio com adultos de *A. largoensis*

Fêmeas adultas recém emergidas, alimentadas durante todo o seu desenvolvimento imaturo com *C. lactis* ou *T. urticae* como presa, foram pareadas com machos e transferidas para células experimentais (unidade experimental utilizado no *Screening de presas alternativas*). Novamente apenas duas presas foram testadas, *C. lactis* e *T. urticae*. As fêmeas foram avaliadas diariamente registrando-se: a sobrevivência e fecundidade das fêmeas. Após cada avaliação, os ovos foram removidos, sendo aqueles obtidos nas primeiras 48 horas transferidos para unidades de criação, onde após a eclosão os imaturos foram alimentados com a mesma dieta de seus parentais e foram acompanhados até a fase adulta para determinação da razão sexual da progênie. Com as informações obtidas foram estimados os seguintes parâmetros: período de pré-oviposição (dias), período de oviposição (dias), período de pós-oviposição (dias), longevidade total (dias), fecundidade diária (número de ovos por fêmeas/dia), fecundidade total (número de ovos por fêmea) e também os parâmetros de tabela de vida e fertilidade, taxa líquida de reprodução (R_0 , descendentes por fêmea), taxa intrínseca de crescimento (rm , dia^{-1}) e tempo médio de geração (T , dias).

Estatística

Devido a não normalidade dos dados, o teste de Kruskal-Wallis foi empregado para comparar a taxa instantânea de crescimento (r_i). Todos os demais parâmetros foram estimados e comparados a partir do software 'Two-Sex life table' (Chi e Liu 1984; Chi 1988). As comparações foram realizadas sempre de forma pareada utilizando-se o método de 'Bootstrap'.

Resultados

Screening de presas alternativas

A taxa instantânea de crescimento (r_i) de *A. largoensis* foi influenciada pela espécie de presa ofertada como alimento (Figura 1; $\chi^2= 62,3$; $gl= 4$; $P= <0,001$). As presas *T. urticae* e *C. lactis* foram aquelas que propiciaram os mais valores de r_i , não diferindo entre si. As demais presas além de propiciar valores mais baixos de r_i para *A. largoensis*, levaram a extinção dos indivíduos em algumas repetições (resultando em valores negativos).

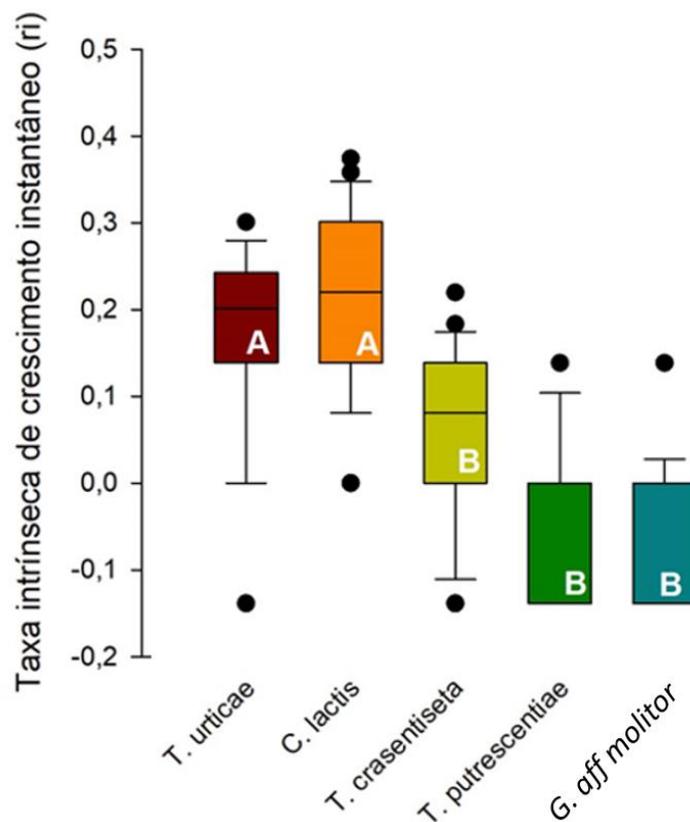


Figura 1. Taxa intrínseca de crescimento de *A. largoensis* alimentados de forma exclusiva com *T. urticae*, *C. lactis*, *T. crasentiseta*, *T. putrescentiae* ou *Glycycometus aff. molitor* Temp. 27°C, UR 60 ± 5% e fotofase de 12h. Médias seguidas por mesma letra indicam que não há diferenças entre tratamentos (Kruskal-Wallis, $\chi^2= 62,3$; $gl= 4$; $P= <0,001$).

Bioensaio com imaturos de *A. largoensis*

Tanto o tempo de desenvolvimento (larva-adulto) quanto a viabilidade das formas imaturas de *A. largoensis* não foram influenciadas pela espécie de presa ofertada (Figura 2, $P=0,84$ e $P=0,56$, respectivamente). A emergência de adultos de *A. largoensis* ocorreu entre 3,5 e 4,5 dias para imaturos alimentados com *C. lactis*, e entre 3,5 e 5,0 dias para imaturos alimentados com *T. urticae*. A viabilidade das formas imaturas (larva-adulto) de *A. largoensis* foi superior a 80% para ambas as presas ofertadas como alimento.

