**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ácaros e nematoides edáficos no estado de São Paulo: diversidade e
aplicações em programas de controle biológico**

Vinícius Borges da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2019**

Vinícius Borges da Silva
Engenheiro Agrônomo *Magna Cum Laudi*

Ácaros e nematoides edáficos no estado de São Paulo: diversidade e aplicações em programas de controle biológico

Orientador:
Prof. Dr. **GILBERTO JOSÉ DE MORAES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Vinícius Borges da

Ácaros e nematoides edáficos no Estado de São Paulo: diversidade e aplicações em programas de controle biológico/ Vinícius Borges da Silva.
- - Piracicaba, 2019.

55p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Taxonomia 2. Mesostigmata 3. Ácaros predadores 4. Nematoides edáficos I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Alexandre Brandão da Silva e Maria Conceição Borges da Silva

À minha noiva

Ana Rachel Rodrigues

À minha irmã

Ana Clara Borges da Silva

Aos filhos de quatro patas

Átila, Yoko e Pretinho

Por todo amor, suporte e paciência

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP) pela grande oportunidade de conduzir meu curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Gilberto José de Moraes por ter me recebido e orientado na realização da dissertação, pelos ensinamentos, incentivo e disponibilidade em me auxiliar durante todo o mestrado.

Ao Prof. Dr. Mario M. Inomoto, pela concessão do espaço em seu laboratório para extração dos nematoides e ajuda na identificação.

Ao Prof. Dr. Carlos H. W. Flechtmann pela ajuda em diversas ocasiões, durante a realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. José Wagner da S. Melo e Profa. Dra. Débora Barbosa de Lima, por me incentivar e dar todo o apoio para realizar o mestrado fora da minha instituição de origem.

A Dra. Leticia Henrique de Azevedo, pela amizade, suporte nas coletas e identificações dos Macrochelidae, por todos os ensinamentos diários.

Ao Dr. Jandir Cruz Santos por ter me acolhido no laboratório desde o primeiro dia que cheguei, pelos conselhos, amizade e ajuda na identificação dos ácaros.

A Dra. Diana M. Rueda Ramírez pela amizade e auxílio na análise dos dados.

Ao Dr. Eric Palevsky pela oportunidade de participar de vários projetos complementares.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade.

Aos companheiros do Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP Carlos Alberto Ortega, Elias S. Figueiredo, Elsa Liliana de Mello, João B. da Cruz, Lina M. G. Cano, Fernanda de C. N. Esteca, Marcela M. R. da Silva, Marina F. C. Barbosa, Mariana Yamada, Bruno H. C. Clazzer, Danilo U. de Carvalho, Graziela G. Pereira, Lucas Barbosa, Luiz A. S. de Castro, Matheus P. Ferreira, Rosely S. Pereira e Tais Cabrera.

Ao Sr. Lásaro V. F. da Silva (In Memoriam) por todo suporte no laboratório de acarologia.

A Sra. Sônia R. Antedomênico pelo auxílio na montagem das lâminas de nematoides.

Ao Sr. Josenilton L. Mandro pela grande ajuda nas coletas de campo.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),
pela concessão da bolsa.

EPÍGRAFE

“Aonde devemos ir..

Nós que peregrinamos por esse deserto à procura do melhor de nós? ”.

O Primeiro Homem da História

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1. IMPORTANCIA DA MESOFAUNA EDÁFICA	11
1.2. MESOSTIGMATA EDÁFICOS	12
1.3. POTENCIAL DE ÁCAROS COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO.....	13
2. DIVERSIDADE DE ÁCAROS, COM ÊNFASE NAS ESPÉCIES PREDADORAS, E DISPONIBILIDADE DE NEMATOIDES COMO SUAS PRESAS POTENCIAIS EM SOLOS DO NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	16
2.1. INTRODUÇÃO.....	17
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	18
2.3. RESULTADOS.....	20
2.4. DISCUSSÃO	28
REFERÊNCIAS.....	32
3. DESCRIÇÃO DE UMA NOVA ESPÉCIE DE <i>Holostaspella</i> (ACARI: MACROCHELIDAE).....	35
3.1. INTRODUÇÃO.....	35
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.3. RESULTADOS.....	37
REFERÊNCIAS.....	43
4. OVIPOSIÇÃO DE <i>MACROCHELES EMBERSONI</i> E <i>MACROCHELES MUSCAEDOMESTICAE</i> ALIMENTADOS COM DIFERENTES NEMATOIDES DE VIDA LIVRE	45
4.1. INTRODUÇÃO.....	46
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.3. RESULTADOS.....	49
4.4. DISCUSSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55

RESUMO

Ácaros e nematoides edáficos no estado de São Paulo: diversidade e aplicações em programas de controle biológico

O solo é um ecossistema de extrema diversidade, onde são encontrados diferentes grupos de organismos exercendo funções diversas e que interagem continuamente. Ácaros e nematoides estão entre os principais grupos de organismos edáficos. O conhecimento da abundância e da diversidade de ácaros e nematoides em solos de áreas naturais e agroecossistemas é portanto considerado importante, principalmente quando há interesse na introdução ou conservação de organismos benéficos para o propósito de controle biológico. Os objetivos do estudo relatado neste documento foram: realizar a caracterização da composição de ácaros predadores edáficos e nematoides a estes associados em áreas de cana-de-açúcar, pastagem e vegetação natural; descrever uma nova espécie de *Holostaspella* Berlese (Macrochelidae) coletada no estado de São Paulo; e avaliar a oviposição de *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto e *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli alimentados com nematoides de vida livre encontrados em áreas propícias para a ocorrência da mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans* autor??). No total, 8.771 ácaros e aproximadamente 55.000 nematoides foram encontrados no estudo em áreas de cana-de-açúcar, pastagem e vegetação natural, em Barretos, norte do Estado de São Paulo. Os ácaros foram mais abundantes em pastagem, porém mais diversos na vegetação natural. Os nematoides foram mais abundantes na pastagem (não foram avaliados na vegetação natural), sendo encontrados em maior proporção os nematoides não fitoparasitos. A descrição de uma nova espécie de *Holostaspella* encontrada no estudo foi realizada. *M. embersoni* and *M. muscaedomesticae* foram capazes de ovipositar quando alimentados com nematoides de vida livre oriundos das áreas de cana-de-açúcar e pastagem. Os resultados sugeriram que os nematoides de vida livre podem incrementar a eficácia do controle da mosca-dos-estábulo no campo, permitindo a permanência e a reprodução de predadores macroquelídeos em períodos de escassez desta mosca parasita.

