

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ACAROFAUNA EDÁFICA, COM ÊNFASE NOS MESOSTIGMATA, EM CULTIVOS
ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR, E ASPECTOS
BIOLÓGICOS DE *Rabdocarpais* (MESOSTIGMATA: PARASITIDAE)**

Me. Flávia Fagundes de Paula
Agrônoma

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ACAROFUNA EDÁFICA, COM ÊNFASE NOS MESOSTIGMATA, EM CULTIVOS
ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR, E ASPECTOS
BIOLÓGICOS DE *Rabdocarpais* (MESOSTIGMATA: PARASITIDAE)**

Discente: Flávia Fagundes de Paula

Orientador: Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Entomologia Agrícola).**

2021

P324a

Paula, Flávia Fagundes de

Acarofauna edáfica, com ênfase nos Mesostigmata, em cultivos orgânicos e convencionais de cana-de-açúcar, e aspectos biológicos de Rabdocarpais (Mesostigmata: Parasitidae) / Flávia Fagundes de Paula.

-- Jaboticabal, 2022

57 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Raphael de Campos Castilho

1. Ácaro de solo. 2. Diversidade. 3. Criação. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ACAROFAUNA EDÁFICA, COM ÊNFASE NOS MESOSTIGMATA, EM CULTIVOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR, E ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Rabdocarpais* (MESOSTIGMATA: PARASITIDAE)

AUTORA: FLÁVIA FAGUNDES DE PAULA

ORIENTADOR: RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Raphael C. Castilho

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

p/ Raphael C. Castilho

Prof. Dr. GILBERTO JOSÉ DE MORAES (Participação Virtual)
Departamento de Entomologia e Acarologia/ESALQ-USP / Piracicaba/SP

p/ Raphael C. Castilho

Pesquisador Dr. MÁRIO EIDI SATO (Participação Virtual)
Instituto Biológico de Campinas / Campinas/SP

p/ Raphael C. Castilho

Profa. Dra. GRAZIELLE FURTADO MOREIRA (Participação Virtual)
Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP) / Engenheiro Coelho/SP

p/ Raphael C. Castilho

Pós-doutoranda LETÍCIA HENRIQUE DE AZEVEDO PRADO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de novembro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Flávia Fagundes de Paula, nascida em Ibertioga, Minas Gerais, em 26 de dezembro de 1991. Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) em 2014. Em 2011, durante a Graduação, participou do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica – PIVIC/UFLA no Laboratório de Microbiologia do Solo, sob orientação da Dra. Fernanda de Carvalho. Foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Anatomia Vegetal sob orientação da Prof. Dra. Adriana Tiemi Nakamura em 2011/2012. Realizou estágios na EMBRAPA Arroz e Feijão, no Laboratório de Análise Enzimática do Solo sob supervisão do Dr. Adriano Nascente em 2013, e na Agroteste – Pesquisa e Desenvolvimento, Lavras, em 2014. Ainda em 2014, iniciou estágio no Laboratório de Controle Biológico de Pragas do Departamento de Entomologia da UFLA sob orientação da Prof. Dra. Brígida Souza. No período de 2015 a 2017 cursou Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia/UFLA, sob orientação da Prof. Dra. Brígida Souza. Em 2017 iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho, onde o projeto desenvolvido no Doutorado esteve vinculado ao Projeto Temático do Programa BIOTA da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo nº 2017/12004-1).

*“Quando não tinha nada, eu quis
Quando tudo era ausência, esperei
Quando tive frio, tremi
Quando tive coragem, liguei
Quando chegou carta, abri
Quando ouvi Prince, dancei
Quando o olho brilhou, entendi
Quando criei asas, voei. ”*

(Trecho “À Primeira Vista” – Chico César)

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao Sagrado que em tudo há, pela vida, oportunidades, proteção e guiança;

Agradeço à Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), câmpus de Jaboticabal, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) e ao Setor de Fitossanidade, por tornar possível a obtenção do título de Doutora;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por parte dos recursos utilizados no projeto. Esse projeto de Doutorado estava vinculado ao Projeto Temático “Ácaros edáficos: diversidade, relação com a microbiota e ecologia em áreas naturais e cultivadas no Brasil, com elaboração de bases de dados e chaves para identificação de grupos selecionados”, que faz parte do Programa BIOTA da FAPESP (Processo nº 2017/12004-1);

Ao Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho pela orientação, compreensão e apoio;

Ao Dr. Emiliano Brandão de Azevedo por todo auxílio no desenvolvimento do projeto, pela amizade e amparo;

A todos os colegas de laboratório pela parceria, troca, amizade, cafés, risadas e acolhimento;

À minha família pelo amor, apoio, acolhimento e incentivo;

Aos meus amigos pelo apoio, amor, incentivo e por não me deixar desistir. Sem vocês, talvez não teria chegado até aqui;

À minha psicóloga Luciana Falanga Leone, pelo suporte emocional e carinho além do âmbito profissional;

Ao Benedito, amigo mais presente, companhia nas madrugadas de estudo e avaliações, nas comemorações e chateações.

Gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
Referências.....	5
CAPÍTULO 2 – Acarofauna edáfica em agroecossistema canavieiro, com ênfase em Gamasina (Mesostigmata), sob influência de remanescentes de Mata Atlântica....	11
2.1. Introdução	12
2.2. Material e métodos.....	14
2.2.1. Áreas de coleta	14
2.2.2. Coleta e extração das amostras	15
2.2.3. Triagem e identificação.....	16
2.2.4. Análise dos dados.....	17
2.3. Resultados	17
2.3.1. Abundância dos ácaros edáficos	17
2.3.2. Diversidade e abundância de ácaros Gamasina	19
2.4. Discussão	26
2.5. Conclusões	28
Referências.....	29
CAPÍTULO 3 – Uma nova espécie de <i>Dendrolaelaps</i> Halbert (Mesostigmata: Digamasellidae) do Brasil.....	33
3.1. Introdução	34
3.2. Material e métodos.....	34
3.3. Resultados	35
CAPÍTULO 4 – Aspectos biológicos de <i>Rabdocarpais</i> sp. (Mesostigmata: Parasitidae) sobre diferentes presas.....	43
4.1. Introdução	44
4.2. Material e métodos.....	45
4.2.1. Obtenção e estabelecimento da criação do predador <i>Rabdocarpais</i> sp...45	
4.2.2. Obtenção e manutenção das colônias das presas	45
4.2.3. Potencial de predação de fêmeas <i>Rabdocarpais</i> sp. sobre diferentes presas.....	47
4.2.4. Aspectos biológicos de <i>Rabdocarpais</i> sp.	48

4.2.5. Análise estatística	49
4.3. Resultados	49
4.3.1. Capacidade predatória, oviposição e longevidade de fêmeas de <i>Rabdocarpais</i> sp. sobre diferentes presas.....	49
4.3.2. Aspectos da biologia de <i>Rabdocarpais</i> sp. alimentado com nematoide <i>Rhabditella axei</i>	50

ACAROFAUNA EDÁFICA, COM ÊNFASE NOS MESOSTIGMATA, EM CULTIVOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR, E ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Rabdocarpais* (MESOSTIGMATA: PARASITIDAE)

RESUMO – O bioma Mata Atlântica originalmente cobria mais da metade da área do estado de São Paulo, porém foi reduzido à fragmentos vegetais isolados. Neste estado se concentra o maior polo sucroalcooleiro do Brasil e uma das maiores reservas de Mata Atlântica. Ácaros da ordem Mesostigmata são conhecidos predadores de organismos de importância agrícola, porém sua diversidade e abundância são pouco conhecidas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, principalmente sob influência de fragmentos de vegetação nativa. A família Parasitidae contempla espécies de grande relevância para o controle biológico de pragas, porém nada se conhece de aspectos biológicos de ácaros do gênero *Rabdocarpais*. Os objetivos deste estudo foram investigar a acarofauna edáfica, com ênfase nos Mesostigmata, em plantio de cana-de-açúcar em sistemas de plantio orgânicos e convencionais e sob influência de remanescentes de Mata Atlântica no estado de São Paulo, descrever uma nova espécie de *Dendrolaelaps* (Mesostigmata) encontrada nas áreas de estudo, e conhecer determinados aspectos biológicos de uma espécie de *Rabdocarpais* sobre o ácaro *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Astigmatina: Acaridae), o nematoide de vida livre *Rhabditella axei* (Cobbold) (Nematoda: Rhabditidae) e a mosca-doméstica *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae), para otimizar a criação desse ácaro predador em laboratório. Para avaliação da diversidade e abundância de ácaros edáficos foram realizadas coletas de solo em Jaboticabal, São Paulo. Amostras indeformadas foram coletadas em quatro áreas de cana-de-açúcar, sob sistema de cultivo orgânico e convencional, próximas ou sem proximidade com fragmentos de Mata de Atlântica. Coletas foram realizadas também em uma área de pastagem e em fragmento de Mata de Atlântica. Uma espécie do gênero *Dendrolaelaps* (Digamasellidae) coletada em solo de pastagem foi descrita com base em sua morfologia. As áreas de vegetação natural e pastagem apresentaram a maior abundância e diversidade de ácaros Mesostigmata, coorte Gamasina. O sistema de cultivo orgânico e a proximidade com o fragmento de vegetação nativa influenciaram positivamente a abundância de ácaros Gamasina em áreas de plantio de cana-de-açúcar. A média de consumo diário de *Rabdocarpais* sp. foi de 32,3 ninfas de *T. putrescentiae*, e 24,2 ovos e 13,4 larvas de *M. domestica*. A oviposição média diária foi de 1,9, 8,5, 12,5, e 20,8 sobre ninfas de *T. putrescentiae*, ovos de *M. domestica*, L1 de *M. domestica* e *R. axei*, respectivamente. Na ausência de alimento a fêmea do predador não ovipositou e sobreviveu em média 4,1 dias.

Palavras chave: Biocontrole, biodiversidade, conservação, ecologia.

EDAPHIC ACAROFAUNA, WITH EMPHASIS ON MESOSTIGMATA, IN ORGANIC AND CONVENTIONAL SUGARCANE CROPS, AND BIOLOGICAL ASPECTS OF *Rabdocarpais* (MESOSTIGMATA: PARASITIDAE)

ABSTRACT – The Atlantic Forest biome originally covered more than half the area of the state of São Paulo, but has been reduced to isolated plant fragments. This state is the largest sugar and alcohol hub in Brazil and one of the largest reserves in the Atlantic Forest. Mites of the order Mesostigmata are known predators of organisms of agricultural importance, but their diversity and abundance is little known in areas cultivated with sugarcane, mainly under the influence of fragments of native vegetation. The Parasitidae family includes species of great relevance for the biological control of pests, a species of the genus *Rabdocarpais* collected from sugarcane seedlings showed remarkable ability as a predator, however there are no references in the literature about the predatory capacity and biological aspects of species of the gender. The objectives of this study were to investigate the edaphic mite, with emphasis on the Gamasina cohort, in sugarcane planting in organic and conventional planting systems and under the influence of Atlantic Forest remnants in the state of São Paulo, to describe a new species Mesostigmata found in the study areas, to know the biological aspects of the *Rabdocarpais* sp. fed on *Rhabditella axei* (Cobbold) (Nematoda: Rhabditidae), to determine the predation potential, oviposition and longevity of females of *Rabdocarpais* sp. on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Astigmata: Acaridae), *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) and *R. axei*. To evaluate the diversity and abundance of soil mites, soil samples were taken in Jaboticabal, São Paulo. Undisturbed samples were collected in four sugarcane areas, under organic and conventional cultivation systems and close or not close to fragments of the Atlantic Forest. Collections were also carried out in a pasture area and in the Atlantic Forest fragment. A species of the genus *Dendrolaelaps* (Digamasellidae) collected in pasture soil was described based on its morphology. The evaluation of biological aspects was carried out from the individualization of 60 eggs of *Rabdocarpais* sp. To assess the predatory capacity, oviposition and longevity, an adult female of the predator was used on *T. putrescentiae* nymphs, eggs and first instar larvae of *M. domestica* and *R. axei* in all their developmental stages. The areas of natural vegetation and pasture showed the greatest abundance and diversity of Mesostigmata mites, Gamasina cohort. The organic cultivation system and the proximity to the native vegetation fragment positively influenced the abundance of Gamasina mites in sugarcane plantation areas. The development period from egg to adult of *Rabdocarpais* sp. was similar to other species in the family. The highest predation rate was obtained on *T. putrescentiae*, oviposition on *R. axei* and the greatest longevity on *T. putrescentiae* and L1 of *M. domestica*.

Key words: Biocontrol, biodiversity, conservation, ecology

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

A cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), figura entre os mais importantes cultivos agrícolas, sendo cultivada em mais de 100 países, distribuídos em todos os continentes, exceto Antártida (FAO, 2021). Embora sua utilização mais expressiva, economicamente, seja para a produção de açúcar e álcool, a cana-de-açúcar também é matéria prima para a fabricação de produtos secundários, como aguardente, melado e rapadura. A cana-de-açúcar é também empregada na alimentação animal, como forragem, e ainda, os seus resíduos podem ser utilizados como fertilizantes e até para geração de energia elétrica.

O Brasil se destaca em âmbito global como o maior produtor de cana-de-açúcar. No País, o estado de São Paulo concentra o maior polo sucroalcooleiro, contribuindo com 54% da produção nacional, e os estados de Goiás e Minas Gerais aparecem no ranking como segundo e terceiro maiores produtores, respectivamente (FAO, 2021; CONAB, 2021).

O cultivo de cana-de-açúcar, introduzida em 1530 no Brasil e destinada à produção de açúcar, levou à constituição de um modelo de produção de monoculturas. Mais tarde, a Revolução Verde, caracterizada pela predominância de cultivos contínuos de produtos com grande rentabilidade, e por avanços na mecanização agrícola, contribuiu para a consolidação da monocultura da cana-de-açúcar, não só no Brasil, mas também em outros países (Silva e Martins, 2010; Pádua, 2013). No entanto, a implementação de monoculturas extensivas implica em extrema simplificação do ambiente, por consequência, a expansão da agricultura e a fragmentação dos habitats são considerados as principais causas da perda de biodiversidade (Philpott et al., 2008). A redução da diversidade de espécies, por sua vez, afeta processos ecológicos naturais do ambiente, resultando, por exemplo, na redução de serviços ecossistêmicos economicamente importantes que os organismos fornecem, como a polinização de culturas e o controle de artrópodes pragas (Cardinale et al., 2012).

A manutenção de fragmentos de vegetação nativa no entorno de agroecossistemas é considerada uma das medidas mais eficazes para manter a diversidade de artrópodes em paisagens agrícolas (Tscharntke et al., 2007; Attwood

et al., 2008; Gheler-Costa et al., 2012). Esses fragmentos fornecem recursos como hospedeiros ou presas alternativas, alimento suplementar, água, abrigo e microclima favorável para inimigos naturais (Bradford et al., 2010). Logo, predadores e parasitoides podem migrar de habitats naturais adjacentes para a cultura agrícola, contribuindo, dessa forma, na supressão das pragas (Altieri et al., 2003; Bianchi et al., 2015).

A invasão sazonal de inimigos naturais em habitats anualmente perturbados pode ser o resultado de adaptações evolutivas, em função da variabilidade do ecossistema agrícola durante milhares de anos de cultivo. Embora alguns estudos demonstrem a importância da vegetação nativa para sustentar populações de inimigos naturais, majoritariamente se referem a insetos parasitoides (Bianchi et al., 2008; Thomson e Hoffmann, 2009; Letourneau et al., 2012; Macfadyen e Muller, 2013; Gaigher et al., 2015; Ceolin Bortolotto et al., 2016; Dall'Oglio et al., 2016) e foram realizados no hemisfério norte, apontando a escassez dessas informações para a região neotropical (Ceolin Bortolotto et al., 2016). Além disso, os efeitos de fragmentos de vegetação na biodiversidade da matriz circundante podem variar entre paisagens (Tscharntke et al., 2005), desse modo, informações a respeito podem fornecer uma perspectiva de seu significado na conservação da paisagem local (Cunningham et al., 2013).

O sistema de cultivo da cana-de-açúcar também pode ter grande influência na biodiversidade do agroecossistema, Borges et al., (2019) demonstraram que técnicas de manejo adotadas no sistema de produção orgânica de cana-de-açúcar melhora os atributos do solo, aumentando o teor de carbono orgânico no solo e potencializa a propriedades físicas que favorecem a infiltração e retenção da água, dessa forma afetando o ecossistema edáfico. De acordo com Dotaniya et al. (2016), o cultivo orgânico se caracteriza por promover maior biodiversidade da microbiota e da fauna do solo, melhorar a fertilidade e manter o controle biológico de pragas.

No estado de São Paulo apenas 13% do território ainda é coberto por remanescentes de seus biomas originais, Mata Atlântica e Cerrado (Ribeiro et al., 2009). A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade do planeta, considerada um *hotspot* mundial, abrigando mais de 5% das espécies de vertebrados, sem contar insetos e outros animais invertebrados, e cerca de 5% da

flora mundial, com um grande número de espécies endêmicas. Apesar disso, é também um dos biomas mais ameaçados pela antropização, sendo reduzido a pouco mais de 12% da sua área original, e no Brasil mais de 60% dos animais ameaçados de extinção ocorrem na área da Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2021).

O conhecimento da diversidade biológica de determinado bioma é de grande importância, entretanto, em estudos de levantamento são priorizadas espécies presentes na superfície terrestre em detrimento daquelas de ambiente edáfico, principalmente artrópodes. Os solos e suas propriedades físicas, químicas e biológicas são a base para os cultivos agrícolas.