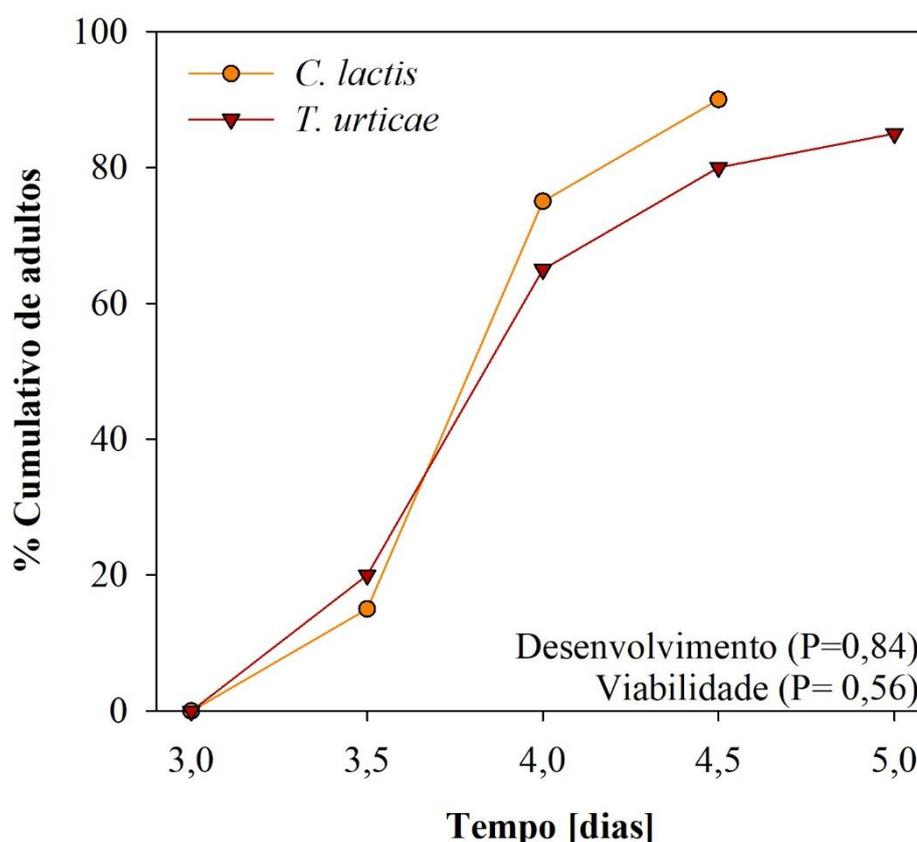


Figura 2. Percentual cumulativo de adultos de *A. largoensis* alimentados exclusivamente com *C. lactis* ou *T. urticae*. Temp. 27°C, UR 60 ± 5% e fotofase de 12h. Diferenças não foram observadas tanto para a duração do desenvolvimento dos imaturos (larva-adulto) quanto para sua viabilidade (teste bootstrap pareado).

Bioensaio com adultos de *A. largoensis*

Os parâmetros biológicos de fêmeas de *A. largoensis* não diferiram em função da espécie de presa fornecida (*C. lactis* ou *T. urticae*) ($P > 0,05$). Após alcançarem a fase adulta (entre o 4º e 5º dia a depender do alimento, ver figura 2), a sobrevivência específica das fêmeas de *A. largoensis* se manteve elevada em ambas as dietas (Figura 3). Os primeiros registros de mortalidade de fêmeas ocorreram no 20º e 19º dia, nas dietas *C. lactis* e *T. urticae* respectivamente,

posteriormente foi observada uma redução progressiva da sobrevivência em ambas as dietas. Fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *C. lactis* sobreviveram por até 31 dias, enquanto que fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *T. urticae* sobreviveram por até 29 dias. Ainda que não haja diferença estatística, a longevidade média total das fêmeas de *A. largoensis* foi 11% superior quando estas foram alimentadas com *C. lactis* (24,1 dias) em comparação com aquelas alimentadas com *T. urticae* (21,7 dias) ($P= 0,22$) (Tabela 1).

A oviposição das fêmeas de *A. largoensis* foi iniciada com 24 ou 48 horas da emergência das fêmeas (6º dia para ambas as dietas) (Figura 3), resultando em um curto período de pré-oviposição (1,45 e 1,02 dias para fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *C. lactis* e *T. urticae* respectivamente ($P= 0,81$) (Tabela 1). O período médio de oviposição das fêmeas de *A. largoensis* foi de 18,4 dias quando estas foram alimentadas com *C. lactis* e de 16,5 dias quando alimentadas com *T. urticae* ($P= 0,92$) (Tabela 1). Esse aumento numérico do período de oviposição (11,6% superior) para fêmeas alimentadas com *C. lactis*, foi acompanhado por uma maior deposição de ovos diária e total (45 e 52 % numericamente superior), em comparação com fêmeas alimentadas com *T. urticae* ($P= 0,41$; $P= 0,65$, respectivamente) (Figura 3 e Tabela 1). Cessado o período de oviposição, as fêmeas sobreviveram, em média, por mais 2,1 dias em ambas as dietas ($P= 0,95$) (Figura 3 e Tabela 1).