Palavras-chave: Taxonomia; Mesostigmata; Ácaros predadores; Nematoides edáficos

ABSTRACT

Edaphic mites and nematodes from São Paulo state: diversity and applications in biological control programs

Soil is an extremely diverse ecosystem, in which different groups of organisms performing different functions interacting continuously are found. Mites and nematodes are among the major groups of edaphic organisms. Knowledge about abundance and diversity of both mites and nematodes in natural areas and in agroecosystems is hence considered important, especially when there is interest on the introduction or conservation of natural enemies for biological control purposes. The aims of the study reported in this document were: to characterize the composition of soil predatory mites and associated nematodes in sugarcane cultivation, pasture and natural vegetation areas; to describe a new species of *Holostaspella* Berlese (Macrochelidae) collected in São Paulo state; and to evaluate the oviposition of *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto and *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli fed with free-living nematodes found in areas suitable for the occurrence of stable fly (*Stomoxys calcitrans* autor??). In total, 8,771 mites and approximately 55,000 nematodes were found in sugarcane cultivation, pasture and natural vegetation areas, in Barretos, northern São Paulo state. Mites were most abundant in pasture but more diverse in natural vegetation areas. Nematodes were most abundant in pasture (they were not evaluated in areas of natural vegetation), where non plant parasitic nematodes were predominant. A new *Holostaspella* species found in the study was described. *Macrocheles embersoni* and *M. muscaedomesticae* were able to oviposit when fed with free-living nematodes from sugarcane cultivation and pasture areas. The results suggested that the free-living nematodes may increase the efficacy of the control of the stable fly in the field, allowing the persistence and reproduction of the macrochelid predators in periods of scarcity of that parasitic fly.

Keywords: Taxonomy; Mesostigmata; Predatory mites; Edaphic nematodes

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. IMPORTÂNCIA DA MESOFAUNA EDÁFICA

O ecossistema solo é um habitat onde estão presentes diversos organismos em contínua interação, alternando constantemente as propriedades químicas, físicas e biológicas do meio (Pankhurst & Lynch, 1994). Existem variações da abundância e diversidade das comunidades edáficas, principalmente em função das variações as características do solo, do clima e da cobertura vegetal da região (Laveille & Pashanasi, 1989). São muitas as funções associadas à fauna edáfica, entretanto, destaque pode ser feito à participação nos processos de ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica (Assad, 1997).

Dentre estes organismos, ácaros e nematoides são considerados como bioindicadores da qualidade do solo, devido à sensibilidade destes organismos a possíveis variações de manejo no uso da terra, relação com os processos biológicos que ocorrem no solo e pela relativa facilidade de mensuração destes organismos (Van Straalen, 1998; Doran & Zeiss, 2000). Ácaros fazem parte da mesofauna e são responsáveis por diversos processos (Ruf & Beck, 2005). A grande maioria dos ácaros predadores encontrados no solo pertence à ordem Mesostigmata, exercendo ação predatória sobre outros ácaros, nematoides e pequenos insetos (Ruf & Beck, 2005).

Nematoides estão incluídos na microfauna, exercendo funções diversas no ecossistema (Yeates et al., 1993). A nematofauna é composta por grupos de indivíduos fitoparasitos, onívoros, bacteriófagos, micófagos e predadores, estando ligados ao processo de transferência de energia nas teias alimentares (Neher, 2010). Existe ainda o grupo de nematoides parasitas de animais, podendo causar perdas aos pecuaristas (Mota et al., 2003).

Os nematoides fitoparasitos estão associados principalmente às raízes das plantas, sendo ectoparasitos ou endoparasitos, causando danos econômicos nos mais diversos cultivos (Waweru et al., 2014). A maioria dos demais nematoides do solo são considerados de vida livre, exercendo atividade predatória ou alimentando-se de microrganismos (Neher, 2010). Todos podem servir de fonte de alimento para ácaros predadores.

A adoção de diferentes práticas agrícolas pode afetar a biota edáfica, em relação à diversidade, abundância de espécies e interações dos diferentes grupos presentes no

solo (Laveille et al., 2006). O conhecimento da variação da diversidade de grupos de microartrópodes e nematoides em solos de agroecossistemas é relevante, principalmente quando há interesse na introdução ou conservação de organismos benéficos, como em programas de controle biológico de pragas.

1.2. MESOSTIGMATA EDÁFICOS

Os ácaros constituem o segundo maior grupo de artrópodes, podendo ser encontrados nos mais diversos ambientes (Moraes & Flechtmann, 2008). Estes fazem parte da classe Arachnida, alocados na subclasse Acari. Estima-se que 50.000 espécies já foram descritas em todo planeta, com uma gama de hábitos alimentares, sendo predadores, parasitos, fitófagos e micófagos (Moraes & Flechtmann, 2008; Krantz & Walter, 2009). De forma geral, a maior diversidade e abundância de ácaros ocorre no solo, onde estes organismos são encontrados principalmente na camada superficial e nos primeiros centímetros do solo (Moraes & Flechtmann, 2008).

No solo, os ácaros mais comuns pertencem à ordem Sarcoptiformes, subordem Oribatida (Krantz & Walter, 2009). Os Oribatida estão relacionados principalmente aos processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, tendo a capacidade de se alimentar de partículas sólidas (Moraes & Flechtmann, 2008; Krantz & Walter, 2009).

A ordem Mesostigmata é composta por organismos com hábito alimentar essencialmente predatório, sendo a segunda ordem de ácaros mais abundantes no solo, tendo destaque a coorte Gamasina (Lindquist, Krantz & Walter, 2009). Mesostigmata (Gamasina) edáficos encontradas com maior frequência são os Ascoidea, Dermanyssoidea, Eviphidoidea, Parasitoidea, Phytoseioidea, Rhodacaroidea, Veigaioidea e Zerconoidea (Lindquist, Krantz & Walter, 2009).

1.3. POTENCIAL DE ÁCAROS COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

O controle químico é o método mais utilizado no controle de pragas edáficas. Entretanto, o uso destes produtos pode levar à eliminação de organismos não alvos, podendo assim comprometer as interações tróficas nas comunidades presentes no solo (Odum, 1983). Atualmente, a procura por agentes de controle biológico está sendo enfatizada em distintos países, como alternativa ao uso de produtos químicos para o controle de pragas (Gerson, Smiley & Ochoa., 2003). Diversos são os relatos de Mesostigmata como predadores eficientes de pragas edáficas (Castilho et al., 2009a; Moreira & Moraes, 2015; Azevedo et al., 2015; Azevedo et al., 2018).