Dentre os organismos mais abundantes no solo, os ácaros edáficos podem representar cerca de 50% (Plowan, 1979; Adis, 1987, 1988), embora constituem um grupo de artrópodes pouco explorado, sobretudo em regiões tropicais. Os ácaros de solo exercem um importante papel ecológico, atuando na decomposição e ciclagem de nutrientes, bem como na formação da estrutura do solo. Inclusive, alguns gêneros são considerados bons indicadores de habitat e condição do solo. Além de espécies saprófagas, os ácaros edáficos têm representantes fungívoros, fitófagos, parasitas e predadores de organismos de importância agrícola (Dhooria, 2016).

Estima-se que exista mais de um milhão de espécies de ácaros no mundo (Walter e Proctor, 2013; Skoracka et al., 2015) e a grande maioria destas habitando o solo. Embora alguns estudos abrangendo o levantamento da acarofauna edáfica no bioma Mata Atlântica tenham sido desenvolvidos (Silva et al., 2004; Duarte, 2013; Junqueira, 2017; Muñoz Marticorena, 2017; Silva, 2020; Azevedo, 2021), dada a amplitude do número de espécies existentes, esse conhecimento ainda é incipiente. Além disso, são limitadas as informações a respeito da contribuição de remanescentes de vegetação nativa no entorno de cultivos agrícolas na diversidade e abundância de ácaros (Demite e Feres, 2005; Duarte et al., 2015). Mais informações são necessárias, dessa forma, sendo condizente com o crescente interesse mundial, que almeja por estratégias de manejo e conservação dos habitats, com a finalidade de restaurar a biodiversidade em paisagens agrícolas e, como consequência, fortalecer o potencial de biocontrole natural (Gurr et al., 2012),

bem como, possibilitar a prospecção de inimigos naturais a serem empregados no controle biológico de pragas.

A contribuição dos ácaros edáficos para o controle biológico de pragas tem se ampliado lentamente ao longo dos últimos anos a medida que as pesquisas avançam. A ordem Mesostigmata é a mais conhecida e estudada entre os ácaros predadores. Dentre os Mesostigmata edáficos, cinco espécies da família Laelapidae [*Androlaelaps casalis* Berlese, *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), *Gaeolaelaps gillespiei* Beaulieu, *Stratiolaelaps miles* (Berlese) e *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley)], uma da família Macrochelidae [*Macrocheles robustulus* (Berlese)] e uma da família Parasitidae [*Pergamasus quisquiliarum* (Canestrini)] são comercializadas para o controle de pragas e parasitos ao redor do mundo (Van Lenteren, 2012; Moreira e Moraes, 2015; Azevedo et al., 2015; Van Lenteren et al., 2018). Dentre essas, apenas *S. scimitus* é comercializada no Brasil, visando principalmente o controle de ovos e larvas de moscas Sciaridae (Diptera) (Castilho et al., 2019).

Diversas outras espécies das famílias Ascidae, Blattisociidae, Laelapidae, Macrochelidae, Parasitidae e Rhodacaridae, são apontadas como potenciais predadores de pragas agrícolas de diferentes táxons (Azevedo et al., 2015; Castilho et al. 2015; Moraes et al., 2015; Moreira e Moraes, 2015). Como exemplo podemos citar os ácaros da família Parasitidae que se alimentam de pequenos artrópodes e nematoides, habitam solos cultivados ou não, além de excrementos de animais (Costa, 1969; Castilho et al., 2015).

Dentre os Parasitidae, dois gêneros se destacam na predação de organismos de importância agrícola, *Pergamasus* e *Parasitus*. Como mencionado anteriormente, a espécie *P. quisquiliarum* já é utilizada no controle biológico, sendo comercializada na Europa para o controle do sínfilo *Scutigerella immaculata* (Newport) (Symphyla: Scutigerellidae), uma praga de solo que ataca plantas ornamentais e diferentes culturas, como soja, milho e arroz, inclusive no Brasil (Loureiro e Galvão, 1970; Gerson et al., 2003; Van Lenteren, 2012). Além dessa, a espécie *Pergamasus longicornis* Berlese é apontada como promissora por afetar a dinâmica populacional de colêmbolos pragas (Harris e Usher, 1978).

Referente ao gênero *Parasitus*, o predador *Parasitus fimetorum* (Berlese) é eficiente na redução da população do ácaro do bulbo *Rhizoglyphus robini* Claparède (Astigmatina: Acaridae), e do nematoide das galhas *Meloidogyne javanica* (Treb) (Nematoda: Heteroderidae) em casa de vegetação (Heikal, 2020). Outro predador do gênero que se destaca é *Parasitus bituberosus* Karg, apresentando grande potencial na predação das pragas de cogumelos *Heteropeza pygmaea* Winnertz (Diptera: Cecidomyiidae) e de larvas de *Lycoriella solani* Winnertz (Diptera: Sciaridae). Esta última teve redução de metade da sua população por *P. bituberosus*, compatível com a atenuação de 50% das perdas de cogumelos, além disso, a ação do predador promoveu incremento de 18% na produção (Al-Amidi et al., 1991). Estudos apontam *P. bituberosus* como um promissor agente de controle biológico do tripses *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) e de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), caso estejam disponíveis ou sejam fornecidas presas alternativas para o imaturo do predador (Rueda-Ramírez et al., 2019; Castro-López et al., 2021).

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: (i) investigar a acarofauna edáfica, com ênfase nos Mesostigmata, em agroecossistema canavieiro sob influência de remanescentes de Mata Atlântica no estado de São Paulo; (ii) comparar a diversidade e abundância dos ácaros edáficos, com ênfase nos Mesostigmata, em cultivo de cana-de-açúcar sob sistema de plantio orgânico e convencional; (iii) descrever uma nova espécie de Mesostigmata encontrada nas áreas de estudo; (iv) conhecer os aspectos biológicos da espécie *Rabdocarpais* sp. (Mesostigmata: Parasitidae); (v) determinar o potencial de predação, oviposição e longevidade de fêmeas de *Rabdocarpais* sp. sobre *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Astigmata: Acaridae), *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) e *Rhabditella axei* (Cobbold) (Nematoda: Rhabditidae)

Referências

Adis J (1987) Vertical distribution and abundance of arthropods in the soil of a neotropical secondary forest during the rainy season. **Journal of Tropical Ecology** 22:189-197.

Adis J (1988) On the abundance and diversity of terrestrial arthropods in Central Amazonian dryland forests. **Journal of Tropical Ecology** 4:19-24.

Al-Amidi AHK, Dunne R, Downes MJ (1991) *Parasitus bituberosus* (Acari: Parasitidae): an agent for control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) in mushroom crops **Experimental and Applied Acarology** 11:159-66.

Altieri MA, Silva EM, Nicholls CI (2003) **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 226 p.

Attwood SJ, Maron M, House APN, Zammit C. (2008) Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? **Global Ecology and Biogeography** 17(5):585-599.

Azevedo LH, Emberson RM, Esteca FCN, Moraes GJ (2015) Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 103-132.

Azevedo EB (2021) **Efeito dos cultivos agrícolas na diversidade de ácaros predadores Mesostigmata e prospecção para uso no controle biológico**. 102f. Tese [Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Bianchi FJJA, Goedhart PW, Baveco JM (2008) Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. **Landscape Ecology** 23(5):595-602.

Bianchi FJJA, Walters BJ, ten Hove ALT, Cunningham SA, Van der Werf W, Douma JC, Schellhorn N A (2015) Early-season crop colonization by parasitoids is associated with native vegetation, but is spatially and temporally erratic. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 207:10-16.

Borges LDAB, Ramos MLG, Fernandes PM, Carneiro MAC, Silva AMM (2019). Organic cultivation of sugarcane restores soil organic carbon and nitrogen. **Organic Agriculture** 9(4): 435-444.

Bradford MA, DeVore JL, Maerz JC, McHugh JV, Smith CL, Strickland MS (2010) Native, insect herbivore communities derive a significant proportion of their carbon from a widespread invader of forest understories. **Biological Invasions** 12(4): 721–724.

Cardinale BJ, Duffy JE et al. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature** 486(7401):59.

Castilho RC, Venancio R, Narita JPZ (2015) Mesostigmata as biological control agents, with emphasis on Rhodacaroidea and Parasitoidea. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 1-31.

Castilho RC, Azevedo EB, Paula FF, Prado TJ, Barros ARA, Azevedo LH (2019) Ácaros predadores: uso no controle biológico de pragas e parasitos. In: Castilho, R.C.; Rezende, G.F.; Nascimento, J.; Rossi, G.D. (Eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola- XII**. Multipress: Jaboticabal. pp. 117-136.

Castro-López A, Ramírez-Godoy A, Osorio W, Rueda-Ramírez D (2021) Predation and oviposition rates of *Gaeolaelaps aculeifer* and *Parasitus bituberosus* (Acari: Laelapidae and Parasitidae) on pre-pupae/pupae of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). **Acarologia** 61(2):394-402.

Ceolin Bortolotto O, Menezes Jr AO, Thibes Hoshino A, Reis Medeiros H (2016). Influence of distance from adjacent forest fragments on aphids (Hemiptera: Aphididae) parasitoidism in wheat fields in Parana State, Brazil. **Revista Colombiana de Entomología** 42(1):1-3.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

Costa M (1969) The associations between mesostigmatic mites and coprid beetles. **Acarologia** 11:411–428.

Cunningham SA, Attwood SJ et al. (2013) To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 173:20-27.

Dall'Oglio OT, Ribeiro RC et al. (2016) Can the understory affect the hymenoptera parasitoids in a eucalyptus plantation? **PloS one** 11(3): e0151165.

Demite, PR, Feres RJ (2005). Influência de vegetação vizinha na distribuição de ácaros em seringal (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Euphorbiaceae) em São José do Rio Preto, SP. **Neotropical Entomology** 34(5): 829-836.

Dhooria, MS (2016) **Fundamentals of Applied Acarology**. Singapore: Springer. pp. 197-206.

Dotaniya ML, Datta SC, Biswas DR, Dotaniya CK, Meena BL, Rajendiran S, Regar KL, Lata M (2016) Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International journal of recycling organic waste in agriculture** 5:185–194.

Duarte ME (2013) **Acarofauna plantícola e edáfica da cultura da cana-de-açúcar e de cabotã, em área de Mata Atlântica no Estado de Alagoas, Brasil**. 97f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

Duarte ME, Navia D, Dos Santos LR, Rideiqui PJ, Silva ES (2015). Mites associated with sugarcane crop and with native trees from adjacent Atlantic forest fragment in Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 66(4): 529-540.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production data for sugar cane (2021). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

Gaigher R, Pryke JS, Samwaus MJ (2015) High parasitoid diversity in remnant natural vegetation, but limited spillover into the agricultural matrix in South African vineyard agroecosystems. **Biological Conservation** 186:69-74.

Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) **Mites for pest control**. Oxford: Blackwell Science. 539 p.

Gheler-Costa C, Vettorazzi CA, Pardini R, Verdade LM (2012) The distribution and abundance of small mammals in agroecosystems of Southeastern Brazil. **Mammalia** 76:185-191.

Gurr GM, Wratten SD, Snyder WE (Eds.) (2012) **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. Chichester: Wiley Blackwell. 347 p.

Harris JRW, Usher MB (1978) Laboratory studies of predation by the grassland mite *Pergamasus longicornis* Berlese and their possible implications for the dynamics of populations of Collembola. **The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society** 6:143–53.

Heikal HM (2020). *Parasitus fimetorum* and *Macrocheles muscaedomesticae* (Acarina: Parasitidae, Macrochelidae) as natural predators of the root knot nematode, *Meloidogyne javanica* Treub. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30(1):1-7.

Junqueira BR (2017) **Diversidade de ácaros edáficos em um fragmento de Mata Atlântica e três cultivos agrícolas, em Jaboticabal/SP, com ênfase nos Gamasina (Mesostigmata)**. 63f. Dissertação [Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Lesna I, Sabelis MW, Bolland HR, Conijn CGM (1995) Candidate natural enemies for control of *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata) in lily bulbs: exploration in the field and pre-selection in the laboratory. **Experimental and Applied Acarology** 19:655-669.

Letourneau DK, Bothwell Allen SG, Stireman IIIJO (2012) Perennial habitat fragments, parasitoid diversity and parasitism in ephemeral crops. **Journal of Applied Ecology** 49(6):1405-1416.

Loureiro MC, Galvão JD (1970) Nota sobre *Hanseniella* sp. (Symphyla) praga de arroz (*Oryza sativa* L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Ceres** 17:86-90.

Macfadyen S, Muller W (2013) Edges in agricultural landscapes: species interactions and movement of natural enemies. **PloS one** 8(3): e59659.

Moraes GJ, Venancio R, Santos VLV, Paschoal AD (2015) Potential of Ascidae, Blattisociidae and Melicharidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents of pest organisms. In: Carrillo, D.; Moraes, G.J.; Peña, J.E. (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 33-75.

Moreira GF, Moraes GJ (2015) The potential of free-living laelapid Mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agents. In: Carrillo, D.; Moraes, G.J.; Peña, J.E. (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 77-102.

Muñoz Marticorena JLM (2017) **Alteration of the faunistic composition of edafic mites according to land use in the central-southern region of Brazil**. 196f. Tese [Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Pádua JA (2013) O amargo avanço da doçura. **Revista de História da Biblioteca Nacional** 8(94):18-23.

Philpott SM, Arendt WJ et al. (2008) Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. **Conservation Biology** 22(5):1093-1105.

Plowman KP (1979) Litter and soil fauna of two Australian subtropical forest. **Journal of Animal Ecology** 4:47-104.

Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142(6):1141-1153.

Rueda-Ramírez D, Rios-Malaver D, Varela-Ramírez A, Moraes GJ (2019). Biology and predation capacity of *Parasitus bituberosus* (Acari: Mesostigmata: Parasitidae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), and free-living nematodes as its complementary prey. **Pest Management Science** 75(7):1819-1830.

Silva ES, Moraes GJ, Krantz GW (2004) Diversity of edaphic rhodacaroid mites (Acari: Mesostigmata: Rhodacaroidea) in natural ecosystems in the State of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology** 33:547-555.

Silva MAM, Martins RC (2010) A degradação social do trabalho e da natureza no contexto da monocultura canavieira paulista. **Sociologias** 12(24):196-240.

Silva VB (2020) **Ácaros e nematoides edáficos no estado de São Paulo: diversidade e aplicações em programas de controle biológico**. 56f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOS Mata Atlântica (2021). Disponível em: < <https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2021.

Skoracka A, Magalhães S, Rector BG, Kuczyński L (2015). Cryptic speciation in the Acari: a function of species lifestyles or our ability to separate species? **Experimental and Applied Acarology** 67:165-182.

Thomson LJ, Hoffmann AA (2009) Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. **Biological Control** 49(3):259-269.

Tscharntke T, Rand TA, Bianchi FJ (2005) The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop—noncrop interface. In **Annales Zoologici Fennici** (pp. 421-432). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Tscharntke T, Bommarco R et al. (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. **Biological Control** 43(3):294-309.

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

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

Walter DE, Proctor HC (2013) **Mites-ecology, evolution and behaviour: life at a microscale**. 2nd ed. Springer: The Netherlands. 494 p.

CAPÍTULO 2 – Acarofauna edáfica em agroecossistema canavieiro, com ênfase em Gamasina (Mesostigmata), sob influência de remanescentes de Mata Atlântica

RESUMO – O estado de São Paulo concentra o maior polo sucroalcooleiro do Brasil, é também um dos estados com as maiores reservas de Mata Atlântica. A manutenção de fragmentos de vegetação nativa no entorno de agroecossistemas é uma importante ferramenta na sustentação da diversidade de artrópodes benéficos em paisagens agrícolas. Ácaros Mesostigmata são conhecidos predadores de organismos de importância agrícola, com diversos representantes comercializados para atuação no controle biológico de pragas, entretanto, a diversidade e abundância destes ácaros em agroecossistema canavieiro é pouco conhecida e estudada, principalmente sob influência de fragmentos de vegetação nativa. O objetivo deste estudo foi analisar a diversidade e abundância de ácaros edáficos com ênfase na ordem Mesostigmata, em cultivos de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional e orgânico, sob influência de pequenos fragmentos de Mata Atlântica, e também em uma área de pastagem e em fragmento de vegetação natural. O trabalho foi conduzido na cidade de Jaboticabal, estado de São Paulo, Brasil. Amostras indeformadas de solo e serapilheira foram retiradas aproximadamente a cada dois meses, durante um ano, em quatro áreas de cana-de-açúcar, duas delas próximas a um fragmento de vegetação nativa, sendo um cultivo sob sistema convencional e um sob sistema orgânico, e as outras duas áreas, sem proximidade com fragmento de vegetação natural, com cultivos também sob sistema convencional e orgânico. Coletas foram realizadas também em uma área de pastagem e no fragmento de Mata de Atlântica próximo aos cultivos de cana-de-açúcar. Foram distinguidas 60 morfoespécies, distribuídas em 31 gêneros e 13 famílias. A área de vegetação natural apresentou maior diversidade e abundância de ácaros, seguida pela pastagem. A abundância das áreas de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico, próxima e sem proximidade com o fragmento de vegetação natural, e a área de cana sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação nativa, não diferiram estatisticamente entre si. As famílias Ascidae e Rhodacaridae foram as mais abundantes, Laelapidae a mais diversa. O sistema de cultivo orgânico e a proximidade com o fragmento de vegetação natural tiveram efeito positivo sobre a abundância de ácaros Gamasina.