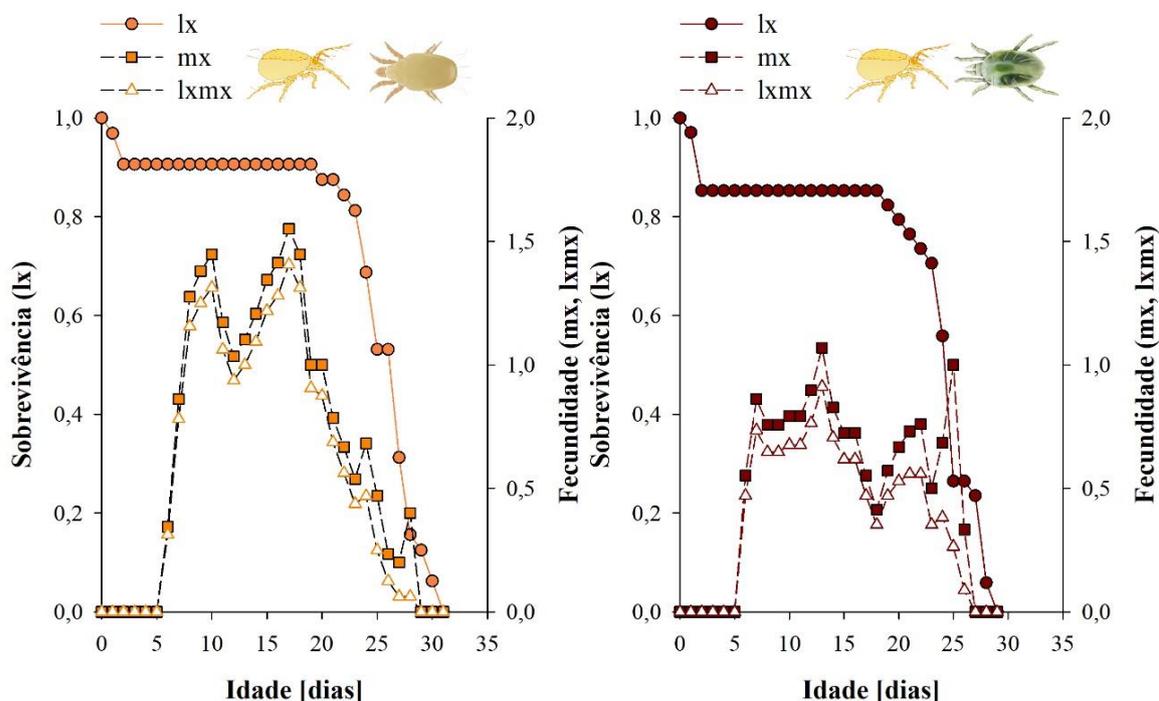


Figura 3. Sobrevivência específica por idade (lx), fecundidade diária (mx) e fecundidade líquida (lmx) de *A. largoensis* alimentados exclusivamente com *C. lactis* ou *T. urticae*. Temp. 27°C, UR 60 ± 5% e fotofase de 12h.

Em relação aos descendentes produzidos, a viabilidade das formas imaturas foi próxima a 100%, sem diferenças na razão sexual dos descendentes (70% para descendentes de fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *C. lactis* e 67,5% para descendentes de fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *T. urticae*).

Tabela 1. Parâmetros reprodutivos de fêmeas de *A. largoensis* alimentados exclusivamente com *C. lactis* ou *T. urticae*. Temp. 27°C, UR 60 ± 5% e fotofase de 12h.

Parâmetros	n	<i>C. lactis</i>	<i>T. urticae</i>	P
Período de pré-oviposição (dias)	20	1,45±0,11 ^a	1,02±0,03	0,81
Período de oviposição (dias)	20	18,35±0,39	16,45±0,64	0,92
Período de pós-oviposição (dias)	20	2,1±0,15	2,1±0,14	0,95
Longevidade total (dias)	20	24,1±1,37	21,7±1,49	0,22
Fecundidade diária (nº de ovos/fêmea/dia)	20	1,6±0,04	1,1±0,03	0,41
Fecundidade total (nº de ovos/fêmea)	20	29,7±0,95	19,5±1,18	0,65

^aErros padrão foram estimados usando a técnica bootstrap com 100.000 reamostragens. Diferenças significativas não foram observadas (teste bootstrap pareado: P > 0,05).