Estudos conduzidos em laboratório e semi-campo tem demonstrado o potencial de ácaros predadores em programas de controle biológico aplicado (Freire et al., 2007; Castilho et al., 2009a.; Castilho et al., 2009b; Britto et al., 2012; Azevedo et al., 2018). Atualmente, já existem empresas que comercializam ácaros predadores para o controle determinadas pragas. Entre as espécies já disponíveis comercialmente, podemos citar os ácaros fitoseídeos *Neoseiulus barkeri* Hughes, para controle do ácaro branco, *Polyphagotarsonemus latus* (Tarsonemidae), em hortaliças; *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks), para o controle do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae), e *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot para controle de ácaro branco e mosca branca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae).

Com relação aos ácaros predadores encontrados no solo, *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley), *Stratiolaelaps miles* (Berlese) e *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), todos pertencentes à família Laelapidae, já são comercializados para o controle de “fungus-gnats” (Diptera: Sciaridae) e tripes (Thysanoptera). Além da família Laelapidae, *Macrochesles robustulus* (Berlese) da família Macrochelidae é utilizado comercialmente na Europa para controle de *Lyprauta* spp. (Diptera: Keroplatidae). No Brasil, são utilizados comercialmente *N. californicus* e *P. macropilis*, para controle de *T. urticae*, e *S. scimitus*, para controle de fungus-gnats.

Referências

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In : VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.

AZEVEDO, L. H.; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; Moraes, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015 pp. 103–132.

AZEVEDO, L. H.; FERREIRA, M. P.; CASTILHO, R. C.; CANÇADO, H. D.; MORAES, G. J. Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agentes of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho and Berto on *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Biological Control**, V. 123, p. 1-8, 2018.

BRITTO, E. P. J.; MORAES, G. J. de.; ELODIE, G. How promising is *Lasioseius floridensis* as a control agent of *Polyphagotarsonemus latus*? **Experimental & Applied Acarology** (Dordrecht. Online), v. 1, p. 1, 2012.

CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J. de; SILVA, E. S.; FREIRE, R. A. P.; EIRA, F. C. The predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* as a control agent of the fungus gnat *Bradysia matogrossensis* in commercial production of the mushroom *Agaricus bisporus*. **International Journal of Pest Management**, London, v. 53, p. 181-185, 2009a.

CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J.; SILVA, E. S.; SILVA, L. O. S. Predation potencial and biology of *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). **Biological control**, v. 48, p. 164- 167, 2009b.

DORAN, J. W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, V. 15, p. 3–11, 2000.

FREIRE, R. A. P.; MORAES, G. J. de.; SILVA, E. S.; VAZ, A. C. F.; CASTILHO, R. C. Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera: Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 42, p. 87-93, 2007.

GERSON, U.; SMILEY, R.L; OCHOA, R. **Mites (acari) for pest control**. Oxford, Blackwell Science, 2003, 539p.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A Manual of Acarology**. 3^a.ed. Texas Tech University Press; Lubbock, Texas, p. 807, 2009.

LAVEILLE, P. Soil invertebrates and ecosystems services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, n.1, p.3-15, 2006.

LAVEILLE, P & PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v. 33, p. 283-29, 1989.

LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: Krantz, G.W. e Walter, D.E. **A Manual of Acarology**, Third Edition, Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, p. 124–232, 2009.

MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. 1ª.ed. Ribeirão Preto: Holos, v.1. p. 288, 2008.

MOREIRA, G. F.; MORAES, G. J. The potential of free-living Laelapid Mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agentes. In: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; & PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, pp. 103–132. 2015.

MOTA, M.A; CAMPOS, A.K; ARAÚJO, J.V. Controle biológico de helmintos parasitos de animais: estágio atual e perspectivas futuras. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.23, 3, p.93-100, 2003.

NEHER, D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, v. 33, p. 161–168, 2001.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara, 1983. 434p.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994. p.3-12.

RUF, A.; BECK, L. The use of soil mites in ecological soil classification and assessment concepts, with perspectives for oribatid mites. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, p. 290-299, 2005.

VAN STRAALLEN, N. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, p. 429-437, 1998.

WAWERU, B., TUROOP, L., KAHANGI, E., COYNE, D., DUBOIS, T. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). **Biological Control**, v. 74, p. 82–88, 2014.

YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M.; FRECKMAN, D.W.; Georgieva, S.S. Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315–331, 1993.

2. DIVERSIDADE DE ÁCAROS, COM ÊNFASE NAS ESPÉCIES PREDADORAS, E DISPONIBILIDADE DE NEMATOIDES COMO SUAS PRESAS POTENCIAIS EM SOLOS DO NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Resumo

Extensas áreas do estado de São Paulo são ocupadas por pastagens e por culturas semi-perenes, especialmente a cana-de-açúcar. Os diferentes tipos de uso da terra por propósitos econômicos exercem profundos efeitos nas comunidades de organismos. O conhecimento da diversidade de ácaros e nematoides do solo é fundamental para o sucesso de programas de controle biológico envolvendo a liberação e/ ou a conservação de inimigos naturais. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização da composição de ácaros predadores edáficos e nematoides a estes associados na região de Barretos, norte de São Paulo, onde são encontradas áreas de pastagem, de cultivo de cana-de-açúcar e de vegetação natural. No total, 8.771 ácaros e aproximadamente 55.000 nematoides foram encontrados. Os ácaros foram mais abundantes em pastagem, porém mais diversos na vegetação natural. Os nematoides foram mais abundantes na pastagem, sendo encontrado em maior proporção os grupos não fitoparasitos.

Palavras chave: Ácaros edáficos; Nematoides de vida livre; Gamasina; Prostigmata

Abstract

Extensive areas of São Paulo state are occupied by pastures and semi-perennial crops, especially sugarcane. The different types of land use for economic purposes have profound effect on the communities of organisms. Knowledge about the diversity of soil mites and nematodes is fundamental for the success of biological control programs involving the release and/ or conservation of natural enemies. The objective of this work was to characterize the composition of edaphic predatory mites and associated nematodes in Barretos region, northern São Paulo state, where pastures, sugarcane cultivation and natural vegetation areas are found. In total, 8,771 mites and approximately 55,000 nematodes were found. Mites were most abundant in pastures, but most diverse in natural vegetation areas. Nematodes were most abundant in pasture, with a predominance of non-plant parasitic species.