Palavras chave: Ácaros de solo, biodiversidade, ecologia, preservação

2.1. Introdução

O bioma Mata Atlântica é considerado um *hotspot* mundial, com grande número de espécies animais e vegetais endêmicas. A Mata Atlântica originalmente cobria uma área de 1.2 milhões km², que se estendiam ao longo da América do Sul, abrangendo o Brasil, Argentina e Paraguai. No entanto, em 2021, apenas 12,4% da cobertura florestal nativa original ainda resiste, principalmente a partir de pequenos fragmentos vegetais isolados. No Brasil, a Mata Atlântica está presente em 17 estados, e São Paulo apresenta uma das maiores reservas (Olson et al., 2001; SOS Mata Atlântica, 2021).

A antropização, evidentemente, é o principal agente de redução das áreas de Mata Atlântica, sendo a abertura de áreas agrícolas uma das mais impactantes. Neste contexto, o cultivo da cana-de-açúcar foi o pioneiro, sendo iniciado em 1530 e impulsionando a implementação de monoculturas extensivas (Pádua, 2013). Séculos depois, o Brasil ainda apresenta estreita relação com a cultura, pois é o maior produtor de cana-de-açúcar, contribuindo com cerca de 38% da produção mundial. O estado de São Paulo é o maior polo sucroalcooleiro do País, responde por mais da metade da produção nacional, e os estados de Goiás e Minas Gerais aparecem no ranking como segundo e terceiro maiores produtores, respectivamente (FAO, 2021; CONAB, 2021).

A aplicação do modelo de produção baseado em monoculturas extensivas acarreta, conseqüentemente, em maior fragmentação dos habitats, resultando numa ostensiva perda de biodiversidade (Philpott et al., 2008). Por outro lado, a manutenção de fragmentos de vegetação nativa no entorno de agroecossistemas aparece como uma das alternativas mais efetivas para manter a diversidade de artrópodes em paisagens agrícolas e sustentar alguns serviços ecossistêmicos economicamente importantes desempenhados por esses organismos, como a polinização de culturas e controle de artrópodes-praga (Tschamtkke et al., 2007; Attwood et al., 2008; Cardinale et al., 2012; Gheler-Costa et al., 2012). Neste cenário, o sistema de cultivo também pode exercer significativa influência sobre a biodiversidade do agroecossistema, estudos têm demonstrado que as técnicas de manejo adotadas no sistema de produção orgânico além de promover aumentos na

matéria orgânica do solo, melhorar a funcionalidade do ecossistema (Mäder et al. 2002; Mondelaers et al. 2009; Borges et al. 2014), propicia maior diversidade da microbiota e da fauna edáfica (Dotaniya et al. 2016).

Dada a relevância ecológica, econômica e social da Mata Atlântica e a intensificação dos esforços para sua proteção, o estudo da diversidade de espécies animais e vegetais desse bioma é bem explorada. Entretanto, no que tange os artrópodes, em especial a acarofauna edáfica, o conhecimento da biodiversidade é ainda incipiente (Silva et al., 2004; Duarte, 2013; Junqueira, 2017; Muñoz Marticorena, 2017; Silva, 2020; Azevedo, 2021).

Os artrópodes do solo desempenham um papel crítico na teia alimentar desse ambiente, portanto, servem como uma ferramenta de monitoramento útil para a intervenção biológica e o funcionamento eficaz do ecossistema do solo. No ambiente edáfico, os ácaros estão entre os organismos mais abundantes (Plowan, 1979; Adis, 1987, 1988), e aqueles da subordem Oribatida (ordem Trombidiformes) geralmente são a maioria, principalmente em áreas de vegetação natural. A ordem Mesostigmata frequentemente aparece como o segundo grupo de ácaros mais abundante em ambiente edáfico (Krantz e Walter, 2009).

Ácaros Mesostigmata são importantes predadores de organismos pragas e parasitos, e sua aplicação comercial aparece entre os treze maiores programas de controle biológico aumentativo no mundo. Dentre as 52 espécies de ácaros predadores comercializados mundialmente, sete são de ácaros edáficos, onde cinco pertencem à família Laelapidae, uma à família Macrochelidae e uma espécie representante da família Parasitidae (Van Lenteren et al., 2012; Van Lenteren et al., 2018). Mais espécies pertencentes às famílias citadas anteriormente, bem como outras integrantes da superfamília Rhodacaroidea e das famílias Ascidae e Blattisociidae são apontadas como promissoras agentes de controle biológico de organismos pragas (Gerson et al., 2003; Castilho et al., 2009; Britto et al., 2012; Azevedo et al., 2015; Castilho et al. 2015; Moraes et al., 2015; Moreira e Moraes, 2015).

As famílias de ácaros aqui mencionadas foram relatadas em cultivos de cana-de-açúcar na Austrália e no Brasil, nos estados de Alagoas, Goiás e São Paulo (Duarte, 2013; Muñoz Marticorena, 2017; Walter e Stirling, 2018; Silva, 2020), com

destaque para oito e seis novas espécies para a ciência evidenciados nos trabalhos de Muñoz Marticorena (2017) e Silva (2020), respectivamente. Haja vista o número significativo de novas espécies encontradas em apenas dois estudos e a escassez de informações sobre a acarofauna edáfica na cultura no Brasil, faz-se necessário mais investigações a respeito, principalmente verificando efeitos de fragmentos de áreas naturais no entorno dos cultivos, e a diferença entre o manejo orgânico e convencional da cultura.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de fragmentos de vegetação nativa sobre a diversidade e abundância da acarofauna edáfica, com ênfase nos Mesostigmata, em agroecossistema canavieiro, bem como investigar o impacto dos sistemas de cultivo orgânico e convencional sobre a população destes ácaros.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Áreas de coleta

O estudo foi desenvolvido na Fazenda São José, no município de Jaboticabal, estado de São Paulo. Para tal, seis áreas foram selecionadas, sendo uma coberta por um fragmento de Mata Atlântica, outras quatro compostas por cultivo de cana-de-açúcar, definidas com base na proximidade do fragmento de vegetação nativa e no sistema de plantio orgânico e convencional, além de uma coberta por pastagem.

A área de vegetação natural (latitude: 21°10'39" e longitude: 48°14'23") apresentava 1,7 hectares, e foi identificada pela sigla "VN". Em relação as áreas com cultivo de cana-de-açúcar, a área 1 (latitude: 21°11'56" e longitude: 48°14'33") correspondeu a cultivar CTC-04 sob sistema de cultivo convencional, sem proximidade com fragmentos de vegetação nativa, identificada como "CCa"; a área 2 (latitude: 21°10'42" e longitude: 48°15'12") identificada como "CCb", também correspondeu a cultivar CTC-04 sob sistema de cultivo convencional, entretanto existia um pequeno fragmento remanescente de vegetação natural (3267 m²) no interior do talhão e próximo a borda, cerca de 10 m, havia outro fragmento de vegetação nativa; a área 3 (latitude: 21°11'03" e longitude: 48°14'41") se refere a cultivar RB85-5453 sob sistema de cultivo orgânico, sem proximidade com

fragmento de vegetação nativa, identificada como “COa”; e por fim, a quarta área de coleta (latitude: 21°10'43” e longitude: 48°14'29”) corresponde a cultivar RB85-5453 sob sistema de cultivo orgânico, com distância de cerca de 10 m do fragmento de Mata Atlântica, identificada como “COb”; a pastagem (latitude: 21°11'34” e longitude: 48°14'32”) era formada por Tifton 78, correspondeu a uma área de 4443,5 m² e foi identificada no estudo pela sigla “PS”. No período de coleta não havia presença de animais na pastagem, embora, a partir de informações do proprietário, esporadicamente cavalos eram liberados na área.



Figura 1. Áreas de coleta. Imagens: Google Earth

2.2.2. Coleta e extração das amostras

Foram realizadas seis coletas de serapilheira/solo, aproximadamente a cada dois meses, em um período de um ano (novembro de 2018 a novembro de 2019). Em cada uma das áreas e em cada data de coleta foram escolhidos aleatoriamente 16 pontos amostrais. As amostras de serapilheira/solo para extração de ácaros edáficos foram retiradas com auxílio de um cilindro metálico (5 cm de altura x 9 cm

de diâmetro), colocadas em saco plástico e, posteriormente, acondicionadas em caixa de isopor com Gelo-x ®, com temperatura no interior da caixa entre 12 e 21 °C, para transporte ao laboratório. Todo o material coletado foi levado ao Setor de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal/SP.

Em laboratório, as amostras coletadas foram imediatamente acomodadas no equipamento do tipo Berlese-Tulgren modificado para extração. O equipamento é composto por uma caixa de madeira (130x70x51 cm) dividida em compartimentos por duas placas também de madeira. O compartimento superior contém as amostras e as fontes de luz e calor, enquanto o compartimento inferior contém os funis de polietileno e os frascos de vidro com uma solução de álcool (70%), onde os ácaros são recolhidos.

As amostras permaneceram no coletor por no mínimo sete dias, para atingir a temperatura máxima desejada. No primeiro dia, as lâmpadas incandescentes não foram acionadas, e a partir do segundo dia, a temperatura foi aumentada gradativamente através da elevação da intensidade das luzes, de forma a permitir um acréscimo diário de temperatura (cerca de 5°C), até atingir 50°C. A combinação de luz, calor e baixa umidade relativa no compartimento superior desencadeia a migração dos ácaros das camadas superiores para as inferiores da amostra, assim, os ácaros e demais artrópodes caem nos funis, que os direcionam aos frascos com solução de álcool 70%.

2.2.3. Triagem e identificação

O material coletado em cada frasco na extração foi transferido para placa de Petri para observação sob estereomicroscópio. Os ácaros da ordem Mesostigmata foram montados em lâminas utilizando-se meio de Hoyer. Após a montagem, as lâminas foram mantidas em estufa (45-50°C), por um período de 10 dias, para correta desidratação. Os ácaros de outros grupos foram identificados até o nível de ordem ou subordem, contabilizados e mantidos em microtubos com álcool (70%) para possíveis estudos posteriores.

Os exemplares de Mesostigmata encontrados foram agrupados em morfoespécies utilizando microscópio óptico de contraste de fases. Logo após, as

fêmeas adultas foram identificadas até gênero com o auxílio de chaves dicotômicas disponibilizadas no “Treinamento em reconhecimentos de ácaros Mesostigmata de importância agrícola (Phytoseiidae, Ascidae *sensu lato*, Laelapidae, Rhodacaroidea, Macrochelidae, Parasitidae e Ameroseiidae)” realizado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). Posteriormente, a identificação até espécie foi feita examinando-se as descrições originais e as redescrições das espécies da superfamília, em acervo disponível na FCAV/UNESP e na ESALQ/USP.

Os ácaros examinados neste estudo foram depositados na Coleção de Referência de Ácaros do Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP. Além disso, os dados das espécies identificadas foram inseridos no programa BIOTA-FAPESP.

2.2.4. Análise dos dados

Os dados foram analisados pelo programa Past 3.26 (PAleontological STatistics). A abundância total e média, os índices de diversidade de Shannon-Weaver, Simpson e a equitabilidade foram calculados usando o pacote Vegan. Posteriormente, as médias foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e comparados pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), haja vista que as variâncias não foram homogêneas e os dados não tiveram distribuição normal.

Tendo como base a abundância de espécies, foi utilizada a distância euclidiana para estimar a similaridade entre as áreas estudadas. Os dados foram padronizados e submetidos ao algoritmo de agrupamento de variância mínima de Ward e à distância euclidiana. Em seguida, a matriz de similaridade foi avaliada em uma análise de cluster hierárquica.

2.3. Resultados

2.3.1. Abundância dos ácaros edáficos

No presente estudo foram coletadas um total de 576 amostras, das quais foram extraídos 25.421 ácaros, pertencentes às ordens Mesostigmata (Gamasina e Uropodina), Sarcoptiformes (Oribatida e Astigmatina) e Trombidiformes (Tabela 1). Os ácaros Oribatida foram os mais abundantes, representando 43,6% do total,

seguidos pelos Mesostigmata da coorte Gamasina (23,8%) e Sarcoptiformes da coorte Astigmatina (20,7%). Os grupos menos abundantes foram os Trombidiformes (11,3%) e aqueles da coorte Uropodina (0,6%).

Tabela 1. Número de ácaros (imaturos e adultos) de amostras de serapilheira/solo coletadas em quatro áreas cultivadas com cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural, em Jaboticabal/SP, classificados por ordens, subordens ou coortes (novembro 2018 – novembro 2019).

Ordem/subordem/coorte	COa	COb	CCa	CCb	PS	VN	Total
Mesostigmata (Gamasina)	748	1034	516	745	1338	1676	6057
Mesostigmata (Uropodina)	26	31	39	12	2	46	156
Sarcoptiformes (Oribatida)	904	1403	881	1341	1999	4543	11071
Sarcoptiformes (Astigmatina)	348	875	300	1221	1212	1310	5266
Trombidiformes	167	229	82	455	702	1236	2871
Total/área	2193	3572	1818	3774	5253	8811	25421

Legenda: COa= Cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico sem proximidade com o fragmento de vegetação; COb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico próxima ao fragmento de vegetação; CCa= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional sem proximidade com o fragmento de vegetação; CCb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação; PS= pastagem; VN= vegetação natural.

Dentre as áreas de cultivos e fragmento de floresta nativa, a vegetação natural apresentou maior abundância, contemplando 34,7% dos ácaros, seguido da área de pastagem (20,7%). As áreas de cultivo de cana-de-açúcar apresentaram grande semelhança na abundância de ácaros edáficos de acordo com a proximidade com o fragmento de vegetação natural. Os cultivos de cana-de-açúcar sob sistemas de cultivo orgânico e convencional próximos ao fragmento de Mata Atlântica exibiram maior abundância de ácaros edáficos, com 14,1% e 14,8% do total, respectivamente. Cerca de metade dessa abundância estão associadas às áreas de cultivo sem proximidade com o fragmento de vegetação natural, onde o cultivo sob sistema de plantio orgânico compreende 8,6% dos ácaros encontrados, enquanto o cultivo convencional responde por 7,2%.

Em relação aos ácaros Gamasina, a vegetação natural e pastagem novamente se destacaram com maior abundância, representando 27,7% e 22% do total de ácaros, respectivamente. A cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico próxima ao fragmento de vegetação natural apresentou abundância superior às

demais áreas dessa cultura (17,1%). A área com cultivo convencional, também próximo ao fragmento de Mata Atlântica, compreendeu 12,3% dos ácaros Gamasina encontrados, muito próximo do encontrado na área de cana-de-açúcar sob sistema de plantio orgânico, sem proximidade com o fragmento de vegetação natural (12,4%). Menor abundância de ácaros foi observada no cultivo de cana-de-açúcar sob sistema de plantio convencional sem proximidade com o fragmento de Mata Atlântica (8,5%).

2.3.2. Diversidade e abundância de ácaros Gamasina

A área de vegetação natural apresentou maior abundância de fêmeas adultas da coorte Gamasina ($X^2= 22,99$; $df = 5$; $p<0.001$), seguida pela área de pastagem (Figura 2). A abundância desse grupo nas áreas de cana-de-açúcar, tanto sob sistema de cultivo orgânico quanto convencional, próximas à remanescente de vegetação natural, e a área de cana sob sistema de cultivo orgânico sem proximidade com o fragmento de vegetação, não diferiram estatisticamente entre si. A área de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional e sem proximidade com o fragmento de vegetação nativa apresentou a menor abundância de ácaros Gamasina.

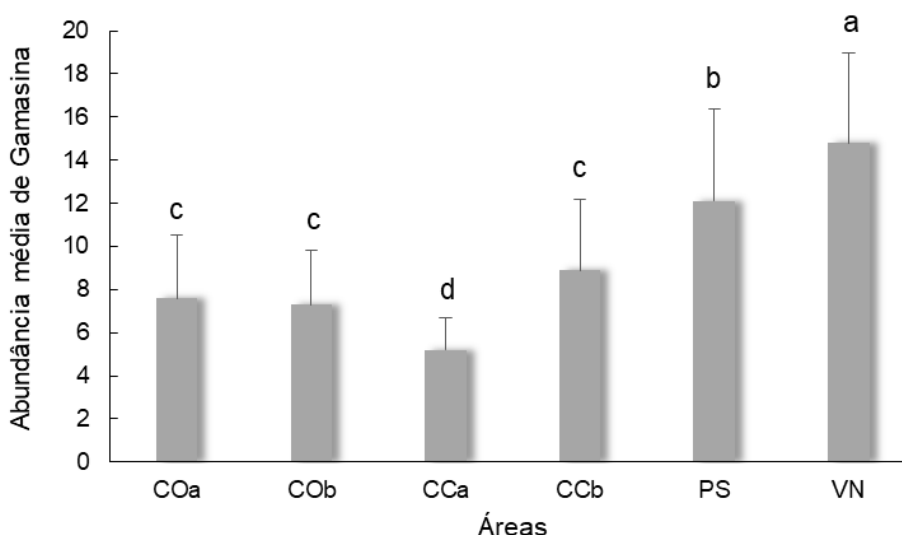


Figura 2. Abundância de fêmeas adultas da coorte Gamasina coletados em serapilheira/solo em quatro áreas cultivadas com cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

O total de fêmeas adultas Gamasina foi de 3.442 espécimes distribuídas entre 13 famílias. As cinco famílias mais abundantes foram Ascidae (37,9%), Rhodacaridae (28,9%), Laelapidae (13,3%), Ologamasidae (10,1%) e Melicharidae (3,4%) (Figura 3).