A taxa líquida de reprodução (R_0) foi numericamente superior para fêmeas de *A. largoensis* alimentadas com *C. lactis* (18,5 descendentes/fêmea) em relação às alimentadas com *T. urticae* (11,5 descendentes/fêmea), representando uma diferença percentual de 60,9% entre as médias (Tabela 2). Apesar dessa diferença expressiva, ela não foi significativa ($P = 0,75$). A taxa intrínseca de crescimento (r_m) foi levemente superior para fêmeas alimentadas com *C. lactis* (0,21 dia⁻¹) em comparação às alimentadas com *T. urticae* (0,18 dia⁻¹), enquanto o tempo médio de geração (T) foi similar para ambas as dietas (aprox. 13 dias) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros da tabela de vida de *A. largoensis* alimentados exclusivamente com *C. lactis* ou *T. urticae*. Temp. 27°C, UR 60 ± 5% e fotofase de 12h.

Parâmetros	<i>C. lactis</i>	<i>T. urticae</i>	P
Taxa líquida de reprodução, R_0 (descendentes/fêmea)	18,5±2,60 ^a	11,5±1,78	0,75
Taxa intrínseca de crescimento, r_m (dia ⁻¹)	0,21±0,01	0,18±0,01	0,76
Tempo médio de geração, T (dias)	13,4±0,19	13,2±0,24	0,88

^aErros padrão foram estimados usando a técnica bootstrap com 100.000 reamostragens. Diferenças significativas não foram observadas (teste bootstrap pareado: P > 0,05).

Discussão

No presente estudo quatro espécies de astigmatas foram investigadas como alimento alternativo para criação de *A. largoensis* e comparadas com a

alimentação exclusiva a base de *T. urticae*. Os resultados da taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) de *A. largoensis* indicaram que *C. lactis* foi a única espécie que possibilitou crescimento populacional de *A. largoensis* equivalente aquele obtido quando o predador foi alimentado exclusivamente com *T. urticae*. Os ensaios com imaturos e adultos de *A. largoensis* confirmaram a adequação de *C. lactis* como alimento alternativo, inclusive com desempenho levemente superior (numérico mas não estatístico) aquele obtido com a alimentação exclusiva sobre *T. urticae*.

O screening de presas através da estimativa da taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) demonstrou que as presas *T. putrescentiae*, *T. crasentiseta* ou *Glycycometus aff. molitor* não são adequadas a multiplicação de *A. largoensis*. A taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) é uma medida direta da taxa de crescimento populacional que integra tanto a fecundidade quanto a sobrevivência do organismo estudado (Stark e Banks 2003). A produção de ovos pelos fitoseídeos exige muito da sua alimentação, não só pela quantidade de ovos produzidos, mas também pela quantidade de alimento investido por ovo (Sabelis 1985a, b). Adicionalmente, na presença de baixa quantidade e/ou qualidade de alimento, os ácaros podem direcionar recursos que seriam destinados à oviposição para prolongar sua longevidade (Gotoh e Tsuschiya 2008, de Alfaia et al. 2018c). Dessa forma, os valores negativos da taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) sugerem que estas presas podem ser de baixa qualidade nutricional ou apresentarem características morfológicas ou comportamentais que comprometam a predação e/ou a conversão do alimento em biomassa de ovos. É importante mencionar que em algumas repetições além de não haver oviposição as fêmeas morreram antes do último dia de avaliação, apesar da presença de presas vivas, ou seja, a energia obtida através da predação sobre essas presas não foi suficiente se quer para garantir a sobrevivência das mesmas.

A taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) de *A. largoensis* quando alimentado com *C. lactis* não diferiu daquela obtida quando o predador foi alimentado exclusivamente com *T. urticae*. Alguns estudos já demonstraram que *T. urticae* é uma presa adequada ao desenvolvimento e reprodução de *A. largoensis* (Galvão et.al 2007, 2008). Assim, devido à proximidade dos valores da taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri), é esperado que *C. lactis* também seja uma presa adequada ao desenvolvimento e reprodução do predador. Contudo, apesar da taxa intrínseca de crescimento instantâneo (ri) ser uma medida simples e útil para entender a taxa imediata de crescimento populacional, ela apresenta limitações, particularmente na falta de detalhes específicos da idade, suposições de constância e incapacidade de levar em conta características do histórico de vida (Cole 1954; Caswell 2001; Forbes e Calow 2002; Stark e Banks 2003). Dessa forma, a presa *C. lactis* foi selecionada para construção da tabela de vida de fertilidade que é uma ferramenta que fornece uma compreensão mais abrangente e detalhada para análise demográfica.