Keywords: Edaphic mites; Edaphic nematodes; Gamasina; Prostigmata

2.1. Introdução

As áreas rurais do estado de São Paulo encontram-se ocupadas principalmente por pastagens (33%) e culturas semi-perenes (30%), sendo grande parte destas representadas pela cana-de-açúcar (Angelo & Ghobril, 2017). Devido a esta porção majoritária das terras destinadas à exploração econômica direta, a superfície territorial com cobertura vegetal natural, composta principalmente pelos biomas Mata Atlântica e Cerrado, corresponde a apenas 16,3% da área total do estado (Angelo & Ghobril, 2017).

Atualmente, a cultura da cana-de-açúcar e as atividades pecuárias (para carne e leite) são as cadeias de maior rentabilidade na produção agropecuária no estado de São Paulo (Bueno et al., 2017). No setor canavieiro, o estado apresenta 62% da produção nacional e 51,8% da área cultivada no país (CONAB, 2016). Já no segmento de produção animal, o rebanho paulista é o 8º maior do país, com cerca de 11,6 milhões de cabeças (IBGE, 2006).

De acordo com a Lei nº 12.727, de 2012, toda propriedade ou posse rural deve ter uma área de reserva legal, visando a assegurar a manutenção e continuidade dos processos ecológicos, além de proporcionar a perpetuação da biodiversidade (BRASIL, 2012). Em propriedades localizadas em São Paulo, a Mata Atlântica é um dos biomas naturais que podem ser encontrados em parcelas preservadas de propriedades rurais. Este é considerado um bioma de extrema diversidade e abundância em relação à fauna e flora (Tabarelli et al., 2005).

Cada sistema de uso da terra é caracterizado por suas práticas de manejo particulares, visando a adequar da melhor forma a área disponível ao seu objetivo. Essa adequação das áreas com abordagens particulares no manejo da terra pode influenciar não só comunidades de organismos presentes nestes sistemas, mas também interferir nas interações de diversos grupos presentes no local, principalmente no solo (Assad, 1997).

A biota edáfica pode ser altamente diversificada, sendo composta por inúmeros grupos de organismos que participam de diferentes funções no ecossistema (Brown & Sautter, 2009). Dentre os organismos edáficos, ácaros e nematoides tem a capacidade de servir como indicadores de possíveis desequilíbrios ambientais devido à sensibilidade destes organismos a possíveis variações de manejo no uso da terra, relação com os processos biológicos que ocorrem no solo e pela relativa facilidade de mensuração destes organismos (Van straalen, 1998; Doran & Zeiss, 2000; Ugarte et al., 2013)..

Entretanto, podem também estar associados ao solo organismos cuja presença em determinadas densidades pode gerar algum tipo de dano econômico. Tanto em áreas ocupadas por cultivos de cana-de-açúcar quanto em pastagens, insetos e fitonematoides podem ter picos populacionais ocasionados por desequilíbrios entre as comunidades (Alves et al., 2006).

Um dos possíveis agentes naturais para manutenção da densidade populacional de insetos-praga e fitonematoides abaixo do nível de dano econômico são os ácaros predadores, que podem consumir insetos imaturos (Koehler, 1999; Ruf & Beck, 2005). Outro recurso alimentar utilizado por estes ácaros são nematoides. Dentre os ácaros predadores edáficos no solo, os mais comuns pertencem à coorte Gamasina da ordem Mesostigmata. Outros ácaros comumente encontrados no solo são subordem Prostigmata da Ordem Trombidiformes, assim como a coorte Astigmatina da subordem Oribatida da Ordem Sarcotiformes e outros Oribatida. No restante deste trabalho, estes serão referidos como Mesostigmata, Prostigmatata, Astigmatina e “outros Oribatida”.

Portanto, estudos de diversidade, principalmente de ácaros e nematoides, permitem a compreensão dos padrões ecológicos que ocorrem no solo, tanto em áreas naturais quanto em agroecossistemas, onde há constante interferência antropogênica. O conhecimento da diversidade destes organismos é essencial para adoção de estratégias que visam a reduzir a população de organismos praga, principalmente quando pensamos em programas de controle biológico, com a liberação ou a preservação de inimigos naturais presentes na área.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização da composição de ácaros predadores edáficos e nematoides a estes associados.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Coletas

As coletas foram realizadas trimestralmente, entre setembro de 2018 e junho de 2019, na Fazenda Santa Inês, Barretos, estado de São Paulo (20°40'S, 48°34' W). Em cada ocasião, foram coletadas de forma aleatória 64 amostras indeformadas de serapilheira + solo em áreas de cana-de-açúcar da variedade CTC 4 em 2° (área A1) e 4° cortes (A2), vegetação natural (Mata Atlântica) (A3) e pastagem cv. Tifton 78 (A4). As amostras foram obtidas com auxílio de um cilindro de metal com dimensões de 5 cm de

diâmetro x 7 cm de altura, para extração dos ácaros. Adjacentes às amostras retiradas para fins acarológicos, foram tomadas 48 amostras deformadas, com aproximadamente 500 g cada, nas áreas de cana-de-açúcar e pastagem para a extração dos nematoides. Coletadas as amostras, as mesmas foram armazenadas em caixas de poliestireno (Isopor®) contendo um gel congelável (Gelox®) e transportadas ao Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP.

2.2.2. Extração e identificação dos ácaros

Cada amostra foi colocada em um funil de Berlese-Tullgren modificado, em que permaneceu durante cinco dias para extração dos ácaros, sendo estes coletados em frascos contendo álcool 70% para conservação dos espécimes. Após a extração, o material dos frascos foi processado sob estereomicroscópio, sendo os ácaros transferidos com o auxílio de um pincel de cerdas finas para tubos (Eppendorf®) de 1 ml. Os ácaros mais esclerotizados foram clarificados em meio Nesbitt, sendo em seguida todos os espécimes montados em lâminas de microscopia, em meio de Hoyer. As lâminas foram mantidas por sete dias a 45-50°C e então lutadas com verniz cristal. Todas as fêmeas adultas de Gamasina foram identificadas pelo menos ao nível de gênero, chegando ao nível de espécie quando possível, utilizando microscópios de contraste de fases (Leica, DMLB) e de interferência (Nikon, DIC 80i). As identificações até gênero foram realizadas com base na utilização de chaves de identificação não publicadas no “V Treinamento em Reconhecimento de Ácaros Mesostigmata de Importância Agrícola (Phytoseiidae, Ascidae *sensu latu*, Laelapidae, Rhodacaroidea, Macrochelidae, Parasitidae e Ameroseiidae)” oferecido pelo Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP. Quando possível, as fêmeas foram identificadas até espécie, utilizando descrições originais e redescrições presentes na literatura e disponíveis no Laboratório de Acarologia.