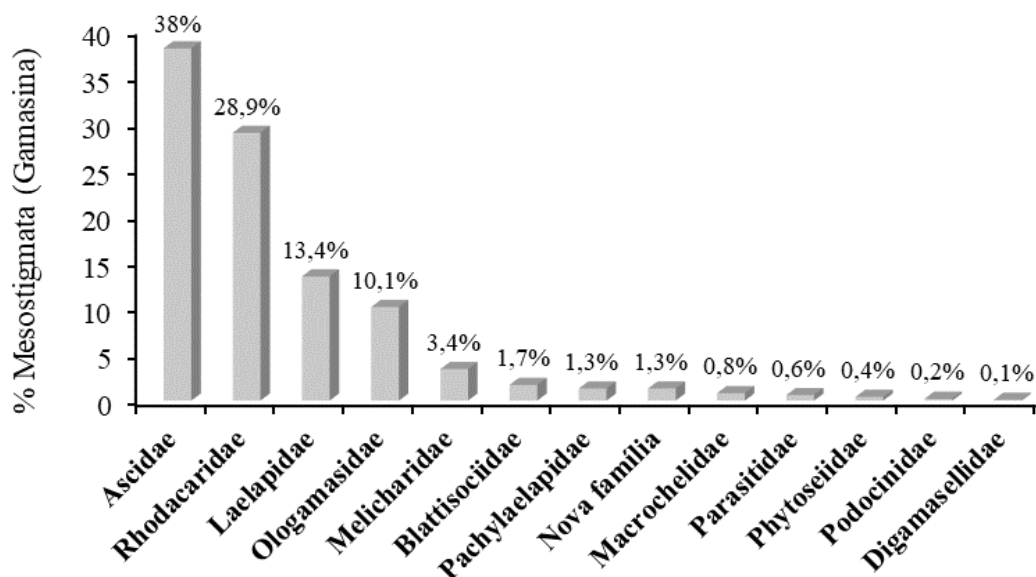


Figura 3. Abundância e proporção (%) de fêmeas adultas das famílias de Gamasina coletados em serapilheira/solo em quatro áreas cultivadas com cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

A família Ascidae foi a mais abundante nas áreas de pastagem (43,2%), vegetação natural (36,2%) e nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob sistemas de plantio orgânico (40,8%) e convencional (35,2%) sem proximidade com o fragmento de vegetação nativa (Tabela 2).

Nas áreas de cana-de-açúcar próximas aos fragmentos de vegetação nativa, a família mais abundante foi Rhodacaridae, representando 37,3% e 47,7% dos ácaros no sistema de plantio orgânico e convencional, respectivamente. A família Ascidae aparece como a segunda mais abundante, contemplando 28,3% dos ácaros Gamasina no cultivo sob sistema de plantio orgânico e 40,6% na área de cultivo convencional. A família Laelapidae é terceira mais abundante, com 14,8% dos ácaros no cultivo orgânico e 7,5% no cultivo convencional.

Tabela 2. Abundância e proporção (%) de fêmeas adultas das famílias de Gamasina coletados em serrapilheira/solo em quatro áreas cultivadas com cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

Famílias	COa		COb		CCa		CCb		PS		VN	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Ascidae	192	40,8%	126	28,3%	111	35,2%	215	40,6%	328	43,2%	334	36,2%
Blattisociidae	11	2,3%	26	5,8%	3	1,0%	4	0,8%	4	0,5%	11	1,2%
Digamasellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,5%	0	0
Laelapidae	39	8,3%	66	14,8%	35	11,1%	40	7,5%	169	22,3%	110	11,9%
Macrochelidae	5	1,1%	11	2,5%	0	0%	2	0,4%	1	0,1%	8	0,9%
Melicharidae	6	1,3%	10	2,2%	3	1,0%	0	0%	51	6,7%	47	5,1%
Ologamasidae	56	11,9%	39	8,8%	36	11,4%	9	1,7%	40	5,3%	167	18,1%
Pachylaelapidae	0	0%	0	0%	2	0,6%	1	0,2%	30	4,0%	10	1,1%
Parasitidae	0	0%	0	0%	20	6,3%	0	0%	0	0%	2	0,2%
Phytoseiidae	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	10	1,3%	3	0,3%
Podocinidae	2	0,4%	1	0,2%	1	0,3%	0	0%	0	0%	2	0,2%
Rhodacaridae	157	33,3%	166	37,3%	103	32,7%	253	47,7%	98	13,0%	218	23,6%
Nova família	3	0,6%	0	0%	1	0,3%	6	1,1%	24	3,2%	10	1,1%
Total	471	100%	445	100%	315	100%	530	100%	759	100%	922	100%

3442

Legenda: COa= Cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico sem proximidade com o fragmento de vegetação; COb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico próxima ao fragmento de vegetação; CCa= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional sem proximidade com o fragmento de vegetação; CCb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação; PS= pastagem; VN= vegetação natural.

Na pastagem a família Laelapidae foi a segunda mais abundante (22,3%), seguido por Rhodacaridae (13%), enquanto na área de vegetação natural a família Rhodacaridae aparece em segundo lugar com maior abundância de ácaros Gamasina (23,6%), seguido por Ologamasidae (18,1%).

Ao todo foram distinguidas 60 morfoespécies, classificadas em 31 gêneros e 13 famílias (Tabela 3). O gênero mais abundante foi *Protogamasellus*, e as espécies mais abundantes foram *Protogamasellus mica* (Ascidae), *Multidentorhodacarus squamosus* (Rhodacaridae) e *Protogamasellus sigillophorus* (Ascidae). A família

mais diversa, com sete gêneros e 12 morfoespécies, foi Laelapidae, seguida por Ascidae, com quatro gêneros e 11 morfoespécies.

Tabela 3. Abundância de fêmeas adultas de Gamasina coletados em serrapilheira/solo em quatro áreas de cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

Família/ morfoespécie	COa	COb	CCa	CCb	PS	VN
Ascidae						
<i>Arrhenoseius</i> sp.	0	0	0	0	0	21
<i>Asca</i> sp. 1	6	1	1	0	0	6
<i>Asca</i> sp. 2	0	1	0	0	0	17
<i>Asca</i> sp. 3	0	0	0	0	0	4
<i>Asca</i> sp. 4	0	0	0	0	0	9
<i>Gamasellodes lavafesii</i>	2	5	5	22	2	1
<i>Protogamasellus massula</i>	0	1	10	18	2	0
<i>Protogamasellus mica</i>	136	89	62	122	223	200
<i>Protogamasellus sigillophorus</i>	35	15	9	49	40	61
<i>Protogamasellus</i> n. sp. 1	12	9	9	3	37	8
<i>Protogamasellus</i> n. sp. 2	1	5	15	1	24	7
Blattisociidae						
<i>Blattisocius</i> sp.	0	0	0	0	1	0
<i>Cheiroseius</i> sp.	10	26	1	0	1	6
<i>Lasioseius</i> (<i>Lasioseius</i>) sp.	1	0	2	4	2	5
Digamasellidae						
<i>Dendrolaelaps</i> sp.	0	0	0	0	4	0
Laelapidae						
<i>Cosmolaelaps</i> sp. 1	3	2	0	1	11	18
<i>Cosmolaelaps</i> sp. 2	20	26	5	4	11	13
<i>Gaeolaelaps</i> sp. 1	3	4	10	2	140	40
<i>Gaeolaelaps</i> sp. 2	1	8	5	11	0	3
<i>Gaeolaelaps</i> sp. 3	0	0	0	0	2	5
<i>Gaeolaelaps</i> sp. 4	0	0	0	0	0	1
<i>Gaeolaelaps</i> sp. 5	0	0	0	0	5	1
<i>Laelapisella</i> sp.	0	1	0	0	0	0
<i>Olopticus</i> sp.	0	0	0	0	0	2
<i>Pseudoparasitus</i> sp.	0	0	0	0	0	3
<i>Laelaspis</i> sp.	0	0	0	0	0	10
<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	12	25	15	22	0	14
Macrochelidae						
<i>Holostaspella bifoliata</i>	4	10	0	2	0	5
<i>Macrocheles robustulus</i>	1	1	0	0	1	3

Melicharidae						
<i>Proctolaelaps paulista</i>	1	4	1	0	27	25
<i>Proctolaelaps</i> sp. 1	1	2	1	0	0	0
<i>Proctolaelaps</i> sp. 2	1	2	1	0	4	6
<i>Proctolaelaps</i> sp. 3	3	2	0	0	8	16
<i>Proctolaelaps</i> sp. 4	0	0	0	0	4	0
<i>Proctolaelaps</i> sp. 5	0	0	0	0	8	0
Ologamasidae						
<i>Gamasiphis edmilsoni</i>	48	26	33	4	25	13
<i>Gamasiphis paulista</i>	7	12	3	5	13	6
<i>Gamasiphis</i> sp.	1	0	0	0	2	3
<i>Geogamasus</i> n. sp	0	0	0	0	0	1
<i>Neogamasellevans longipes</i>	0	1	0	0	0	109
<i>Neogamasellevans</i> sp.1	0	0	0	0	0	2
<i>Neogamasellevans</i> sp. 2	0	0	0	0	0	8
<i>Neogamasellevans</i> n. sp. 1	0	0	0	0	0	14
<i>Neogamasellevans</i> n. sp. 2	0	0	0	0	0	11
Pachylaelapidae						
<i>Pachylaelapidae</i> sp.	0	0	2	1	30	10
Parasitidae						
<i>Vulgarogamasus</i> sp.	0	0	19	0	0	2
<i>Eugamasus</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Phytoseiidae						
<i>Typhlodromus transvaalensis</i>	0	0	0	0	7	3
<i>Euseius concordis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Neoseiulus</i> sp.	0	0	0	0	2	0
Podocinidae						
<i>Podocinum sagax</i>	2	1	1	0	0	2
Rhodacaridae						
<i>Afrodacarellus alagoensis</i>	16	20	23	34	20	48
<i>Afrodacarellus citri</i>	17	8	13	45	9	29
<i>Afrodacarellus</i> n. sp	3	3	1	8	2	7
<i>Multidentorhodacarus squamosus</i>	107	123	51	157	49	127
<i>Multidentorhodacarus tocaninensis</i>	1	11	11	5	0	2
<i>Multidentorhodacarus</i> sp.	3	0	1	4	4	0
<i>Pennarhodeus</i> n. sp	0	0	0	0	0	3
<i>Protogamasellopsis zaheri</i>	10	1	3	0	14	2
Nova família	3	0	1	6	24	10
Total	471	445	315	530	759	922
Abundância média	7,6 ± 2,9 c	7,3 ± 2,5 c	5,2 ± 1,5 d	8,9 ± 3,3 c	12,1 ± 4,3 b	14,8 ± 4,2 a
Riqueza	30	32	29	25	34	50

Shannon	2,36	2,55	2,71	2,24	2,53	2,95
Simpson	0,84	0,87	0,91	0,84	0,86	0,91
Equitabilidade	0,69	0,74	0,80	0,70	0,72	0,76

Legenda: COa= Cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico sem proximidade com o fragmento de vegetação; COb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico próxima ao fragmento de vegetação; CCa= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional sem proximidade com o fragmento de vegetação; CCb= cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação; PS= pastagem; VN= vegetação natural.

A maior diversidade foi exibida no fragmento de vegetação nativa com 49 morfoespécies, seguido pela área de pastagem, com 35 morfoespécies. Nas áreas de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico, próxima e sem proximidade com o fragmento de vegetação natural, foram encontradas 31 morfoespécies em cada.

O nível de similaridade (distância Euclidiana) entre os ambientes estudados indicou maior distância da vegetação natural em relação as áreas de cultivo (Figura 4). As áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico, próxima e sem proximidade com o fragmento de vegetação nativa, foram mais similares entre si, e estão mais próximas do cultivo convencional de cana-de-açúcar próximo ao fragmento de vegetação nativa do que àquele sem proximidade.

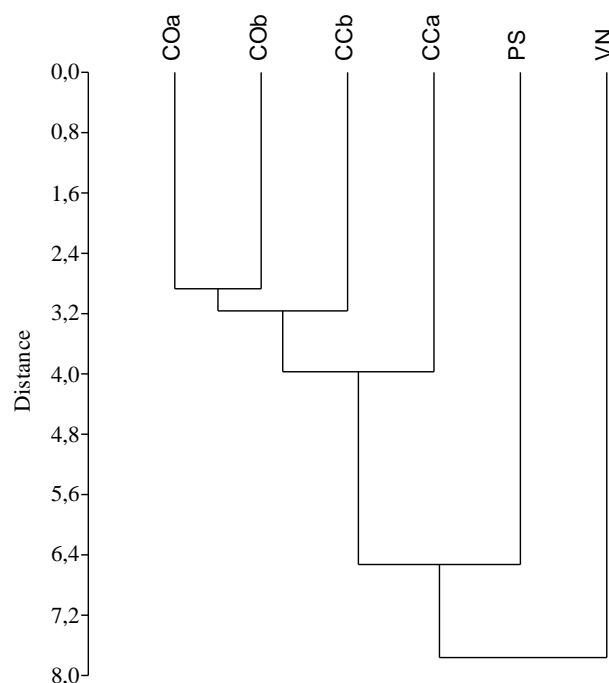


Figura 4. Similaridade nas comunidades de ácaros entre quatro áreas de cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

Sob a perspectiva da variação do número de ácaros Gamasina, incluindo machos e imaturos, obtidos ao longo das seis coletas, nota-se que a grande maioria foi coletada em novembro de 2018 (35,5%) (Figura 5).

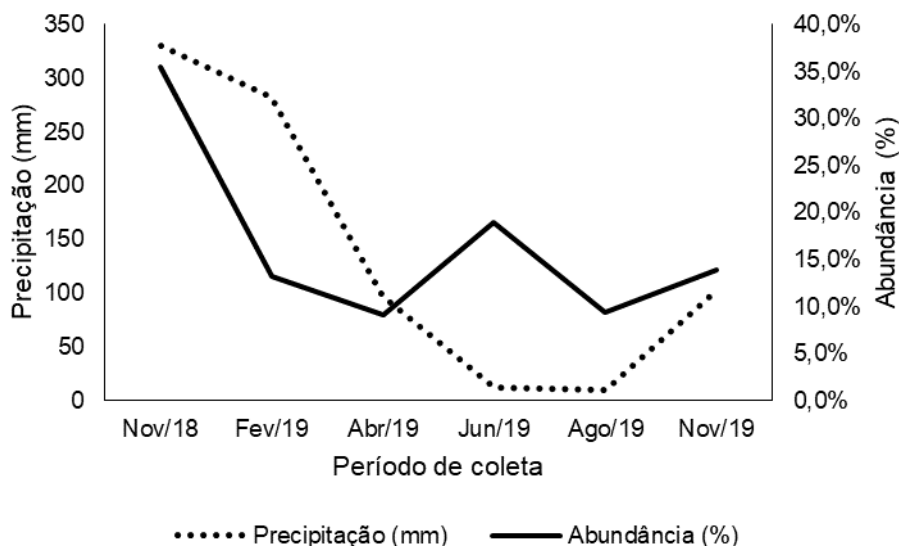


Figura 5. Proporção de ácaros Gamasina coletados em serapilheira/solo em quatro áreas de cana-de-açúcar, uma área de pastagem e uma área de vegetação natural, e precipitação (mm) em Jaboticabal/SP (novembro de 2018 – novembro de 2019).

Em fevereiro de 2019 houve uma redução drástica (13,2%) e os meses seguintes alternaram entre reduções e aumentos da proporção de ácaros coletados. Correlacionando com as condições meteorológicas, observa-se que a maior proporção de ácaros coincide com a maior taxa de precipitação no período de um ano das coletas (Figura 5).

Em sequência, a segunda maior proporção de ácaros coletados foi em junho de 2019, exatamente no mês de menor precipitação ao longo das seis coletas, essa proporção é sustentada principalmente pelo número de ácaros advindos da vegetação natural. Nos demais meses de coleta é possível estabelecer uma certa relação diretamente proporcional entre a abundância de Gamasina e a taxa de precipitação.

2.4. Discussão

O grupo mais abundante em todas as áreas de coleta foi Oribatida, seguido por Mesostigmata, resultado consonante com outros estudos da acarofauna edáfica no bioma Mata Atlântica (Duarte, 2013; Junqueira, 2017; Silva, 2020; Azevedo, 2021). Os oribatídios estão associados à decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, e naturalmente estão entre os artrópodes mais abundantes no solo (Krantz e Walter, 2009). Em contrapartida, os grupos menos frequentes foram Astigmatina e Trombidiformes, também verificado por Silva et al. (2004), Junqueira (2017) e Azevedo (2021).

Maior diversidade e abundância dos ácaros edáficos foram observadas na vegetação natural e na pastagem, certamente por se tratar de ambientes menos perturbados. Alterações na ocupação do solo, como o revolvimento, que altera as condições edafoclimáticas e promove deslocamento da fauna original de invertebrados, bem como tipo de cobertura do solo e utilização de agrotóxicos, têm influência direta nas comunidades e na ecologia da fauna edáfica (Siqueira et al., 2014; Siqueira et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Além disso, os diferentes componentes de vegetação em área natural propiciam maior disponibilidade de alimento, abrigo e melhores condições microclimáticas para os artrópodes.

Os artrópodes edáficos no ecossistema da cana-de-açúcar são afetados pelo tipo de solo, práticas culturais, umidade (Rana et al., 2006), padrão de uso de agrotóxicos (Pasqualin et al., 2012; Benazzi et al., 2013), disponibilidade de recursos, pH do solo, perturbação e fatores climáticos (Bini et al., 2016). Dentre as áreas de cana-de-açúcar do presente estudo, o sistema de plantio orgânico e a proximidade com a remanescente de vegetação natural influenciaram positivamente na abundância dos ácaros. Destaque para a proximidade com o fragmento de área nativa, pois na área de plantio sob sistema convencional nessa condição, foi encontrada uma abundância similar às áreas sob sistema de cultivo orgânico.