A alimentação sobre *C. lactis* foi capaz de suportar tanto o desenvolvimento de imaturos de *A. largoensis* quanto a reprodução das fêmeas. Por se tratar de uma espécie generalista (McMurtry et al. 2013), e com elevado potencial para ser explorado como agente de controle biológico (Hoy 2012; Gondim Jr et al. 2012), *A. largoensis* já teve sua biologia estudada utilizando diversas fontes exclusivas de alimento. Espécies acarinas (*Aceria ficus* Cotte (Eriophyidae), *Aceria guerreronis* Keifer (Eriophyidae), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Tenuipalpidae), *Eutetranychus orientalis* (Klein) (Tetranychidae), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Tarsonemidae), *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Tetranychidae), *Tetranychus gloveri* Banks (Tetranychidae), *Rhyncaphytoptus ficifoliae* Keifer (Eriophyidae) e *Raoiella indica* Hisrt (Tenuipalpidae), pequenos insetos (ovos e ninfas de *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae), *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), ovos de *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae), *Chrysomphalus aunidum* (L.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), ovos de *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), ovos de *Prays citri* Milliere (Lepidoptera: Praydidae) e *Retithrips syriacus* Mayet (Thysanoptera: Thripidae)), uma espécie de nematoide (*Panagrellus* sp. (Tylenchida: Panagrolaimidae), subprodutos de plantas (pólen de *Carpobrotus acinaciformis* (L.), de *Quercus virginiana* Mill e de *Zea mays* L.) e até mesmo subprodutos de insetos (*honeydew* de *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae)), já demonstraram ser capazes de suportar o desenvolvimento de imaturos e estimular a reprodução de fêmeas de *A. largoensis* ((Kamburov 1971; Rodriguez and Ramos 2004; Galvão et al. 2008; Carrillo et al. 2010; Domingos et al. 2013; Rodríguez et al. 2015 Momen et al. 2016; de Alfaia et al. 2018a, b; Fahim et al. 2022). O presente estudo é, no entanto, o primeiro que utiliza uma espécie astigmatina como fonte exclusiva de alimento para *A. largoensis*. Diversas espécies de astigmatas, incluído *C. lactis*, têm sido avaliadas como alimento alternativo para ácaros predadores visando a criação destes em larga escala (Schliesske 1981; Ramakers e van Lieburg 1982; Barbosa e de Moraes 2015, 2016; Massaro et al. 2016, 2021).

Carpoglyphus lactis já demonstrou ser uma excelente fonte de alimento alternativo para alguns fitoseídeos, tais como: *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski (Ji et al. 2015), *Amblydromalus limonicus* Garman e McGregor (Vangansbeke et al. 2014), e *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Bolckmans e van Houten, 2006; Nguyen et al., 2012; Ji et al. 2015). Este astigmata é inclusive apontado como a base do sucesso comercial de *A. swirskii* (Calvo et al. 2015). Os resultados do presente estudo indicam que este astigmata pode também ser a base para a criação massal de *A. largoensis*. Os parâmetros de tabela de vida demonstram que *A. largoensis* pode se desenvolver e reproduzir com sucesso similar ou até melhor em uma dieta exclusiva à base de *C. lactis* em comparação com *T. urticae*, presa natural e considerada adequada para diversas espécies de fitoseídeos (Badii et al. 2015; Blackwood et al. 2001; Al-Azzazy et al 2018; Collier et al 2007; Fouly et al. 1995; Ibrahim e Rahman 1997; Nguyen e Shih 2012; Vantornhout et al. 2005). Dentre os parâmetros estimados na construção de tabela de vida de fertilidade, a taxa

intrínseca de crescimento (r_m) tem sido encarada como métrica chave de *fitness* populacional em ecologia e evolução (Carey 1993; Cortés 2016), e de importância prática direta na avaliação da adequação de presas a agentes de controle biológico (Janssen e Sabelis 1992; Janssen et al 2022). A taxa intrínseca de crescimento (r_m) integra tanto os efeitos biológicos do investimento reprodutivo (Taxa líquida de reprodução, R_0) quanto da velocidade do ciclo de vida (Tempo médio de geração, T). A taxa intrínseca de crescimento (r_m) de *A. largoensis* quando alimentado exclusivamente com *C. lactis* estimada no presente estudo ($0,21 \pm 0,01 \text{ dia}^{-1}$) é similar ou superior a todas outras já estimadas para alimentação exclusiva deste predador (Galvão et al. 2007, 2008, Carrillo et al. 2010, Domingos et al. 2013, Momen et al. 2016; de Alfaia et al. 2018a, b; Fahim et al. 2022), suportando o argumento de que *C. lactis* é uma presa adequada para multiplicação de *A. largoensis*.

A seleção de uma presa alternativa para multiplicação de um agente de controle biológico é o primeiro e crucial passo para o desenvolvimento de um sistema de criação em massa do agente (Vangansbeke et al. 2022). O presente estudo sugere a utilização de *C. lactis* para criação em larga escala de *A. largoensis*. A possibilidade de produção em larga escala de ácaros predadores a partir de presas alternativas, como ácaros astigmatas, os quais podem ser criados em fontes alimentares simples e baratas (Ramakers e Van Lieburg 1982; Calvo et al. 2015), pode reduzir os custos para o produtor, especialmente quando múltiplas liberações são necessárias para um controle efetivo (Schumacher et al. 2006). Apesar dos resultados promissores aqui obtidos, estudos complementares são necessários porque muitos fatores interagem durante a criação massal de um agente de controle biológico e devem ser investigados.