2.2.3. Extração dos nematoides

Os nematoides foram extraídos pelo “Método de Jenkins” (Jenkins, 1964). Para tanto, alíquotas de 200 cm³ de solo foram retiradas de cada uma das amostras de solo coletadas. Estas foram transferidas para um balde, adicionando-se aproximadamente 4 litros de água, homogeneizando a mistura por 10 segundos e passando o material por um jogo de peneiras de 20 (em cima) e 400 mesh. Todo conteúdo da peneira de 400 foi

então recolhido em um béquer, sendo transferido para tubos do tipo falcon. O material foi centrifugado por 5 min a 1800-2000 rpm. O sobrenadante foi descartado, adicionando-se em seguida a cada tubo um volume de uma solução de sacarose (densidade de 1,14 g/ mL). O material de cada tubo com agitado com auxílio de uma espátula de metal, sendo centrifugando novamente o material por 1 min a 1800-2000 rpm. O sobrenadante de cada tubo foi passado por uma peneira de 500 mesh, recolhendo-se os nematoides retidos em frascos de vidro, com o auxílio de jatos d'água. Os nematoides foram em seguida inativados em banho-maria a 60 °C. Em seguida, 2 ml de formalina 40% foram adicionados a cada tubo para conservação dos nematoides.

Todo processo de identificação e quantificação dos nematoides foi realizado em parceria com o Laboratório de Nematologia da ESALQ/USP. Do volume total das amostras, uma alíquota contendo 1 mL de cada amostra foi retirada para a quantificação dos nematoides em lâminas de “Peters” sob microscópio óptico. O total de nematoides de cada amostra foi obtido pela multiplicação do número de espécimes em 1 mL pelo volume total da amostra. Na contagem, os nematoides foram divididos em duas classes, fitoparasitos e de vida livre.

2.2.4. Análise dos dados

A diversidade das morfoespécies/espécies de Mesostigmata (Gamasina) e Trombidiformes (Prostigmata) foi comparada através dos índices de Shannon e Simpson, utilizando o software Past 3.26 (Hammer et al., 2001).

2.3. Resultados

Grandes variações foram observadas em relação ao número de ácaros de diferentes grupos encontrados nas diferentes áreas e, dentro de cada área, nas diferentes datas de coleta.

2.3.1. Variação dos ácaros e nematoides de acordo com a área de coleta

No total, 8771 ácaros (adultos e imaturos) foram coletados no estudo (Tabela 1), sendo 5147 (Mesostigmata), 3084 (Oribatida não Astigmatina), 340 (Oribatida Astigmatina), e 200 (Prostigmata). Considerando todos os ácaros conjuntamente, o maior número de indivíduos foi encontrado na área de pastagem (A4; 4401 ácaros), seguido do número encontrado na vegetação natural (A3; 2276 ácaros). Nas áreas

cultivadas com cana-de-açúcar (A1 e A2), os número de ácaros foram menores e semelhantes entre si (aproximadamente metade do número encontrado na vegetação natural).

Tabela 1. Totais¹ de ácaros (imaturos e adultos) em 256 amostras de solo (284 cm³ cada) coletas em quatro ocasiões em diferentes áreas da Fazenda Santa Inês (Barretos, São Paulo), de setembro de 2018 e julho de 2019. A1: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 2º corte; A2: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 4º corte; A3: área de Vegetação natural (Mata Atlântica); A4: área de Pastagem cv. Tifton 78.

Ordem/Subordem	A1		A2		A3		A4		Geral
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total
Sarcoptiformes (Oribatida não astigmatina)	558	59	594	52	1678	74	254	5	3084
Gamasina (Mesostigmata)	361	38	500	44	487	21	3799	88	5147
Sarcoptiformes (Astigmatina)	11	1	29	2,5	42	2	258	5	340
Trombidiformes (Prostigmata)	20	2	21	1,5	69	3	90	2	200
Total	950	100	1144	100	2276	100	4401	100	8771

¹Proporções em relação aos ácaros coletados em cada área.

Os Mesostigmata e os Astigmatina foram muito mais numerosos na área de pastagem (respectivamente 3799 e 258), e menos numerosos na área de cultivo de cana de segundo corte (respectivamente 361 e 11), sendo encontrado em números intermediários na área de vegetação natural e de cultivo de cana de quarto corte. Na pastagem, os Mesostigmata corresponderam a 88% dos ácaros coletados.

Os oribatídeos foram muito mais abundantes na área de vegetação natural (total de 1678 ácaros, correspondendo a 74% dos ácaros coletados) e muito menos abundantes na área de pastagem (254). Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, os valores foram semelhantes entre si, correspondendo a cerca de um terço do número encontrado na vegetação natural.

Os Prostigmata foram sempre encontrados em números reduzidos, sendo, no entanto, mais numerosos na pastagem (90) e vegetação natural (69), e em números semelhantes nas áreas de cultivo de cana (pouco mais que um quinto do número na vegetação natural).

Em relação aos nematoides, nas três áreas em que foram quantificados, o número de nematoides de vida livre foi sempre muito maior, variando de 2,4 vezes mais numerosos na área de quarto corte a 102,4 vezes mais numerosos na área de pastagem (Tabela 2). Nematoides parasitos de animais não foram encontrados.

Tabela 2. Totais de nematoides em 192 amostras de solo (200 cm³ cada) coletadas em 4 ocasiões em diferentes áreas da Fazenda Santa Inês (Barretos, São Paulo), de setembro de 2018 e julho de 2019. A1: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 2º corte; A2: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 4º corte; A4: área de Pastagem cv. Tifton 78.