De acordo com Kamau et al. (2017), a ocorrência de florestas naturais em áreas agrícolas acarreta rápidas mudanças no solo, que podem afetar os padrões de abundância e distribuição da fauna edáfica. Além dos sistemas florestais fornecerem habitats e recursos alimentares para a fauna do solo, pode haver deslocamento de espécies entre a mata e o cultivo, como sugerido por Demite e Feres (2005), que

constatarem que no cultivo de seringueira, espécies de ácaros plantícolas predadoras apresentaram maior abundância na linha mais próxima ao fragmento de mata. Endossando este resultado, Duarte et al. (2015) sugerem que fragmentos de Mata Atlântica podem atuar como refúgio de ácaros predadores em sistemas agrícolas de cana-de-açúcar.

A família Ascidae foi a mais abundante levando em conta todas as áreas exploradas, diferentemente dos demais estudos conduzidos no bioma Mata Atlântica, que encontraram maior abundância de Ologamasidae, Laelapidae e Macrochelidae (Junqueira, 2017; Muñoz Marticorena, 2017; Silva, 2020; Azevedo, 2021). Esta família apresentou maior abundância na área de vegetação natural e nas áreas de cana-de-açúcar sob sistemas de cultivos orgânico e convencional sem proximidade com o fragmento de vegetação. Nas áreas de cana-de-açúcar próximas ao fragmento, a família mais abundante foi Rhodacaridae, seguida por Ascidae. Duarte (2013) observou maior abundância de Ascidae em cultivo de cana-de-açúcar e em fragmento de Mata Atlântica, em Alagoas. Silva (2020) verificou maior abundância da família em fragmento de Mata Atlântica e em cana-de-açúcar o grupo aparece em segundo lugar. Muñoz Marticorena (2017) também verificou maior abundância de Ascidae em cana-de-açúcar, em estudo conduzido no bioma Mata Atlântica no estado de São Paulo.

O gênero mais abundante foi *Protogamasellus*, talvez pela maior capacidade de sobreviver à alteração de habitats resultante de mudanças no uso do solo, como verificado por Muñoz Marticorena (2017). As espécies *P. mica* e *M. squamosus* foram dominantes apresentando as maiores abundâncias nos cultivos de cana-de-açúcar, pastagem e vegetação natural. As espécies dominantes parecem ter maior capacidade de adaptação às condições adversas.

A distância euclidiana demonstra a superioridade da abundância de ácaros nas áreas de pastagem e vegetação natural. A proximidade das áreas de cana-de-açúcar sob sistema orgânico com a área de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação natural, sugere que pode haver deslocamento de espécies do fragmento para o cultivo de forma compensatória em relação aos efeitos nocivos da utilização de agrotóxicos sobre a acarofauna edáfica.

A maior proporção de ácaros Gamasina observada em novembro de 2018 pode ter sido favorecida pelo volume de precipitação, haja vista que, como já mencionado, a umidade do solo afeta diretamente a comunidade de ácaros edáficos. Com exceção da fração de ácaros exibida em junho de 2019, é possível estabelecer uma relação proporcional entre a redução do volume de chuvas e a redução da abundância de ácaros, tanto que em novembro de 2019 verifica-se um aumento da abundância concomitante à elevação da taxa de precipitação. Entretanto, em junho de 2019 foi observada a segunda maior abundância, embora seja o mês de menor índice pluviométrico. Grande parte da abundância total apresentada neste mês é atribuída à abundância de ácaros da vegetação natural, evidenciando que a dinâmica populacional de ácaros Gamasina em remanescente de vegetal nativa pode ser menos suscetível à influência do volume de chuvas. Além disso, foi um período em que a cana-de-açúcar estava alta, fechando o dossel, dessa forma impedindo que os raios solares atingissem diretamente o solo, evitando aumento da temperatura do solo e diminuindo a perda de umidade.

2.5. Conclusões

A área de vegetação natural apresentou maior diversidade e abundância de ácaros, seguida pela pastagem. A abundância de ácaros Mesostigmata das áreas de cana-de-açúcar sob sistema de cultivo orgânico, próxima e sem proximidade com o fragmento de vegetação natural, e a área de cana sob sistema de cultivo convencional próxima ao fragmento de vegetação nativa são similares. As famílias Ascidae e Rhodacaridae foram as mais abundantes, Laelapidae a mais diversa. O sistema de cultivo orgânico e a proximidade com o fragmento de vegetação natural tiveram efeito positivo sobre a abundância de ácaros Gamasina.

O presente estudo é um dos pioneiros na avaliação da influência de fragmentos de vegetação nativa e do sistema de cultivo de cana-de-açúcar sobre ácaros Mesostigmata, sendo assim faz-se necessário mais estudos para melhor compreensão de outras variáveis e fatores que possam estar interligados.

Referências

- Adis J (1987) Vertical distribution and abundance of arthropods in the soil of a neotropical secondary forest during the rainy season. **Journal of Tropical Ecology** 22:189-197.
- Adis J (1988) On the abundance and diversity of terrestrial arthropods in Central Amazonian dryland forests. **Journal of Tropical Ecology** 4:19-24.
- Attwood SJ, Maron M, House APN, Zammit C. (2008) Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? **Global Ecology and Biogeography** 17(5):585-599.
- Azevedo EB (2021) **Efeito dos cultivos agrícolas na diversidade de ácaros predadores Mesostigmata e prospecção para uso no controle biológico**. 102f. Tese [Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Azevedo LH, Emberson RM, Esteca FCN, Moraes GJ (2015) Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 103-132.
- Benazzi ES, Bianchi MO, Correia MEF, Lima E, Zonta E (2013) Impacts of sugarcane harvesting methods on soil macrofauna in production area in Espírito Santo-Brazil. **Semina: Ciências Agrárias** 34:3425-3441.
- Bini B, Kumar MGS, Vinod P (2016) Studies on seasonal variations in the diversity pattern of soil arthropods in rubber plantations - central travancore area. **International Journal of Scientific and Research Publications** 6:256-262.
- Borges LDAB, Ramos MLG, Vivaldi LJ, Fernandes PM, Madari BE, Soares RAB, Fontoura PR (2014) Impact of sugarcane Org. Agr. cultivation on the biological attributes of an oxisol in the Brazilian savannah. **Bioscience Journal** 30:1459–1473.
- Britto EPJ, Gago E, Moraes GJ (2012) How promising is *Lasioseius floridensis* as a control agent of *Polyphagotarsonemus latus*? **Experimental and Applied Acarology** 56(3):221-231.
- Cardinale BJ, Duffy JE et al. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature** 486(7401):59.
- Castilho RC, Moraes GJ, Silva ES, Silva LO (2009) Predation potential and biology of *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). **Biological Control** 48:164-167.

Castilho RC, Venancio R, Narita JPZ (2015) Mesostigmata as biological control agents, with emphasis on Rhodacaroidea and Parasitoidea. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 1-31.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

Demite, PR, Feres RJ (2005). Influência de vegetação vizinha na distribuição de ácaros em seringal (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Euphorbiaceae) em São José do Rio Preto, SP. **Neotropical Entomology** 34(5):829-836.

Duarte ME, Navia D, Dos Santos LR, Rideiqui PJ, Silva ES (2015). Mites associated with sugarcane crop and with native trees from adjacent Atlantic forest fragment in Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 66(4): 529-540.

Dotaniya ML, Datta SC, Biswas DR, Dotaniya CK, Meena BL, Rajendiran S, Regar KL, Lata M (2016) Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International journal of recycling organic waste in agriculture** 5:185–194.

Duarte ME (2013) **Acarofauna plantícola e edáfica da cultura da cana-de-açúcar e de cabotã, em área de Mata Atlântica no Estado de Alagoas, Brasil**. 97f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production data for sugar cane (2021). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 23 de junho de 2021.

Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) **Mites for pest control**. Oxford: Blackwell Science. 539 p.

Gheler-Costa C, Vettorazzi CA, Pardini R, Verdade LM (2012) The distribution and abundance of small mammals in agroecosystems of Southeastern Brazil. **Mammalia** 76:185-191.

Junqueira BR (2017) **Diversidade de ácaros edáficos em um fragmento de Mata Atlântica e três cultivos agrícolas, em Jaboticabal/SP, com ênfase nos Gamasina (Mesostigmata)**. 63f. Dissertação [Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Kamau S, Barrios E, Karanja NK, Ayuke FO, Lehmann J (2017). Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. **Soil Biology and Biochemistry** 112:35-46.

Krantz GW, Walter DE (2009) **A Manual of Acarology**. Third Edition. Texas Tech University Press: Lubbock, Texas. 807 p.

Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U (2002) Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science** 296:1694–1697.

Mondelaers K, Aertsens J, Huylenbroeck G (2009) A metaanalysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. **British Food Journal** 111:1098-1119.

Moraes GJ, Venancio R, Santos VLV, Paschoal AD (2015) Potential of Ascidae, Blattisociidae and Melicharidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents of pest organisms. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 33-75.

Moreira GF, Moraes GJ (2015) The potential of free-living laelapid Mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 77-102.

Muñoz Marticorena JLM (2017) **Alteration of the faunistic composition of edafic mites according to land use in the central-southern region of Brazil**. 196f. Tese [Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola)] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal

Olson DM, Dinerstein E et al. (2001) Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience** 51(11):933-938.

Pádua JA (2013) O amargo avanço da doçura. **Revista de História da Biblioteca Nacional** 8(94):18-23.

Pasqualin LA, Dionisio JA, Zawadneak MAC, Marcal CT (2012) Edaphic macrofauna in sugarcane crops and forest in north-western Parana-Brazil. **Semina: Ciências Agrárias** 33:7-18.

Philpott SM, Arendt WJ et al. (2008) Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. **Conservation Biology** 22(5):1093-1105.

Plowman KP (1979) Litter and soil fauna of two Australian subtropical forest. **Journal of Animal Ecology** 4:47-104.

Silva ES, Moraes GJ, Krantz GW (2004) Diversity of edaphic rhodacaroid mites (Acari: Mesostigmata: Rhodacaroidea) in natural ecosystems in the State of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology** 33:547-555.

Rana N, Rana SA, Sohailand MJI, Iqbal MZ (2006) Diversity of soil macrofauna in sugarcane of HIP and LIP nature: past finding and future priorities. **Pakistan Entomologist** 28:19-26.

Rodrigues DM, Ferreira LO, Silva NR, Guimarães ES, Martins ICF, Oliveira FA (2016) Diversidade de artrópodes da fauna edáfica em agroecossistemas de estabelecimento agrícola familiar na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias** 59(1):32-38.

Silva VB (2020) **Ácaros e nematoides edáficos no estado de São Paulo: diversidade e aplicações em programas de controle biológico**. 56f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Siqueira GM, Silva EFF, Paz-Ferreiro J (2014) Land use intensification effects in soil arthropod community of an Entisol in Pernambuco state, Brazil. **The Scientific World Journal** 2014: ID 625856.

Siqueira GM, Silva EFF, Moreira MM, Santos GAA, Silva RA (2016) Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. **African Journal of Agricultural Research** 11(30):2669-2677.

SOS Mata Atlântica (2021). Disponível em: < <https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2021.

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

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

Walter DE, Stirling GR (2018) Microarthropods in Australian sugarcane soils: a survey with emphasis on the Mesostigmata as potential regulators of nematode populations. **Acarologia** 58(3):673-682.

CAPÍTULO 3 – Uma nova espécie de *Dendrolaelaps* Halbert (Mesostigmata: Digamasellidae) do Brasil

RESUMO – Uma nova espécie de *Dendrolaelaps* foi descrita com base na morfologia de fêmeas adultas coletadas em serapilheira/solo de uma pastagem do bioma Mata Atlântica, no estado de São Paulo, sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Ácaros edáficos, ácaros predadores, Rhodacaroidea, taxonomia.

3.1. Introdução

Digamasellidae Evans compreende a segunda maior família de Rhodacaroidea (Mesostigmata), com 277 espécies, distribuídas em 11 gêneros (Castilho, 2012). Os ácaros da família se distinguem, dentre outras características, por apresentar escudos dorsais geralmente divididos e com a presença de escleronódulos no escudo anterior, apotele do palpo bifurcado, e área pré-esternal sem punctuações (Castilho et al., 2015).

Os digamaselídeos são predadores conhecidos de nematoides, ovos de artrópodes, estágios iniciais de insetos ou ácaros, colêmbolos e possivelmente fungos (Walter et al., 1988; Lindquist et al., 2009, Castilho et al., 2015).

O gênero *Dendrolaelaps* Halbert foi criado há cerca de 105 anos (Halbert, 1915) para catalogar apenas uma espécie da Irlanda, e atualmente é o gênero digamaselídeo mais diverso com 180 espécies (Castilho et al., 2015; Sweelam e Nasreldin, 2017). Esse gênero parece ser amplamente distribuído mundialmente, ocupando diferentes habitats, podendo ser encontrados no solo, em plantas, casca de árvores, em madeira, em ninhos de pássaros e mamíferos, colônias de formigas e abelhas, associados à Coleoptera, bem como em galerias de Coleoptera (principalmente Cerambycidae e Curculionidae: Scolytinae) (Castilho et al., 2015).

Aproximadamente 8% das espécies de Digamasellidae foram descritas na região Neotropical (Castilho, 2012; Castilho et al., 2015). A maioria das espécies de *Dendrolaelaps* foram descritas na Europa (cerca de 64%), incluindo 42 da Alemanha e 19 da Polônia (Castilho, 2012). Apenas oito espécies foram descritas da América do Sul, incluindo quatro no Brasil (Castilho, 2012). O objetivo deste trabalho é descrever uma nova espécie de *Dendrolaelaps* do Brasil.

3.2. Material e métodos

Amostras de solo e serapilheira foram coletadas em uma pastagem do bioma Mata Atlântica, em Jaboticabal (21°11'35"S; 48°14'32"W; 599 m acima do nível do mar), estado de São Paulo, Brasil, com auxílio de cilindros metálicos (5 cm de altura x 9 cm de diâmetro). Em laboratório, os ácaros foram extraídos das amostras através de funis Berlese-Tullgren, preservados em etanol 70% e posteriormente

montados em meio de Hoyer em lâminas de microscópio para exame em microscopia de contraste de fase (Carl Zeiss, Axio Imager 2).

Os digamaselídeos foram classificados em gêneros com base em suas características morfológicas, usando a chave de Castilho (2012). Os espécimes foram comparados com as descrições e redescrições originais das espécies da família, levando a conclusão de que alguns dos espécimes coletados pertenciam a uma nova espécie de *Dendrolaelaps*, aqui descrita.

Ilustrações de estruturas taxonomicamente relevantes foram feitas usando uma câmera digital acoplada ao microscópio e medidas com uma ocular graduada. Na descrição subsequente, as medidas de cada estrutura são dadas em micrômetros, sendo a medida média dos indivíduos examinados seguida (entre parênteses) da respectiva faixa, para medidas variáveis. O comprimento dos escudos foi medido ao longo da linha média das margens anterior para posterior, e a largura, no nível mais amplo. Os comprimentos das pernas foram medidos da base da coxa ao ápice do tarso, excluindo o pretarso. A nomenclatura das setas idiossômicas é baseada em Lindquist & Evans (1965), a quetotaxia da perna é baseada em Evans (1963), a quetotaxia do palpo é baseada em Evans (1964) e a notação de estruturas semelhantes a poros é baseada em Athias-Henriot (1971, 1975).

3.3. Resultados

***Dendrolaelaps* Halbert, 1915**

Dendrolaelaps Halbert, 1915: 68 [descrito em Parasitidae Oudemans (também conhecido como Gamasidae Leach, nome mencionado na descrição original do gênero)].

Dendrolaelaps.— Lindquist, 1975: 14; Bregetova & Shcherbak, 1977: 282.

Dendrolaelaps (*Dendrolaelaps*).— Lindquist, 1975: 15; Hirschmann & Wiśniewski, 1982: 66.

Espécie tipo: *Dendrolaelaps oudemansi* Halbert, 1915, por designação original.

Diagnose. A diagnose do gênero foi apresentada por Castilho (2012).