Referências

- Agrofit - Sistema de Agrotróxicos Fitossanitários - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS (2024). Available from: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (accessed 20 November 2024)
- Al-Azzazy MM, Al-Rehiyani SM, Abdel-Baky NF (2018) Life tables of the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) on two pest mites as prey, *Aculops lycopersici* and *Tetranychus urticae*. Arch Phytopathol PFL 51:637-648. <https://doi.org/10.1080/03235408.2018.1507013>
- Alfaia, JCM et al (2018a) Functional response of the predaceous mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* when feeding on eggs of the

cashew tree giant whitefly *Aleurodicus cocois*. Syst Appl Acarol 23:1559-1566.

<https://doi.org/10.11158/saa.23.8.6>

Alfaia, JCM et al (2018b) Biological performance of the predatory mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* fed on eggs of *Aleurodicus cocois*. Syst Appl Acarol 23(11):2099-2103 <https://doi.org/10.11158/saa.23.11.2>

Argolo PS, Revynthi AM, Canon MA, Berto MM, Andrade DJ, Döker I, Roda A, Carrillo D (2020) Potencial of predatory mites for biological control of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae). Biol Control 149:104330.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104330> [Get rights and content](#)

Badii MH, Hernández-Ortiz E, Flores AE, Landeros J (2004) Prey stage preference and functional response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Exp Appl Acarol 34:263–273.

<https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000049222.65883.77>

Barbosa MFC, de Moraes GJ (2015) Evaluation of astigmatid mites as factitious food for rearing four predaceous phytoseiid mites (Acari: Astigmatina; Phytoseiidae). Biol Control 91:22–26.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.06.010>

Barbosa MFC, de Moraes GJ (2016) Potential of astigmatid mites (Acari: Astigmatina) as prey for rearing edaphic predatory mites of the families Laelapidae and Rhodacaridae (Acari: Mesostigmata). Exp Appl Acarol 69:289–296. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0043-4>

Blackwood JS, Schausberger P, Croft BA (2001) Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. Environ Entomol 30:1103–1111. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1103>

Bolckmans KJF, van Houten YM (2006) Mite composition, use thereof, method for rearing the phytoseiid predatory mite *Amblyseius swirskii*, rearing system for rearing said phytoseiid mite and methods for biological pest control on a crop. Europe PMC. <https://europepmc.org/article/PAT/EP2042036> (Accessed 10 June 2024)

- Byrne DN, Bellows TS Jr (1991) Whitefly biology. *Annu Rev Entomol* 36:431-457. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.002243>
- Calvo FJ, Knapp M, van Houten YM, Hoogerbrugge H, Belda JE (2015) *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Exp Appl Acarol* 65 (4):419-433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Carey JR (1993) Applied demography for biologists, with special emphasis on insects. Oxford University Press, New York
- Carrillo D, Peña JE, Hoy MA, Frank JH (2010) Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp Appl Acarol* 52:119-129. <https://doi.org/10.1007/s10493-010-9360-1>
- Carrillo D, Navia D, Ferragut F, Peña JE (2011) First report of *Raoiella indica* (Acari:Tenuipalpidae) in Colombia. *Fla Entomol* 94:370–371
- Castillo II, Diaz LFZ, Mendez W, Otero-Colina G, Freitas-Astua J, Locali-Fabris EC, Moraes GJ, Calegario RF, Tassi AD, Kitajima EW (2011) Confirmation of the presence of the Citrus leprosis virus C (CiLV-C) in Southern Mexico. *Trop Plant Pathol* 36:400–403
- Caswell H (2001) Matrix population models. Construction, analysis, and interpretation. Sinauer Associates, Sunderland
- Chi H (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ Entomol* 17:26–34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
- Chi H, Liu H (1984) Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull Inst Zool* 24:225–240
- Cole LC (1954) The population consequences of life history phenomena. *Q Rev Biol* 29:103–137. <https://doi.org/10.1086/400074>
- Collier KFS, Albuquerque GS, de Lima JOG, Pallini A, Molina-Rugama AJ (2007) *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent

- of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different prey stage – host plant combinations. *Exp Appl Acarol* 41:27–36. <https://doi.org/10.1007/s10493-006-9041-2>
- Cortés E (2016) Perspectives on the intrinsic rate of population growth. *Methods Ecol Evol* 7:1136–1145. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12592>
- Croft BA, Van De Baan HE (1988) Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. *Exp Appl Acarol* 4:277-300. <https://doi.org/10.1007/BF01196191>
- Domingos CA, Oliveira LO, De Moraes EGF, Navia D, Moraes GJ, Gondim Jr MGC (2013) Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol* 60:83-93. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9625-y>
- Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Castilho RC (2021) Phytoseiidae Database. Available in: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae
- Fahim SF, Abdel-Khalek AA (2022) Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on two eriophyoid mites. *Persian J Acarol* 11(3):483–496. <https://doi.org/10.22073/pja.v11i3.73733>
- Forbes VE, Calow P (2002) Population growth rate as a basis for ecological risk assessment of toxic chemicals. *Phil Trans R Soc Lond* 357:1299–1306. <https://doi.org/10.1098/rstb.2002.1129>
- Fouly AH, About-Setia MM, Childers CC (1995) Effects of Diet on the Biology and Life Tables of *Typhlodromalus peregrinus* (Acari: Phytoseiidae). *Environ Entomol* 24(4):870–874. <https://doi.org/10.1093/ee/24.4.870>
- Fournier D, Millot P, Pralavorio M (1985) Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Entomol Exp Appl* 38:97-100. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03504.x>
- Freire RAF, Moraes GJ (2007) Mass production of the predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Acari: Laelapidae). *Syst Appl Acarol* 12:117–119. <https://doi.org/10.11158/saa.12.2.4>