Área de coleta	Nematoides	
	Fitopatogênicos	Vida livre e/ou parasitos de animais
A1	850	3205
A2	1760	4150
A4	435	44555

2.3.2. Famílias de ácaros encontradas

No total, 12 famílias de Mesostigmata (Gamasina) foram encontradas (Tabela 3). As famílias predominantes na área de vegetação natural foram Ascidae e Laelapidae. Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, foram Macrochelidae e Ascidae. Na área de pastagem, a família predominante foi Macrochelidae.

Treze famílias de Trombidiformes (Prostigmata) foram encontradas (Tabela 4). As famílias predominantes nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar e vegetação natural foram Cunaxidae e Eupodidae. Na área de pastagem, a família predominante foi Pygmephoridae.

2.3.3. Diversidade de Mesostigmata

Maior diversidade de gêneros de Gamasina foi observada nas famílias Ologamasidae (5 gêneros), Blattisociidae, Phytoseiidae e Rhodacaridae (4 gêneros cada) (Tabela 3). No total, foram encontradas 60 espécies de 35 gêneros. As famílias com maiores números de espécies foram Laelapidae (13 espécies), Macrochelidae (8), Ascidae (7) e Melicharidae (6) (Tabela 3). Cada uma das demais famílias foi representada por 2–5 espécies. As espécies predominantes em cada área foram: *Holostaspella* n. sp. (62 espécimes encontrados no cultivo de cana-de-açúcar de quarto corte), *Macrocheles merdarius* Berlese (74 espécimes encontrados no cultivo de cana-

de-açúcar de segundo corte e 1623 espécimes em pastagem) e *Proctolaelaps diffissus* Karg (25 espécimes encontrados em vegetação natural). Em pastagem, foram encontrados espécimes de *Gamasolaelaps multidentatus* Karg, pertencente à família Veigaiidae, sendo o primeiro relato desta espécie no Brasil.

Tabela 3. Ácaros Mesostigmata (Gamasina) associados as áreas de cana-de-açúcar var. CTC 4, vegetação natural (Mata Atlântica) e pastagem cv. Tifton 78 coletados em quatro ocasiões em diferentes áreas da Fazenda Santa Inês (Barretos, São Paulo), de setembro de 2018 e julho de 2019. A1: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 2º corte; A2: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 4º corte; A3: área de Vegetação natural (Mata Atlântica); A4: área de Pastagem cv. Tifton 78.

Família	Espécie	A1	A2	A3	A4
Ameroseiidae	<i>Ameroseius</i> sp.1	-	1	-	-
Ascidae	<i>Asca garmani</i>	-	-	16	-
	<i>Asca</i> sp. 1	-	-	12	-
	<i>Gamasellodes reactiventris</i>	29	19		-
	<i>Protogamasellus</i> aff. <i>massula</i>	1	-		-
	<i>Protogamasellus mica</i>	8	26	13	1
	<i>Protogamasellus</i> n. sp 1	1		1	-
	<i>Protogamasellus sigillophorus</i>	2	18	5	-
Blattisociidae	<i>Blattisocius keegani</i>	-	-	3	-
	<i>Cheiroseius pugiunculus</i>	6	3	6	-
	<i>Lasioseius barbensiensis</i>	1	8	1	-
	<i>Lasioseius floridensis</i>	12	11	-	1
	<i>Zercoseius</i> sp. 1	-	-	1	-
	<i>Cosmolaelaps barbatus</i>	-	-	3	-
Laelapidae	<i>Cosmolaelaps jaboticabalensis</i>	3	6	6	-
	<i>Cosmolaelaps pannicula</i>	1	9	-	-
	<i>Cosmolaelaps</i> sp. 1	-	1	1	-
	<i>Gaeolaelaps</i> n. sp. 3	1	-	-	-
	<i>Gaeolaelaps</i> n. sp. 1	-	1		-
	<i>Gaeolaelaps</i> n. sp. 2	-	-	1	-
	<i>Gaeolaelaps</i> n. sp. 3	-	1	6	-
	<i>Gaeolaelaps</i> n. sp. 4	-	-	1	2
	<i>Gaeolaelaps queenslandicus</i>	4	29	12	-
	<i>Gaeolaelaps</i> sp. 1	1	6	5	5
	<i>Gaeolaelaps</i> sp. 2	6	3	8	1
	<i>Gaeolaelaps</i> sp. 3	-	1		-
	<i>Pseudoparasitus exilis</i>	-	-	3	-
Macrochelidae	<i>Glyptholaspis confusa</i>	-	-	-	7
	<i>Holostaspella bifoliata</i>	1	6	1	4
	<i>Holostaspella</i> n. sp.	28	62	-	1
	<i>Holostaspella</i> sp. 1	-	-	1	-

	<i>Holostaspella</i> sp. 2	-	1	-	-
	<i>Macrocheles mammifer</i>	-	-	1	79
	<i>Macrocheles merdarius</i>	74	36	21	1623
	<i>Macrocheles muscaedomesticae</i>	-	-	-	13
	<i>Macrocheles robustulus</i>	-	7	1	64
	<i>Macrocheles subbadius</i>	-	1	-	50
Melicharidae	<i>Proctolaelaps</i> aff. <i>Bickley</i>	-	-	1	-
	<i>Proctolaelaps diffissus</i>	13	-	25	-
	<i>Proctolaelaps</i> n. sp. 1	-	-	1	1
	<i>Proctolaelaps</i> n. sp. 2	1	-	-	-
	<i>Proctolaelaps</i> n. sp. 3	-	-	1	-
	<i>Proctolaelaps paulista</i>	1	-	-	2
	<i>Proctolaelaps</i> sp. 1	1	-	-	-
Ologamasidae	<i>Athiasella</i> sp. 1	-	-	1	-
	<i>Gamasiphis</i> sp. 1	6	17	14	1
	<i>Geogamasus</i> n. sp. 1	-	-	7	-
	<i>Hydrogamasus</i> sp. 1	-	-	1	-
	<i>Neogamasellevans</i> n. sp. 1	-	-	6	-
Parasitidae	<i>Neogamasus</i> sp. 1	-	-	2	-
	<i>Parasitus</i> sp. 1	3	4	6	125
	<i>Vulgarogamasus</i> sp. 1	-	-	-	1
Phytoseiidae	<i>Amblyseius</i> sp. 1	-	-	3	-
	<i>Neoseiulus barkeri</i>	-	2	-	5
	<i>Propioseiusopsis ovatus</i>	-	1	3	2
	<i>Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis</i>	1	-	1	-
Podocinidae	<i>Podocinella misella</i>	-	-	1	-
	<i>Podocinum sagax</i>	3	1	3	-
Rhodacaridae	<i>Afrodacarellus</i> sp. 1	3	4	5	-
	<i>Multidentorhodacarus</i> sp. 1	-	1	21	-
	<i>Protogamasellopsis</i> sp.1	18	2	-	1
	<i>Rhodacarus</i> sp. 1	-	1	4	-
Veigaiidae	<i>Gamasolaelaps multidentatus</i>	-	-	-	3
	<i>Veigaia uncata</i>	-	-	1	-
-	<i>Zygozeius</i> sp. 1	1	-	1	183