***Dendrolaelaps* sp. nov.**

(Figuras 1–6)

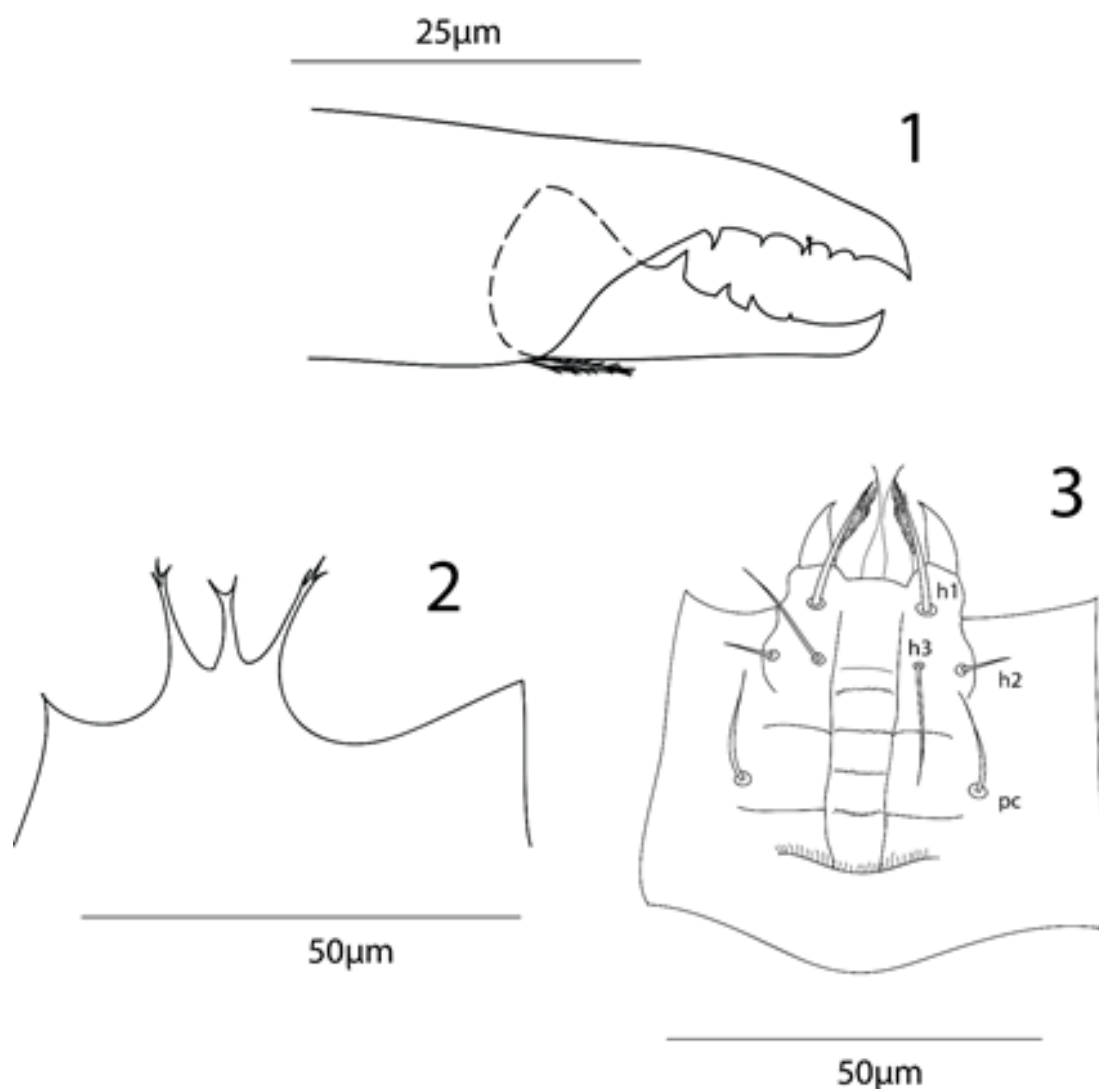
Diagnose. Escudo podonotal reticulado anterolateralmente, liso em outras partes; com 21 pares de setas; Z5 distintamente mais longa do que S5. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo podonotal com um par de setas. Escudo opistonotal liso com 17 pares de setas; S5 inserida em um tubérculo. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo opistonotal com três pares de setas. Escudo ventrianal reticulado; com seis pares de setas, além das setas circumanais. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens do escudo ventrianal com um par de setas. Dois pares de placas metapodais (alongadas e elipsoidais).

Descrição

Fêmeas adultas (n=4)

Gnatossoma. Dígito fixo da quelícera 30 (29-30) de comprimento, com cinco dentes além do dente apical e um pilus dentilis setiforme (Figura 1); dígito móvel da quelícera 28 (28-29) de comprimento, com quatro dentes além do dente apical; processo artrodial de quelíceras em forma de escova cilíndrica; liri-fissuras anti-axial e dorsal das quelíceras, bem como seta dorsal não distinguíveis. Número de setas do trocânter do palpo-tarso normal: 2-5-6-14-15; setas aciculadas e lisas, exceto *a*/1 do genu do palpo, espatulada; apotele bifurcado. Epistoma com extensão anteromediana projetada para frente, bifurcada na ponta, flanqueada por um par de extensões anterolaterais denticuladas na ponta e lisas lateralmente (Figura 2). Deutosterno delimitado por linhas laterais (Figura 3), com seis linhas aproximadamente transversais com 18-30 denticúlos; dois pares de linhas lisas e um par de linhas denticuladas laterais ao sulco deutosternal, em linha com a terceira, quinta e sexta linhas transversais do deutosterno, respectivamente. Mala interna mais ou menos contígua, ultrapassando o ápice dos cornículos; margens externas franjadas e internas lisas. Cornículo em forma de chifre, mais longo do que sua largura basal. Seta *h*3 alinhada longitudinalmente com *h*1 e em linha transversal com

h2. Medidas das setas: *h1* 21 (19–24), *h2* 6 (4–7), *h3* 16 (13–18), *pc* 17 (14–19); todas as setas aciculadas e lisas.



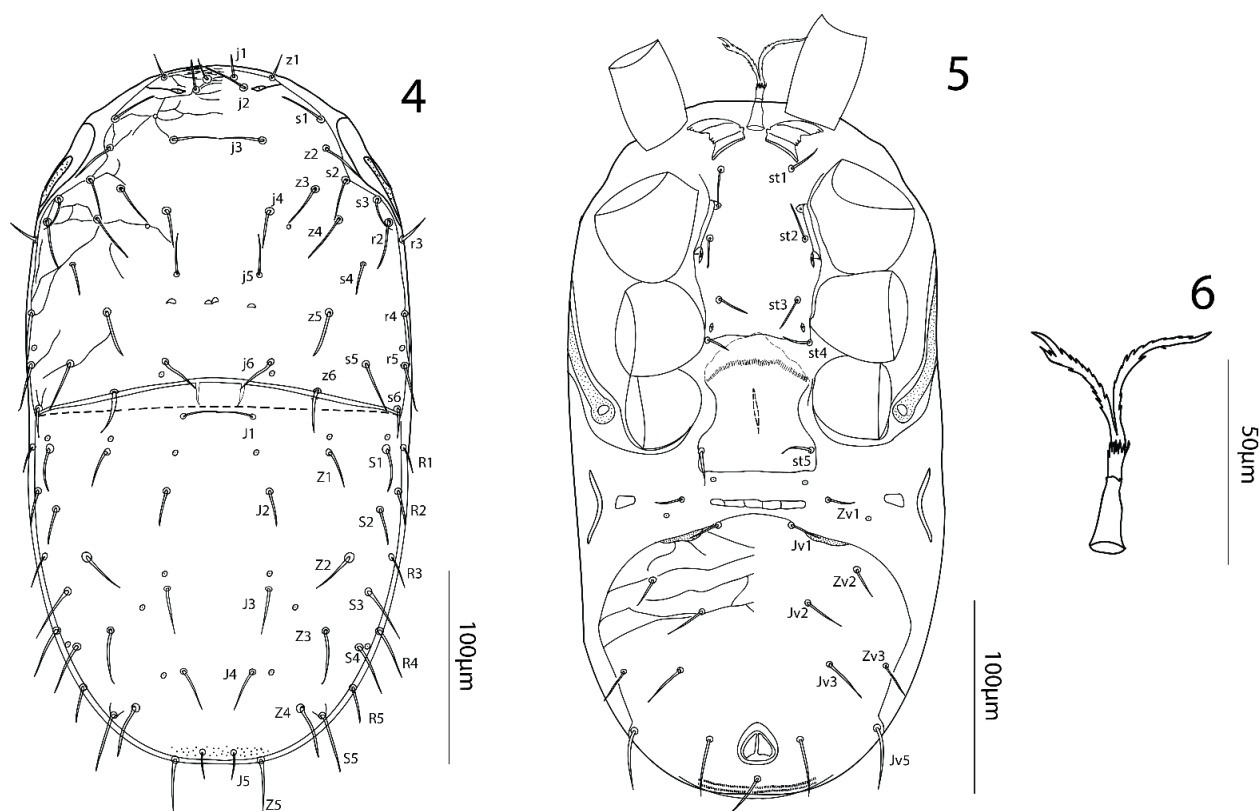
Figuras 1-3. *Dendrolaelaps n. sp.*, fêmea adulta. 1. Vista lateral da quelícera; 2. Epistoma; 3. Hipostômio.

Idiossoma dorsal (Figura 4). Idiossoma 343 (335–350) de comprimento e 188 (175–215) de largura no nível mais amplo. Escudos podonotal e opistonotal divididos. Escudo podonotal reticulado anterolateralmente, liso em outras partes; 151 (148–155) de comprimento e 165 (163–168) de largura; com 21 pares de setas (*j1–j6*, *z1–z6*, *s1–s6* e *r2*, *r4* e *r5*), seis pares de lirifissuras distinguíveis e dois pares de poros. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo

podonotal com um par de setas ($r3$); $r1$ e $r6$ ausentes. Escudo opistonotal liso; 173 (168–183) de comprimento e 164 (160–170) de largura; margem anterior com duas incisões em forma de V; com 17 pares de setas ($J1$ – $J5$, $Z1$ – $Z5$, $S1$ – $S5$ e $R2$ – $R3$), 11 pares de lirifissuras distinguíveis e um par de poros; $S5$ inserido em um tubérculo. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo opistonotal com três pares de setas ($R1$, $R4$ e $R5$). Medidas da setas: $j1$ 12 (10–12), $j2$ 19 (18–20), $j3$ 21 (20–21), $j4$ 20 (19–20), $j5$ 19 (19–20), $j6$ 19 (16–20), $z1$ 11 (10–12), $z2$ 22 (20–23), $z3$ 21 (20–21), $z4$ 22 (21–23), $z5$ 20, $z6$ 23 (20–25), $s1$ 20, $s2$ 22 (21–22), $s3$ 19 (15–23), $s4$ 24 (22–25), $s5$ 23 (20–25), $s6$ 26 (25–27), $r2$ 21 (17–23), $r3$ 18 (16–19), $r4$ 22 (21–23), $r5$ 21 (20–21), $J1$ 20 (18–21), $J2$ 20 (16–23), $J3$ 27 (26–28), $J4$ 29 (28–30), $J5$ 13 (11–14), $Z1$ 27 (26–27), $Z2$ 29 (28–30), $Z3$ 29 (27–31), $Z4$ 19 (17–20), $Z5$ 35 (32–38), $S1$ 26 (24–27), $S2$ 28 (27–29), $S3$ 30 (29–30), $S4$ 29 (28–30), $S5$ 23 (20–26), $R1$ 12 (9–14), $R2$ 21 (17–23), $R3$ 24 (22–25), $R4$ 27 (26–28), $R5$ 28 (26–30). Todas as setas aciculadas e lisas.

Idiosoma ventral (Figura 5). Base do tritosterno 19 (17–20) de comprimento e 9 (8–10) de largura (Figura 6); lacínia 37 (35–39) de largura, base 7 (7–8), pilosa. Sem placas pré-esternais. Escudo esternal liso, 98 (95–100) de comprimento e 84 (80–87) de largura no nível entre as coxas II; com quatro pares de setas e três pares de lirifissuras, incluindo $iv3$ próxima a região posterolateral do escudo. Escudo genital trapezoidal, liso, 51 (50–52) de comprimento (incluindo região hialina) e 54 (53–55) de largura; distância entre $st5$ – $st5$ 49 (48–50); margem posterior truncada. Lirifissura $iv5$ na cutícula não esclerotizada, posterior a $st5$. Escudo ventrianal reticulado; 128 (123–135) de comprimento e 136 (130–145) de largura, não fundido com o escudo dorsal; com seis pares de setas ($Jv1$ – $Jv3$, $Jv5$ e $Zv2$ – $Zv3$), além das setas circumanais, e três pares de lirifissuras distinguíveis. Cribrum visível como duas faixas estreitas e alongadas ao longo da margem posterior do escudo ventrianal. Cutícula não esclerotizada ao longo das margens do escudo ventrianal com um par de setas ($Zv1$) e um par de lirifissuras distinguíveis. Dois pares de placas metapodais (alongadas e elipsoidais). Medidas de setas: $st1$ 16 (15–16), $st2$ 16 (15–17), $st3$ 16 (15–17), $st4$ 16 (15–17), $st5$ 16 (15–17), $Jv1$ 13 (11–16), $Jv2$ 16 (15–17),

Jv3 22 (20–23), *Jv5* 28 (27–29), *Zv1* 13 (10–14), *Zv2* 16 (14–17), *Zv3* 21 (20–22), para-anal 29 (27–30) e pós-anal 22 (19–25). Todas as setas aciculadas e lisas.



Figuras 4-6. *Dendrolaelaps* n. sp., fêmea adulta. 4. Idiossoma dorsal; 5. Idiossoma ventral; 6. Tritosterno.

Peritrema e placa peritremática. Peritrema estendendo-se até o nível da margem anterior da coxa II. Placa peritremática estreitamente fundida a região posterior da placa exopodal próxima à coxa IV; extremidade anterior da placa não fundida com escudo dorsal.

Espermateca. Não distinguível

Pernas. Comprimento das pernas: I – 276 (268–285), II – 201 (193–208), III – 188 (180–193), IV – 240 (230–250). Quetotaxia: perna I – 0-0/2, 0/0-0, trocânter 1-1/0, 2/0-1, fêmur 2-3/2, 3/1-2, genu 2-3/2, 2/2-1, tíbia 2-3/2, 2/1-1; perna II – coxa 0-0/1,

0/1-0, trocânter 1- 0/0, 0/2-1, fêmur 1-3/1, 2/1-2, genu 2-2/1, 2/1-2, tibia 2-2/1, 2/1-2; perna III – coxa coxa 0-0/1, 0/1-0, trocânter 1-1/2, 0/0-1, fêmur 1-2/1, 1/0-1, genu 2-2/1, 2/1-1, tibia 2-1/1, 2/1-1; perna IV – 0-0/1, 0/0-0, trocânter 1-1/1, 0/2-1, fêmur 1-2/0, 1/1-1, genu 1-2/1, 2/0- 1, tibia 1-2/1, 2/1-1; tarso II – IV com 18 setas cada. Pretarso I-IV semelhantes em forma e comprimento, alongados com um par de garras fortemente esclerotizadas e três lobos pulvillares arredondados.

Macho adulto. Não encontrado

Material examinado. Quatro fêmeas coletadas em serapilheira de uma pastagem em Jaboticabal (21°11'35"S; 48°14'32" W; 599 m acima do nível do mar), estado de São Paulo, Brasil, novembro de 2018. Todos os exemplares foram coletados por F.F de Paula e depositados no Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.

Observações. *Dendrolaelaps* n. sp. é a primeira espécie do gênero com seta S5 inserida em um tubérculo e com dois pares de placas metapodais. *Dendrolaelaps* n. sp. é semelhante a *Dendrolaelaps rykei* Hirschmann, 1974, mas as fêmeas deste último têm escudo podonotal com 20 pares de setas; Z5 tão longa quanto S5; cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo podonotal com dois pares de setas; escudo opistonotal com 19 pares de setas; cutícula não esclerotizada ao longo das margens laterais do escudo opistonotal com um par de setas; escudo ventrianal com quatro pares de setas além das setas circunanaís; cutícula não esclerotizada ao longo das margens do escudo ventrianal com três pares de setas.

Referências

- Athias-Henriot C (1971) La divergence néotaxique des Gamasides (Arachnides). **Bulletin Scientifique De Bourgogne** 28:93-106.
- Athias-Henriot C (1975) Nouvelles notes sur les Amblyseiini. II—Le releve organotaxique de la face dorsale daulte (Gamasides Protoadeniques, Phytoseiidae). **Acarologia** 17:20-29.
- Bregetova NG, Shcherbak GI (1977) Family Rhodacaridae Oudemans, 1902. In: Ghilyarov MS, Bregetova NG (Eds.) **Key to the soil-inhabiting mites Mesostigmata**. Leningrad: Nauka, pp. 256-307. [in Russian]
- Castilho RC (2012) **Taxonomy of Rhodacaroidea mites (Acari: Mesostigmata)**. 579f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Castilho RC, Venancio R, Narita JPZ (2015) Mesostigmata as biological control agents, with emphasis on Rhodacaroidea and Parasitoidea. In: Carrillo D, Moraes GJ, Peña JE (Eds.) **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer International Publishing, pp. 1-31.
- Evans GO (1963) Observations on the chaetotaxy of the legs in the free-living Gamasina (Acari: Mesostigmata). **Bulletin of the Natural History Museum Zoology** 10:277-303.
- Evans GO (1964) Some observations on the chaetotaxy of the pedipalps in the Mesostigmata (Acari). **Annals and Magazine of Natural History**, Series. 13:513-527.
- Halbert JN (1915) Clare Island Survey – 39. Acarinida. Section II – Terrestrial and marine Acarina. **Proceedings of the Royal Irish Academy** 31:45-136.
- Hirschmann W (1974) Gangsystematik der Parasitiformes Teil 190. Die Gattung *Dendrolaelaps* Halbert 1915 Hirschmann nov. comb. Nova Subgenera *Multidendrolaelaps*, *Tridendrolaelaps* Hirschmann. Stadien von 4 neuen *Dendrolaelaps*-Arten. **Acarologie** 20:50-70.
- Hirschmann W, Wiśniewski J (1982) Weltweite Revision der Gattungen *Dendrolaelaps* Halbert 1915 und *Longoseius* Chant 1961 (Parasitiformes). Band 1. Beschreibung der Untergattungen und Arten, Bestimmungstabellen, Chätotaxie, Porotaxie. **Acarologie** 29:1-190.
- Lindquist EE (1975) *Digamasellus* Berlese, 1905, and *Dendrolaelaps* Halbert, 1915, with descriptions of new taxa of Digamasellidae (Acarina: Mesostigmata). **The Canadian Entomologist** 107:1-43.

Lindquist EE, Evans GO (1965) Taxonomic concepts in the Ascidae, with a modified setal nomenclature for the idiosoma of the Gamasina (Acarina: Mesostigmata). **Memoirs of the Entomological Society of Canada** 97(47):5-66.

Lindquist EE, Krantz GW, Walter DE (2009) Order Mesostigmata. In: Krantz GW, Walter DE (Eds.) **A Manual of Acarology**, Third Edition, Lubbock: Texas Tech University Press, pp. 124-232.

Sweelam ME, Nasreldin MA (2017) A new species of *Dendrolaelaps* (Halbert, 1913) (Gamasida: Digamasellidae) from Egypt. **Acarines: Journal of the Egyptian Society of Acarology** 11(1):11-14.