- Flechtmann CH, Etienne J (2004) The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst Appl Acarol* 9:109-111. <https://doi.org/10.11158/saa.9.1.16>
- Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) *Mites (Acari) for pest control*. Blackwell Science Ltd
- Galvão AS, Gondim Jr MGC, De Moraes GJ, De Oliveira JV (2007) Biology of *Amblyseius largoensis* (MUMA) (Acari: Phytoseiidae), a potential predator of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriphyidae) on coconut trees. *Neotrop Entomol* 36:465-70. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000300016>
- Galvão AS, Gondim Jr MGC, De Moraes GJ, De Oliveira JV (2008) Thermal requirements and fertility life table of the *Amblyseius largoensis*. *Cienc Rural* 38:1817–1823. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000700003>
- Gondim Jr MGC, Castro TMMG, Marsaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, De Moraes GJ (2012) Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst Biodivers* 10:527–535. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.752415>
- Gotoh T, Tsuchiya A (2008) Food scarcity reduces female longevity of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 47:119–129. <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9215-1>
- Hoy MA, Peña J, Nguyen R (2007) Red Palm Mite, *Raoiella Indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae) Gainesville, Florida. <https://doi.org/10.32473/edis-in711-2010>
- Hoy MA (2012) Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. *Exp Appl acarol* 57:381-393. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9537-x>
- Ibrahim YB, Rahman RBA (1997) Influence of prey density and developmental stages on the predatory behavior of *Amblyseius longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *BioControl* 42:319–327. Hoy MA (2012) Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. *Exp Appl acarol* 57:381-393. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9537-x>

Janssen A, Fonseca MM, Marcossi I, Kalile MO, Cardoso AC, Walerius AH, Hanel A, Marques V, Ferla JJ, Farias V, Carbajal PAF, Pallini A (2022) Estimating intrinsic growth rates of arthropods from partial life tables using predatory mites as examples. *Exp Appl Acarol* 86:327–342.

<https://doi.org/10.1007/s10493-022-00701-2>

Janssen A, Sabelis MW (1992) Phytoseiid life-histories, local predator-prey dynamics, and strategies for control of tetranychid mites. *Exp Appl Acarol* 14:233-250. <https://doi.org/10.1007/BF01200566>

Ji J, Zhang YX, Lin JZ, Chen X, Sun L, Saito Y (2015) Life histories of three predatory mites feeding upon *Carpoglyphus lactis* (Acari, Phytoseiidae; Carpglyphidae). *Syst Appl Acarol* 20:491–496.

<https://doi.org/10.11158/saa.20.5.5>

Kamburov SS (1971) Feeding, Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* on various food substances. *J Econ Entomol* 64:643-648.

<https://doi.org/10.1093/jee/64.3.643>

Kitajima E, Chagas C, Rodrigues J (2003) Brevipalpus-transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopathology and some recent cases. *Exp Appl Acarol* 30:135–160 <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000006546.55305.e3>

Lawson-Balagbo LM, Gondim Jr MGC, de Moraes GJ, Hanna R, Schausberger P (2008) Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *B Entomol Res* 98:83–96. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005421>

Moya CAG, Gondim Jr MGC, De Moraes GJ, Fidelis EG (2018) Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Int J Acarol* 44:400-411.

<https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1530300>

Massaro M, Montrazi M, Melo JWS, de Moraes GJ (2021) Small-Scale Production of *Amblyseius tamatavensis* with *Thyreophagus cracentiseta* (Acari: Phytoseiidae, Acaridae). *Insects* 12:848.

<https://doi.org/10.3390/insects12100848>

- Mendes JA, Lima DB, Monteiro NV, Gondim Jr MGC, Melo JWS (2021) Phytoseiid mites in cashew trees: diversity and seasonality. *Int J Acarol* 47:339-345. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1908423>
- De Moraes GJ, De Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MGC, Sa LAND (2012) Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52:129–134. <https://doi.org/10.1051/acarologia/20122043>
- Massaro M, Martin JPI, De Moraes GJ (2016) Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. *Exp Appl Acarol* 70:411-420. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0087-5>
- McMurtry JA, Moraes GJD, Sourassou NF (2013) Revision of the lifestyles of Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Appl Acarol* 18:297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- Melo JWS, Lima DB, Staudacher H, Silva FR, Gondim MGC Jr, Sabelis MW (2015) Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agents of *Aceria guerreronis*. *Exp Appl Acarol* 67:411–421. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9963-7>
- Melo JWS, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS, Guzzo EC, De Souza IV, De Mendonça RS, Calvet EC, Paz Neto AA, Gondim Jr MGC, De Moraes EGF, Gody MS, Dos Santos JR, Silva RIR, Da Silva VB, Norte RF, Oliva AB, Dos Santos RDP, Domingos CA (2018) The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *Int J Acarol* 44:146-149. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>
- Momen FM, Nasr AK, Metwally AM, Mahmoud YA, Saleh KM (2016) Performance of five species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on *Bactrocera zonata* eggs (Diptera: Tephritidae) as a factitious food. *Acta Phytopathol Hun* 51:123–132. <https://doi.org/10.1556/038.51.2016.1.11>

Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim MGC Jr (2015) Ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela EF, Zucchi RA (eds) Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros. ESALQ/USP, Piracicaba, 418–452

Nguyen DT, Vangansbeke D, Lu X, De Clercq P (2012) Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *BioControl* 58:369–377. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9502-y>

Nguyen TV, Shih CT (2012) Life-table parameters of *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) and *Euseius ovalis* (Evans) (Acari: Phytoseiidae) feeding on six food sources. *Int J Acarol* 38:197–205.

<https://doi.org/10.1080/01647954.2011.632381>

Osakabe M, Uesugi R, Goka K (2010) Evolutionary Aspects of Acaricide-Resistance Development in Spider Mites. *Psyche* (Camb Mass)

<https://doi.org/10.1155/2009/947439>

Peña JE, Rodrigues JCV, Roda A, Carrillo D, Osborne LS (2009) Predatory prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Proceedings of the 2nd Meeting of IOBC/WPRS, Work Group Integrated Control of Plant Feeding Mites. Florence, Italy, 50:69-79

Ramakers PMJ, Van Lieburg MJ (1982) Start of commercial production and introduction of *Amblyseius mckenziei* Sch. & Pr. (Acarina: Phytoseiidae) for the control of *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in glasshouses. *Med Fac Landbouww Rijksuniv Gen* 47:541–545

Ramos-González PL, Chabi-Jesus C, Guerra-Peraza O, Tassi AD, Kitajima EW, Harakava R, Salaroli RB, Freitas-Astúa J (2017) Citrus leprosis virus N: A New Dichorhavirus Causing Citrus Leprosis Disease. *Phytopathol* 107: 963-976.

<https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-17-0042-R>

Rodrigues JCV, Kitajima EW, Childers CC, Chagas CM (2003) Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. *Exp Appl Acarol* 30:161–179.

<https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000006547.76802.6e>

Rodríguez H, Ramos M (2004) Biology and feeding behavior of *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) on *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). *Rev Proteccion Veg* 19:73–79

Rodríguez H, Montoya A, Miranda I, Rodríguez Y, Depestre TL, Ramos M, Badii-Zabeh MH (2015) Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) by the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Muma) on sheltered pepper production in Cuba. *Rev Proteccion Veg* 30:70-76.

Roy A, Hartung JS, Schneider WL, Shao J, Leon G, Melzer MJ, Beard JJ, OteroColina G, Bauchan GR, Ochoa R, Brlansky RH (2015) Role bending: complex relationships between viruses, hosts, and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. *Phytopathol* 105:1013–1025.

<https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0375-FI>

Sabelis MW (1985a) Life History: Development. In: Helle, W. & Sabelis, M.W. (Eds.) *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam 43–53

Sabelis MW (1985b) Life History: Reproduction. In: Helle, W. & Sabelis, M.W. (Eds.) *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam 73–82

Schliesske J (1981) Ueber die Technik der Massenanzucht von Raubmilben (Acari: Phytoseiidae) unter kontrollierten Bedingungen [On the technique for mass rearing of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) under controlled conditions]. *Med Fac Landbouww Rijksuniv Gent* 46:511–517

Schumacher SK, Marsh TL, Williams KA (2006) Optimal pest control in greenhouse production of ornamental crops. *Agr Econ* 34:39–50.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2006.00101.x>

Silva AB (1977) *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) attacking pepper (*Piper nigrum* L.) in the State of Para. *An Soc Entomol Bras* 6:136-137.

<https://doi.org/10.37486/0301-8059.v6i1.106>

Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu Rev Entomol* 48:505–519.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112621>

Sousa Neto EP, Filgueiras RMC, Mendes JA, Monteiro NV, Lima DB, Pallini A, Melo JWS (2021) A drought-tolerant *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) strain as a potential control agent of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Biol Control 159:104624.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104624>

Ullah MS, Gotoh T (2014) Life-table attributes of *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) feeding on five tetranychid mites (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Int J Acarol 40(4):337-348. <https://doi.org/10.1080/01647954.2014.920045>

Vangansbeke D, Duarte MVA, Pekas A, Wäckers F, Bolckmans K (2022) Mass production of predatory mites: state of the art and future challenges. In: Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., Shapiro-Ilan D.I. (Eds). Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens. Academic Press, Elsevier Inc, pp 195-232. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822106-8.00006-3>

Vantornhout I, Minnaert LT, Clercq P (2005) Influence of diet on life table parameters of *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). Exp Appl Acarol 35:183–195. <https://doi.org/10.1007/s10493-004-3940-x>