2.3.4. Diversidade de espécies de Trombidiformes (Prostigmata)

Maior diversidade de gêneros de Prostigmata foi observada nas famílias Cunaxidae e Eupodidae, com sete gêneros cada (Tabela 4). As demais famílias foram representadas por no máximo três gêneros cada. Houve diferença em relação a predominância de famílias nas áreas de coleta. As famílias Cunaxidae e Eupodidae foram predominantes nas áreas de cana-de-açúcar, enquanto que em vegetação natural

as famílias Cunaxidae e Stigmaeidae foram mais abundantes. Na área de pastagem, houve maior predominância das famílias Pygmephoridae e Ereynetidae.

Tabela 4. Ácaros da ordem Trombidiformes (Prostigmata) associados as áreas de cana-de-açúcar var. CTC 4, vegetação natural (Mata Atlântica) e pastagem cv. Tifton 78 coletados em quatro ocasiões em diferentes áreas da Fazenda Santa Inês (Barretos, São Paulo), de setembro de 2018 e julho de 2019. A1: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 2º corte; A2: área de cana-de-açúcar variedade CTC 4 4º corte; A3: área de Vegetação natural (Mata Atlântica); A4: área de Pastagem cv. Tifton 78.

Família	Gênero	A1	A2	A3	A4
Anystidae	Gênero 1	1	-	10	-
	Gênero 2	-	1	-	-
Barbutiidae	<i>Barbutia</i> sp.	-	-	-	1
Bdellidae	Gênero 1	1	-	1	-
Cheyletidae	<i>Cheyletus</i> sp.	1	-	-	-
Cunaxidae	Gênero 1	-	2	1	-
	Gênero 2	1	1	1	-
	Gênero 3	-	-	1	-
	Gênero 4	-	4	7	-
	Gênero 5	1	2	5	-
	Gênero 6	-	-	1	-
	Gênero 7	3	1	-	-
	Gênero 8	2	3	17	3
Ereynetidae	<i>Ereynetes</i> sp.	-	-	1	24
	<i>Ereynetes</i> sp.	-	-	-	1
Eupodidae	Gênero 1	1	6	1	-
	Gênero 2	-	1	-	-
	Gênero 3	-	1	-	-
	Gênero 4	1	-	-	-
	Gênero 5	-	-	1	-
	Gênero 6	-	-	1	-
	Gênero 7	1	4	3	-
Pygmephoridae	Gênero 1	-	4	-	68
	Gênero 2	-	-	-	46
Rhagidiidae	Gênero 1	-	2	-	-
Stigmaeidae	<i>Eustigmaeus</i> sp.	-	-	15	-
Tenuipalpidae	<i>Raoiella</i> sp.	-	-	-	1
Tetranychidae	<i>Tetranychus</i> sp.	1	-	-	-
Tydeidae	<i>Tydeus</i> sp.	-	1	-	-

2.3.5 Índices ecológicos de Mesostigmata (Gamasina) e Trombidiformes (Prostigmata)

Para os Gamasina, o menor valor do índice de dominância foi observado para a Mata Atlântica (0,05), o que resultou no maior valor do índice de diversidade de Simpson (0,95) e de diversidade de Shannon (3,30). A área de pastagem, por outro lado,

apresentou o maior valor do índice de dominância (0,57) e consequentemente os menores valores de diversidade de Simpson (0,43) e de diversidade de Shannon (3,30).

Em relação aos Trombidiformes, como observado para os Gamasina, a pastagem apresentou os maiores valores de dominância de espécies (0,33), sendo representada pelos menores valores em relação aos índices de diversidade de Simpson (0,67) e Shannon (1,31) (Tabela 4). A maior diversidade foi encontrada na área de cana-de-açúcar em 4º corte, obtendo-se maiores valores tanto para o índice Simpson (0,89) quanto para o índice de Shannon (2,36) (Tabela 4).

Tabela 5. Índices ecológicos para ácaros Mesostigmata (Gamasina) e Trombidiformes (Prostigmata) coletados em quatro ocasiões em diferentes áreas da Fazenda Santa Inês (Barretos, São Paulo), de setembro de 2018 e julho de 2019.

Áreas/Índices	Índice de Dominância (D)	Índice diversidade de Simpson (1-D)	Índice de diversidade de Shannon (H')
Mesostigmata (Gamasina)			
Cana-de-açúcar 2º corte	0,15	0,85	2,43
Cana-de-açúcar 4º corte	0,10	0,90	2,72
Mata Atlântica	0,05	0,95	3,30
Pastagem	0,57	0,43	1,05
Trombidiformes (Prostigmata)			
Cana-de-açúcar 2º corte	0,12	0,88	2,31
Cana-de-açúcar 4º corte	0,11	0,89	2,36
Mata Atlântica	0,15	0,85	2,17
Pastagem	0,33	0,67	1,31

2.3.6. Variação da abundância de ácaros e nematoides de acordo com a época da coleta

Padrões semelhantes de variação ao longo das coletas foram observados para os números de ácaros e de nematoides de vida livre (Figura 1), com uma pequena redução da primeira para a segunda coleta, seguida de um aumento progressivo desta para a última coleta. Os nematoides fitoparasitos se mantiveram em níveis aproximadamente constantes ao longo das coletas.

Figura 1. Relação entre a abundância de ácaros, nematoides fitoparasitos, nematoides de vida livre e variáveis abióticas (precipitação, temperatura máxima, média e mínima) na fazenda Santa Inês (Barretos – SP), entre setembro de 2018 e julho de 2019. Legenda: ◆ Nº total de ácaros em cada uma das coletas; ● Nº total de Mesostigmata (Gamasina) em cada uma das coletas; ▲ Nº total de nematoides de vida livre em cada uma das coletas; ■ Nº total de nematoides fitopatogênicos em cada uma das coletas; █ Precipitação (mm); — Temperatura máxima (°C); - - - Temperatura mínima (°C); Temperatura média (°C).