Walter DE, Hunt HW, Elliott ET (1988) Guilds or functional groups? An analysis of predatory arthropods from a shortgrass steppe soil. **Pedobiologia** 31:247-260.

CAPÍTULO 4 – Aspectos biológicos de *Rabdocarpais* sp. (Mesostigmata: Parasitidae) sobre diferentes presas

RESUMO – Alguns membros da família Parasitidae são importantes predadores de organismos pragas de importância agrícola, inclusive tendo entre eles uma espécie comercializada para o controle biológico de pragas. Na literatura não há referências sobre aspectos biológicos e potencial predatório de espécies do gênero *Rabdocarpais* (Parasitidae). O objetivo deste estudo foi conhecer determinados aspectos biológicos de uma espécie de *Rabdocarpais* sobre o ácaro *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Astigmatina: Acaridae), o nematoide de vida livre *Rhabditella axei* (Cobbold) (Nematoda: Rhabditidae) e a mosca-doméstica *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae), para otimizar a criação desse ácaro predador em laboratório. Os testes foram realizados em ambiente climatizado. Para estudo da capacidade predatória e oviposição foram utilizadas fêmeas recém emergidas de *Rabdocarpais* sp. sobre 60 ninfas de *T. putrescentiae*, 70 ovos de *M. domestica*, 25 larvas de primeiro instar (L1) de *M. domestica*, todas as fases de *R. axei* (*ad libitum*) e como testemunha a fêmea foi submetida a ausência de alimento. Todos os tratamentos contaram com 30 repetições. Para estudo dos aspectos biológicos sobre *R. axei*, 60 ovos de *Rabdocarpais* sp. foram individualizados em pequenas unidades experimentais tendo como alimento *R. axei*. Em um ensaio complementar 75 larvas recém emergidas do predador foram distribuídas igualmente em cinco unidades experimentais maiores para testar o efeito da agragação. A média de consumo diário de *Rabdocarpais* sp. foi de 32,3 ninfas de *T. putrescentiae*, e 24,2 ovos e 13,4 larvas de *M. domestica*. A oviposição média diária foi de 1,9, 8,5, 12,5, e 20,8 sobre ninfas de *T. putrescentiae*, ovos de *M. domestica*, L1 de *M. domestica* e *R. axei*, respectivamente. Na ausência de alimento a fêmea do predador não ovipositou e sobreviveu em média 4,1 dias. A longevidade média das fêmeas copuladas foi 7,3, 6,0, 7,6, 6,3 dias se alimentando de *T. putrescentiae*, ovos e L1 de *M. domestica*, e *R. axei*, respectivamente. A duração média da fase larval de *Rabdocarpais* sp. foi de 16,9 horas, da fase de protoninfa 17,8 horas, da fase deutoninfa 12,8 dias e longevidade do adulto (machos e fêmeas virgens) 9,2 dias. A proporção sexual foi de 46:54 (fêmeas: machos). No ensaio onde as larvas do predador foram mantidas agrupadas a duração média do período entre a fase larval e a fase adulta foi de 4,7 dias. *Rabdocarpais* sp. é uma espécie ainda desconhecida para a ciência que demonstrou grande potencial como predador, os resultados aqui evidenciados são iniciais mas indicam que o nematoide vida livre é favorável para criação em laboratório.

Palavras-chave: biologia, Mesostigmata edáfico, mosca doméstica, predação.

4.1. Introdução

A família Parasitidae compreende 426 espécies distribuídas em 35 gêneros (Beaulieu et al., 2011). Os membros da família têm sido comumente relatados em ambientes ricos em matéria orgânica, colônias de insetos, ninhos de pássaros e mamíferos, em solos agrícolas e de floresta, e até em detritos de marés (Costa, 1969; Castilho et al., 2015). Além disso, algumas espécies de Parasitidae foram relatadas como predadores de pequenos artrópodes e nematoides (Castilho et al., 2015).

Alguns ácaros Parasitidae são predadores de organismos de importância agrícola, como por exemplo a espécie *Pergamasus quisquiliarum* (Canestrini), que é comercializada na Europa para o controle de sínfilos *Scutigerella immaculata* (Newport) (Symphyla: Scutigerellidae), uma praga de solo que acomete plantas ornamentais e outras culturas (Loureiro e Galvão, 1970; Gerson et al., 2003; Van Lenteren, 2012). O predador *Parasitus fimetorum* (Berlese) promoveu redução de cerca de 90% da população do ácaro do bulbo *Rhizoglyphus robini* Claparède (Astigmatina: Acaridae), em quatro semanas em condições de laboratório, enquanto o número de predadores aumentou cerca de seis vezes nesse intervalo de tempo (Lesna et al., 1995). *Parasitus fimetorum* também está associado a redução significativa do nematoide das galhas *Meloidogyne javanica* (Treub) (Nematoda: Heteroderidae) em casa de vegetação (Heikal, 2020). Membros da família se destacam também na predação de larvas de dípteros pragas de cogumelos e tripes (Al-Amidi et al., 1991; Rueda-Ramírez et al., 2019; Castro-López et al., 2021).

Rabdocarpais é um dos gêneros de Parasitidae e possui oito espécies descritas. Porém, na literatura não há referências sobre parâmetros biológicos e potencial predatório de espécies desse gênero.

A mosca-doméstica, *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae), é a espécie de mosca mais comum e difundida mundialmente, Pereira e Castro (1946) fez uso destas moscas para criação de ácaros Parasitidae em laboratório. O ácaro *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Astigmatina: Acaridae) tem sido utilizado como alimento para criação de diversos ácaros predadores Mesostigmata (Moreira e Moraes, 2015). Além disso, muitos estudos têm demonstrado que ácaros

Mesostigmata apresentam bom desempenho biológico quando alimentado com o nematoide de vida livre *Rhabditella axei* (Cobbold) (Nematoda: Rhabditidae) (Castilho et al., 2015).

Perante o exposto, o objetivo deste estudo foi conhecer determinados aspectos biológicos de uma espécie de *Rabdocarpais* sobre *T. putrescentiae*, *R. axei* e *M. domestica*, para otimizar a criação desse ácaro predador em laboratório.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Obtenção e estabelecimento da criação do predador *Rabdocarpais* sp.

Os espécimes do predador foram coletados em 2020, sobre a superfície do solo com plântulas de cana-de-açúcar, em casa de vegetação de um produtor do município de Jaboticabal, São Paulo. No setor de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus de Jaboticabal, a criação foi estabelecida a partir de adaptações da metodologia de Freire e Moraes (2007). Para tal, foram utilizados recipientes cilíndricos plásticos de 500 ml, cujas tampas continham um orifício de aproximadamente 4 cm de diâmetro, fechado com uma malha de poliéster com 0,2 mm de abertura para permitir trocas gasosas. As unidades de criação tinham como substrato vermiculita umedecida sobre uma base de aproximadamente 1 cm de espessura, constituída por uma mistura de gesso e carvão ativado na proporção 9:1, respectivamente. Os predadores eram alimentados com todos os estádios do nematoide de vida livre *R. axei* a cada dois dias, e a criação mantida em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 10\%$ de umidade, na ausência de luz.

Espécimes desse predador foram montados em lâminas de microscopia para identificação e ficou constatado que se trata de uma nova espécie para ciência, não descrita ainda.

4.2.2. Obtenção e manutenção das colônias das presas

Os espécimes de *R. axei* foram obtidos de uma criação estoque do setor de Fitossanidade da FCAV/UNESP, iniciada em 2016, com exemplares oriundos do Laboratório de Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

(ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). A criação foi mantida em recipientes cilíndricos plásticos de 500 ml, com as tampas contendo um orifício de aproximadamente 4 cm de diâmetro, fechado com uma malha de poliéster com 0,2 mm de abertura, e acondicionada em ambiente climatizado a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 10\%$ UR, na ausência de luz. A população era alimentada a cada dois dias com vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) picadas.

Os espécimes de *T. putrescentiae* foram obtidos de uma criação estoque do setor de Fitossanidade da FCAV/UNESP. Os ácaros foram mantidos em ração comercial para cães (Purina®) como substrato e alimento para seu desenvolvimento, em recipientes plásticos de 250 ml com tampas contendo um orifício de aproximadamente 4 cm de diâmetro, fechado com uma malha de poliéster com 0,2 mm de abertura. Os recipientes ficavam dispostos em uma bandeja plástica contendo uma espessa lâmina de água, suficiente para a manutenção da umidade e evitar a dispersão dos ácaros para além das unidades de criação. A criação foi mantida em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 10\%$ UR e na ausência de luz.

Adultos de *M. domestica* foram coletados em um aviário de galinhas poedeiras no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia, FCAV/UNESP, por meio de rede entomológica. No setor de Fitossanidade da FCAV/UNESP, as moscas adultas foram mantidas em gaiolas de criação confeccionadas com caixas plásticas (60cm x 40cm x 50cm), com tampa e vedação extra com fita adesiva para evitar fuga das mesmas. A tampa apresentava um orifício de aproximadamente 10 cm de diâmetro coberto com malha de poliéster de 0,2 mm de abertura, possibilitando a entrada de ar. Uma das laterais da caixa apresentava grande abertura coberta com malha de poliéster de 0,2 mm de abertura para permitir o manuseio no interior das gaiolas, bem como a entrada de ar. Os adultos das moscas foram alimentados com uma mistura homogênea de leite em pó e açúcar, na proporção de 2:1 (aproximadamente 20 g de leite em pó e 10 g de açúcar), em placas de Petri no interior da gaiola, com reposição semanal. Como substrato de oviposição para as moscas foram utilizadas tiras de tecido absorvente atalhado preto (15cm x 5cm) embebidas em leite e enroladas em formato de “charuto”, sobre uma pequena quantidade de leite contida em recipientes cilíndricos plásticos de 250 ml, que eram

colocados no interior das gaiolas. Os ovos foram retirados com ajuda de um pincel e armazenados em microtubos.

4.2.3. Potencial de predação de fêmeas *Rabdocarpais* sp. sobre diferentes presas

Este teste foi realizado seguindo a metodologia de Castilho et al. (2009) para ácaros edáficos. As unidades experimentais utilizadas foram placas de Petri de plástico (2 cm de altura x 3 cm de diâmetro), cuja base foi coberta com uma camada de 0,5 cm de uma mistura de gesso e carvão ativado (9: 1), mantida permanentemente úmida por adição diária de água destilada. Cada unidade experimental foi vedada com filme plástico transparente (Magipac®), para evitar a fuga dos ácaros. Todas as unidades foram mantidas em uma câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $95 \pm 5\%$ UR e no escuro.

Foram realizados cinco tratamentos: ninfas de *T. putrescentiae*, ovos de *M. domestica*, larvas de primeiro instar (L1) de *M. domestica*, todos os estágios de *R. axei*, e sem alimentação. Os números de presas transferidas diariamente para cada unidade experimental foram os seguintes: 1) 60 ninfas de *T. putrescentiae*; 2) 70 ovos de *M. domestica* (oferecidos em um pequeno pedaço de algodão umedecido para evitar dessecação); 3) 25 larvas L1 de *M. domestica*; 4) *R. axei* (*ad libitum*).

Fêmeas recém emergidas e copuladas de *Rabdocarpais* sp. foram retiradas aleatoriamente de uma colônia previamente elaborada com deutoninfas, e transferidas para cada unidade amostral. Foram realizadas 30 repetições por tratamento. Os parâmetros avaliados foram número de presas predadas, oviposição de predadores e taxas de sobrevivência. No tratamento com *R. axei*, não foi avaliado o número de presas consumidas devido a dificuldade que isso representava pelo tamanho diminuto dessas. As avaliações foram realizadas a cada 24 horas, durante quatro dias, devido a duração da fase adulta das fêmeas (observada em pré-testes). O ensaio foi mantido em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 10\%$ UR e na ausência de luz.

4.2.4. Aspectos biológicos de *Rabdocarpais* sp.

Para avaliação dos aspectos biológicos, 60 ovos do predador foram individualizados em unidades experimentais que consistiam em placas de Petri plásticas de 2 cm de altura por 3 cm de diâmetro, contendo como base uma camada de 0,5 cm de espessura da combinação de gesso e carvão ativado na proporção 9:1, respectivamente. Diariamente foi fornecido todas as fases de *R. axei* (*ad libitum*) contidas em fragmentos de vagem de feijão. Outros 30 ovos foram individualizados em unidades experimentais, porém sem fornecimento de alimento. Cada unidade experimental foi vedada por um filme de plástico transparente (Magipac®), para evitar a fuga dos ácaros.

Até a completa eclosão das larvas do ácaro predador, a avaliação foi feita a cada uma hora. A avaliação da duração do período larval e da fase de protoninfa foi realizada a cada duas horas, e a duração das fases de deutoninfa e adulto, a cada 24 horas. Esses períodos de avaliação foram definidos através de pré-testes.

Um ensaio complementar ao anterior foi realizado objetivando investigar uma possível influência do comportamento de agregação na duração da fase de deutoninfa, para que os indivíduos chegassem a fase adulta. Para isso foram montadas cinco unidades experimentais que simulavam unidades de criação, e, portanto, foram utilizados recipientes cilíndricos plásticos de 500 ml, com tampas contendo um orifício de aproximadamente 4 cm de diâmetro, fechado com uma malha de poliéster com 0,2 mm de abertura para permitir trocas gasosas. As unidades experimentais tinham como substrato vermiculita umedecida, sobre uma base de aproximadamente 1 cm de espessura, constituída por uma mistura de gesso e carvão ativado na proporção 9:1, respectivamente. No entanto a quantidade de vermiculita foi reduzida drasticamente à poucos grânulos para assim permitir a visualização das exúvias. Em cada unidade experimental foram liberadas quinze larvas recém-emergidas do predador, alimentadas diariamente (*ad libitum*) com todas as fases de *R. axei* presentes em fragmentos de vagem. A avaliação foi realizada a cada 24 horas.

Os ensaios foram mantidos em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $90 \pm 10\%$ UR e na ausência de luz.

4.2.5. Análise estatística

Os dados foram analisados pelo programa Past 3.26 (PAleontological STatistics). Os dados correspondentes à predação e oviposição foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) para verificação da normalidade, como não atenderam as pressuposições, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskall-Wallis ($p < 0,05$), posteriormente ao teste de Nemenyi.

4.3. Resultados

4.3.1. Capacidade predatória, oviposição e longevidade de fêmeas de *Rabdocarpais* sp. sobre diferentes presas

Todas as espécies de presas testadas foram consumidas por *Rabdocarpais* sp., sendo bastante variáveis os números médios consumidos diariamente (Tabela 1). Estas médias não foram comparadas estatisticamente, tendo em vista sua irrelevância, tendo em vista que as presas estavam em diferentes tamanhos e estágios evolutivos.

Tabela 1. Média de presas mortas, oviposição e longevidade de *Rabdocarpais* sp. sobre ninfas de *Tyrophagus putrescentiae*, ovos e larvas de *Musca domestica*, e *Rhabditella axei* (média \pm erro).

Presas	Predação	Oviposição	Longevidade
<i>T. putrescentiae</i>	32,3 \pm 1,3	1,9 \pm 0,3 d	7,3 \pm 0,4 a
<i>M. domestica</i> - ovos	24,2 \pm 1,2	8,5 \pm 1,3 c	6,0 \pm 0,2 b
<i>M. domestica</i> - L1	13,4 \pm 0,6	12,5 \pm 1,3 b	7,6 \pm 0,3 a
<i>R. axei</i>	-	20,8 \pm 2,3 a	6,3 \pm 0,3 b
Testemunha	-	-	4,1 \pm 0,1 c

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente.

Também a oviposição do predador foi observada quando este estava associado a cada espécie de presa. As taxas de oviposição foram progressivamente mais elevadas ($X^2=81,64$; $df=3$; $p<0.001$) quando a presa foi *T. putrescentiae*, ovos de *M. domestica*, L1 de *M. domestica*, e *R. axei* (Tabela 1). Quando não foi oferecido alimento ao predador, esse não ovipositou.

A oviposição de *Rabdocarpais* sp. foi substancialmente superior no primeiro de vida e regrediu ao longo dos dias sobre todas as presas, exceto se alimentando

de ninfas de *T. putrescentiae*, sobre as quais a menor taxa de oviposição verificada, manteve certa estabilidade no decorrer do período de avaliação (Figura 1). Em relação à predação, o consumo médio diário foi semelhante durante todo o período de avaliação.

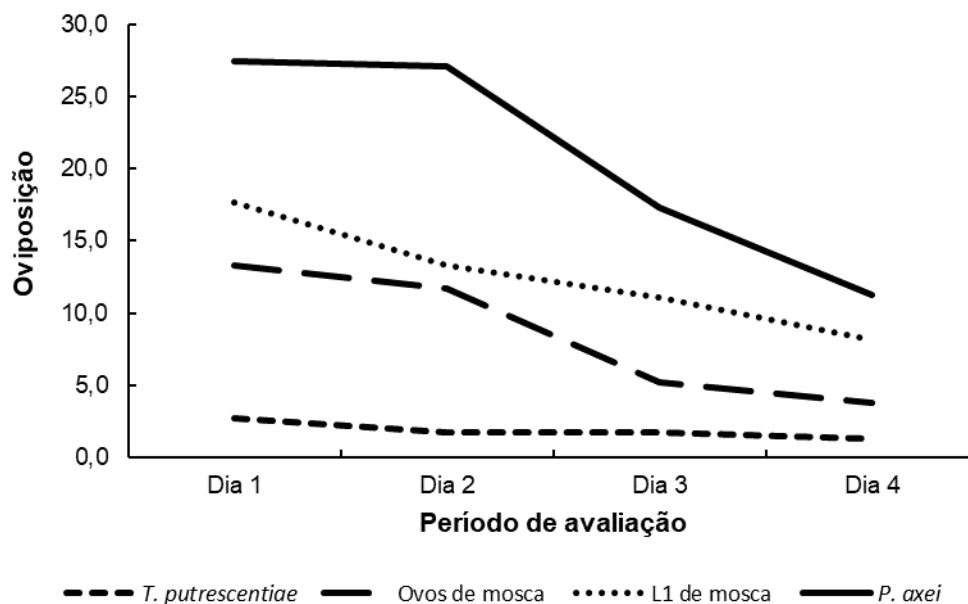


Figura 1. Oviposição média de *Rabdocarpais* sp. sobre ninfas de *Tyrophagus putrescentiae*, ovos e L1 de *Musca domestica* e *Rhabditella axei*

No que se refere a longevidade dos adultos, não houve alteração tão expressiva com a variação da dieta, embora estatisticamente significativa. Se alimentando de L1 de *M. domestica* e ninfas *T. putrescentiae* as fêmeas adultas do predador viveram um pouco mais de um dia em comparação com as demais presas, sendo em média $7,6 \pm 0,3$ e $7,3 \pm 0,4$ dias, respectivamente. Na ausência de alimento as fêmeas adultas sobreviveram em média $4,1 \pm 0,1$ dias.

4.3.2. Aspectos da biologia de *Rabdocarpais* sp. alimentado com nematoide *Rhabditella axei*

A eclosão das larvas foi 100% e não houve mortalidade nas fases de larva e protoninfa. Entretanto, 20 espécimes (33%) não passaram de deutoninfa para adulto. A duração média da fase larval foi de cerca de 17 horas e da fase de protoninfa foi de 18 horas (Tabela 2). Para aqueles indivíduos que completaram o

ciclo de vida, a duração média da fase de deutoninfa foi de cerca de 13 dias, todavia, importante salientar a discrepância na duração desse estágio evidenciado por alguns espécimes, enquanto alguns adultos emergiram após um dia como deutoninfa, outros levaram mais de 20 dias para sofrer ecdise, chegando até a 39 dias para completar seu ciclo de vida.

Na ausência de alimento as larvas sobreviveram em média cerca de 20 horas, e em seguida morreram sem mudar de instar, revelando que o predador se alimenta em sua fase larval.

Tabela 2. Duração média (horas e dias) dos estágios imaturos e fase adulta de *Rabdocarpais* sp. dos espécimes que completaram o ciclo de vida (média \pm erro padrão).

Alimento	Larva (horas)	Protoninfa (horas)	Deutoninfa (dias)	Adulto (dias)
<i>Rhabditella axei</i>	16,9 \pm 0,2 n=60	17,8 \pm 0,3 n=60	12,8 \pm 1,2 n=40	9,2 \pm 0,8 n=40
Sem alimento	20,9 \pm 0,2	0	0	0

n= número de indivíduos observados

Em relação as deutoninfas que não sofreram ecdise, a duração média dos períodos larval e de protoninfa foram idênticas a duração dos períodos iniciais daquelas que completaram o ciclo de vida, sendo 16,5 \pm 0,3 horas e 17,5 \pm 0,5 horas, respectivamente. A longevidade média destas deutoninfas foi de 28,1 \pm 3,27 dias, também com grande disparidade entre os espécimes, cujo tempo mínimo de vida foi de 10 dias e máximo de 57 dias.

No ensaio complementar, o qual pretendia avaliar o período de desenvolvimento de larvas até a fase adulta quando as larvas estavam em agregação, dentre as cinco unidades experimentais, em duas delas todas as larvas completaram o ciclo de vida em até 12 dias e ao todo apenas 17% das deutoninfas não chegaram a fase adulta. A emergência de adultos se iniciou no terceiro dia após montagem do teste, e foi nessa ocasião que houve maior proporção de emergência de adultos, cerca de 39%. (Figura 2). Foi obtida uma média de 4,7 \pm 0,2 dias para o período de fase larval até adulto, para as 62 larvas que completaram o ciclo de vida.

Essa média é cerca de três vezes menor quando comparada com a média do período de deutoninfa, sem contar o período larval e fase de protoninfa, obtida para a metodologia a qual os ovos foram individualizados.

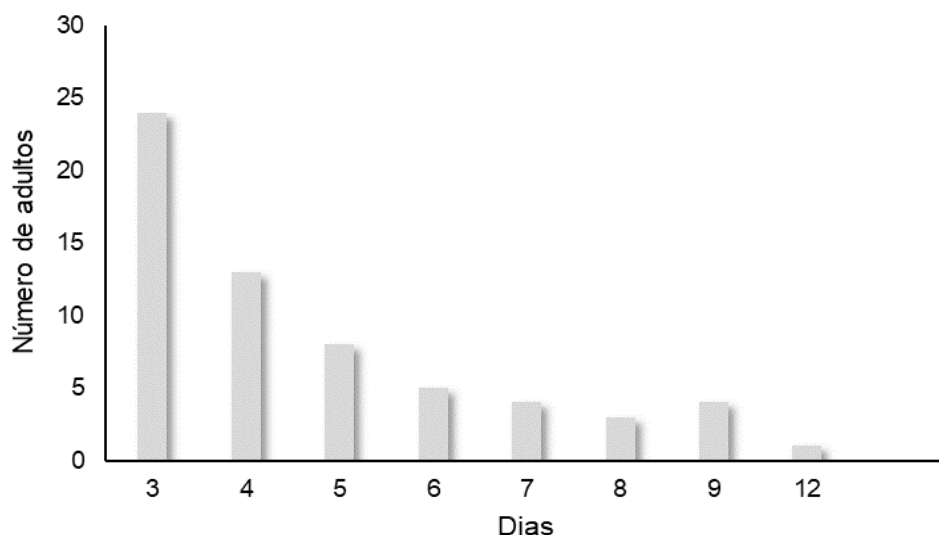


Figura 2. Emergência de adultos de *Rhabdocarpais* sp. ao longo de doze dias.

4.4. Discussão

Dentre as presas estudadas, o nematoide de vida livre *R. axei* se destaca, possibilitando alta fecundidade e alta longevidade ao ácaro predador, o que indica que essa presa é adequada para a criação do predador em laboratório. Além disso, tendo em vista a expressividade dos parâmetros bióticos, fecundidade e longevidade de *Rabdocarpais* sp. se alimentando de *R. axei*, é provável que o predador contribua significativamente no controle de nematoides fitopatogênicos. Um estudo realizado com outra espécie de Parasitidae, *P. fimetorum*, associado a *Macrocheles muscaedomesticae* (Scopoli) (Mesostigmata: Macrochelidae) demonstrou redução significativa do nematoide das galhas *M. javanica* em casa de vegetação (Heikal, 2020).

A maior taxa de predação diária de *Rabdocarpais* sp. foi observada sobre ninfas de *T. putrescentiae*, o que é positivo sob o aspecto do controle biológico desse astigmatídeo. Entretanto, a taxa de oviposição foi muito baixa, o que indica

que a presa não seria a mais adequada para a criação massal do predador, principalmente ao comparar com a oviposição quando oferecido *R. axei*.

A alta taxa de oviposição e longevidade sobre larvas de mosca-doméstica também indicam que esse predador tem potencial para o controle de esse organismo. Os resultados estão próximos ou superiores aos encontrados em ácaros da família Macrochelidae, que são muito relacionados à predação de mosca-doméstica (Azevedo et al., 2015). Algumas espécies de Parasitidae apresentam boa oviposição com outras espécies de moscas como alimento, como *Parasitus consanguineus* Oudemans & Voigts que teve alta fecundidade, 12,3 e 17,8 ovos/fêmea, se alimentando de *Megaselia halterata* (Wood) (Diptera: Phoridae) e *Lycoriella ingenua* (Dufour) (Diptera: Sciaridae), respectivamente (Szlendak e Lewandowski, 2009). A longevidade média de *P. consanguineus* tendo *L. ingenua* como dieta (6,9 dias) foi similar à longevidade média de *Rabdocarpais* sp. predando ovos e L1 de mosca-doméstica observada no presente estudo.

A maior taxa de oviposição nos primeiros dias de vida da fêmea adulta pode ser uma estratégia ecológica, pois assim estaria garantindo a continuidade da espécie, tendo em vista as condições favoráveis submetidas como disponibilidade de alimento, ausência de competição e de potenciais inimigos naturais. Sob a perspectiva do controle biológico é um comportamento favorável, pois a espécie se multiplica rapidamente promovendo rápido controle da praga.

A taxa de eclosão e sobrevivência das larvas e protoninfas do ácaro predador foram absolutas, sugerindo que o predador pode apresentar baixa variabilidade genética resultante em condições letais e/ou ser bem resistente às pequenas variações dos fatores abióticos do ambiente, tendo em vista as condições controladas às quais o experimento foi submetido. Além disso, demonstra que o nematoide de vida livre *R. axei* é favorável ao seu desenvolvimento.

A postura normalmente foi realizada sobre o substrato que continha a presa, como no caso dos fragmentos de vagem contendo nematoides, ou ainda em locais mais protegidos, como pequenas depressões presentes na superfície da base da unidade experimental. Nas primeiras horas as larvas são brancas translúcidas, se movimentam muito rapidamente, e foram sempre observadas se alimentando do nematoide de vida livre. Isso pode ser comprovado no tratamento em que não foi

oferecido alimento para as larvas do predador, e essa não passarm para a fase de protoninfa. As protoninfas são menos ágeis, apresentam uma coloração amarelada, e também foram observadas se alimentando da presa.

O desenvolvimento das fases de larva e protoninfa foi mais rápido do que o observado em *Parasitus bituberosus* Karg (Parasitidae) isolado, se alimentando de nematoides de vida livre, com cerca de 1,3 dias em ambas as fases (Rueda-Ramírez et al., 2019). Estes mesmos autores observaram baixa sobrevivência de *P. bituberosus*, apenas 23%, desde a fase de ovo a adulto quando isolados, *Rabdocarpais* sp. apresentou sobrevivência de 67%, ou seja, comparativamente *Rabdocarpais* sp. apresentou alta emergência de adultos mesmo mantidos isoladamente.

A duração da fase de deutoninfa de *Rabdocarpais* sp. foi o dobro daquela verificada em *P. bituberosus* em isolamento (Rueda-Ramírez et al., 2019). *Rabdocarpais* sp. apresentou grande desuniformidade na metamorfose entre os espécimes isolados, e apenas 23% das deutoninfas tornaram-se adultos em até sete dias. Entretanto, quando agregadas 39% tornaram-se adultos em menos de cinco dias. Além disso, a emergência de adultos aumentou para 83% quando larvas foram agregadas e a duração média do período imaturo, sem incluir fase embrionária, foi de 4,7 dias, evidenciando os benefícios da agregação para o desenvolvimento de *Rabdocarpais* sp..

O efeito positivo da agregação sobre espécies da família Parasitidae já foi relatado por outros autores (Ito, 1973; Ito, 1976; Yasui, 1997; Szafranek et al., 2013; Rueda-Ramírez et al., 2019), ainda que as razões não tenham sido elucidadas. Rueda-Ramírez et al. (2019) supõem que a interrupção da muda das deutoninfas isoladas está associada à reprodução e ao comportamento forético nesse estágio (Lindquist et al., 2009), pois assim permitiria que a futura fêmea adulta encontrasse parceiros para o acasalamento. Outros benefícios proporcionados pelo agrupamento podem ser a redução dos esforços de autoproteção, captura ou consumo de presas (Usher; Davis, 1983; Strodl; Schausberger, 2013; Walter; Proctor, 2013).

Não houve distinção relevante no padrão de desenvolvimento apresentado entre machos e fêmeas, e a proporção sexual foi 46: 54 (fêmeas: machos). As fêmeas adultas não ovipositaram, confirmando a necessidade de cópula para

reprodução da espécie, característica comum no grupo (Lindquist et al., 2009). Além disso, observações evidenciaram que o macho pode se acoplar às deutoninfas para realização posterior da cópula quando a fêmea atingir maturidade sexual, bem como foi observada cópula com fêmeas adultas. Outro fator observado foi o canibalismo de larvas e protoninfas pelas deutoninfas e adultos.

Embora a reprodução dos predadores seja de suma importância em programas de controle biológico e presumindo condições que a impeça, a alta longevidade das deutoninfas que não emergiram em adultos e de adultos, incluindo machos e fêmeas virgens, pode ser favorável na conjuntura do biocontrole sob a ótica da alimentação regular do predador, que demonstrou alta voracidade desde a fase larval até a morte.

Rabdocarpais sp. apresentou desenvolvimento similar a outras espécies da família Parasitidae, principalmente em agregação. A espécie foi capaz de completar seu ciclo de vida estando isolada, todavia a agregação surtiu efeito positivo, diante disso, sugere-se estudos complementares que possam avaliar de forma mais minuciosa os aspectos biológicos de *Rabdocarpais* sp. nesta condição. *Rabdocarpais* sp. é uma espécie ainda desconhecida para a ciência que demonstrou potencial como predador, os resultados aqui evidenciados são iniciais e objetivaram trazer conhecimentos básicos a respeito dos aspectos biológicos e do potencial de predação da espécie, mas indicam que nematoide de vida livre é um alimento favorável para criação desse predador em laboratório. Porém, faz-se necessário mais estudos para melhor compreensão das suas características biológicas e potencial predatório.

Referências

Al-Amidi AHK, Dunne R, Downes MJ (1991) *Parasitus bituberosus* (Acari: Parasitidae): an agent for control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) in mushroom crops. **Experimental and Applied Acarology** 11:159–66.

Beaulieu F, Dowling APG, Klompen H, de Moraes GJ, Walter DE (2011) Superorder Parasitiformes Reuter, 1909. In: Zhang Z-Q (Ed) Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa** 3148:123–128.
Castro-López A, Ramírez-Godoy A, Osorio W, Rueda-Ramírez D (2021) Predation and oviposition rates of *Gaeolaelaps aculeifer* and *Parasitus bituberosus* (Acari:

Laelapidae and Parasitidae) on pre-pupae/pupae of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). **Acarologia** 61(2):394–402.

Chmielewski W (1999) Acceptance of buckwheat grain as food by *Tyrophagus putrescentiae*. **Fagopyrum** 16:95–97.

Costa M (1969) The associations between mesostigmatic mites and coprid beetles. **Acarologia** 11:411–428.

Eraky AS (1995) Some biological aspects of *Tyrophagus putrescentiae*. In: Kropczynska D, Boczek J, Tomczyk A (Eds.), **The Acari**. Oficyna Dabor, Warszawa, p. 127–133.

Freire RAP, Moraes GJ (2007) Mass production of the predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Acari: Laelapidae). **Systematic and Applied Acarology** 12:117–119.

Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) **Mites for pest control**. Oxford: Blackwell Science. 539 p.

Gulati R, Manoj A (2017) Damage potential of *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Acari: Acaridae) in mushrooms. **Emergent Life Sciences Research** 3:6–15.

Heikal HM (2020). *Parasitus fimetorum* and *Macrocheles muscaedomesticae* (Acarina: Parasitidae, Macrochelidae) as natural predators of the root knot nematode, *Meloidogyne javanica* Treub. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 30(1):1–7.

Ito Y (1973) Effect of isolation on the moult of *Parasitus* sp.: deutonymphs (Acarina: Mesostigmata). **Applied Entomology and Zoology** 8:1–7.

Ito Y (1976) Contact stimulation by crowding for induction of molting in *Parasitus gregarius* deutonymphs (Acarina: Parasitidae). **Applied Entomology and Zoology** 11:295–301.

Lesna I, Sabelis MW, Bolland HR, Conijn CGM (1995) Candidate natural enemies for control of *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata) in lily bulbs: exploration in the field and pre-selection in the laboratory. **Experimental and Applied Acarology** 19:655–669.

Lindquist EE, Krantz GW, Walter DE (2009) Order Mesostigmata. In: Krantz GW, Walter DE (Ed.) **A Manual of Acarology**. Lubbock: Texas Tech University Press. pp. 124–232.

Loureiro MC, Galvão JD (1970) Nota sobre *Hanseniella* sp. (Symphyla) praga de arroz (*Oryza sativa* L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Ceres** 17:86–90.

Moreira GF, Moraes GJ (2015) The potential of free-living laelapid mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes GJ,

Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida: Springer. pp. 77–102.

Rueda-Ramírez D, Rios-Malaver D, Varela-Ramírez A, Moraes GJ (2019). Biology and predation capacity of *Parasitus bituberosus* (Acari: Mesostigmata: Parasitidae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), and free-living nematodes as its complementary prey. **Pest Management Science** 75(7):1819–1830

Strodl MA, Schausberger P (2013) Social familiarity relaxes the constraints of limited attention and enhances reproduction of group-living predatory mites. **Oikos** 122:1217–1226.

Szlendak E, Lewandowski M (2009) Development and reproductive capacity of the predatory mite *Parasitus consanguineus* (Acari: Parasitidae) reared on the larval stages of *Megaselia halterata* and *Lycoriella ingenua*. **Experimental and Applied Acarology** 47(4),285–292.

Szafranek P, Lewandowski M, Kozak M (2013) Prey preference and life tables of the predatory mite *Parasitus bituberosus* (Acari: Parasitidae) when offered various prey combinations. **Experimental and Applied Acarology** 61:53–67.

Usher M, Davis PR (1983) The biology of *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Mesostigmata): is there a tendency towards social behaviour? **Acarologia** 24:243–250.

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

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

Walter DE, Proctor HC (2013) **Mites: Ecology, Evolution & Behaviour. Life at a Microscale**, 2nd edn. Dordrecht: Springer 494 p.