2.4. Discussão

A maior diversidade de ácaros (como um todo) na área de vegetação natural (Mata Atlântica) observada neste trabalho era esperada, em função da maior diversidade de microhabitats nesta área. Isto também tem sido observado em diversos outros trabalhos conduzidos no Brasil (Mineiro & Moraes, 2001; Silva, 2002; Santos, 2013; Muñoz Marticorena, 2017).

A Mata Atlântica é um dos biomas com maior biodiversidade do mundo; Portanto, a área de vegetação natural pode fornecer uma maior diversidade de substratos alimentares. Além disso, os diferentes componentes de vegetação nas áreas naturais em adição a não interferência antrópica em termos principalmente do preparo da área com implementos agrícolas favorece a melhor estruturação do solo, proporcionando uma melhor porosidade, o que pode favorecer a movimentação dos ácaros através das camadas do solo na busca por alimento.

No entanto, dentre os Mesostigmata, a família Macrochelidae fugiu um pouco a este padrão de vez que neste caso sete espécies foram encontradas na área de pastagem, e cinco a área de vegetação natural. Isto está provavelmente ligado a seu hábito alimentar, sendo os imaturos principalmente predadores de nematoides e adultos, predadores de imaturos de moscas (Diptera) (Ito, 1977; Al-Dulaimi, 2002; Azevedo et al., 2015). Estes organismos são encontrados com frequência em matéria orgânica em decomposição, principalmente excrementos ou animais mortos (Lindquist, Krantz & Walter., 2009).

Os resultados sugerem que por conta da alta disponibilidade de excrementos animais, os macroquelídeos foram mais diversos na área de pastagem, ocupada por alta densidade de bovinos confinados, da raça Senepol, destinados à produção de sêmen. Os resultados do presente estudo demonstraram alta abundância de nematoides de vida livre e/ou parasitos de animais na pastagem. Os imaturos de moscas não foram quantificados, mas visualmente pareciam também muito abundantes nas amostras.

Os macroquelídeos presentes na vegetação natural foram também encontrados na pastagem (exceto pela diferença entre espécies de *Holotaspella* nestes habitats). No entanto, três espécies encontradas na pastagem não foram encontradas na vegetação natural. Com exceção da área de vegetação natural, espécies da família Macrochelidae

(*Holostaspella* n. sp. e *M. merdarius*) foram encontrados em maior abundância nas áreas de coleta. Por estarem associados principalmente com ambientes efêmeros, espécies de Macrochelidae tem a capacidade de realizar a forese em organismos presentes no local em que se encontram.

Este fato foi observado durante as triagens das amostras, onde *M. merdarius* estava associado ao coleóptero *Labarrus pseudolivinus* pertencente à família Scarabaeidae. Este coleóptero foi encontrado em todas as áreas. Devido possivelmente ao bom mecanismo de dispersão desta espécie, *M. merdarius* foi predominante tanto na área de cana-de-açúcar 2º corte quanto em pastagem.

A diminuta ocorrência de Ascidae, Blattisociidae, Laelapidae, Melicharidae e Ologamasidae em áreas de pastagem são compatíveis com a rara ocorrência destes em habitats efêmeros, inicialmente em função de sua reduzida capacidade de se dispersarem por forese. Exceções em relação a este aspecto se referem às espécies de *Tropicoseius* e *Rhinoseius* (ambos Melicharidae), que vivem em ambientes efêmeros (flores) e que são transportados de um ambiente a outro pelos beija-flores (Binns, 1982) Por outro lado, não se pode dizer que a baixa ocorrência de ácaros daquelas famílias se deva à inadequada qualidade do alimento, nematoides tem sido citados como alimento adequado para o desenvolvimento e/ou reprodução de alguns destes ácaros (Carrillo, Moraes & Peña, 2015).

Como encontrado no presente trabalho, a maior diversidade de Trombidiformes (Prostigmata) em áreas de plantio em relação à vegetação natural também foi observada por Muñoz Marticorena (2017). Nestas áreas de maior diversidade, o maior número de indivíduos encontrados pertence às famílias Cunaxidae e Eupodidae. Cunaxidae é uma família de ácaros com hábito alimentar essencialmente predador, havendo relatos de espécies dos gêneros *Coleoscirus* e *Neocunaxoides* tendo a capacidade de predação nematoides fitopatogênicos e de vida livre, além de ácaros da coorte Astigmatina (Hernandes, Castro & Venancio, 2015). A família Eupodidae agrupa espécies que podem ter o hábito predador, existindo também espécies que se alimentam de algas (Krantz & Walter, 2009). Entretanto, estudos devem ser realizados para elucidar o possível papel destes ácaros como predadores de organismos associados ao solo. Realizando comparação entre as áreas de pastagem e vegetação natural, dentre os Prostigmata, apenas Pygmephoridae se distinguiu das demais famílias, pelo fato das

duas espécies encontradas terem sido constatadas quase que exclusivamente na área de pastagem.

A abundância muito maior dos ácaros como um todo em pastagem está principalmente relacionada à abundância dos Gamasina, e dentre estes, à abundância de Macrochelidae. Já a abundância maior dos ácaros em geral na área de vegetação natural está principalmente relacionada à abundância dos Oribatida, que não foram identificados a níveis taxonômicos inferiores. Assim como sugerido acima em relação à diversidade a alta abundância dos Macrochelidae (na pastagem) aparentemente se deu em função da disponibilidade farta de suas presas.

Da mesma forma, a alta abundância de Oribatida na área de vegetação natural aparentemente se deu em função da alta disponibilidade de matéria orgânica morta (especialmente de origem vegetal). Embora não quantificada, a abundância deste material era muito maior naquela do que em outras áreas do estudo. Nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, a disponibilidade de matéria orgânica vegetal era também muito considerável. A densidade menor de ácaros como um todo nestas áreas do que na área de vegetação natural pode estar ligada à maior abundância e diversidade deste material nesta última, ou ao uso de agrotóxicos nas áreas de cultivo de cana para o controle de insetos.

Devido as diferentes espécies vegetais presentes em vegetação natural, a deposição de material vegetal no solo funciona como uma fonte de carbono e matéria orgânica, levando a decomposição do folheto nas camadas superficiais, favorecendo a alimentação e conseqüentemente o aumento populacional dos oribatídeos. Buscando avaliar a abundância de ácaros edáficos em áreas naturais da Argentina, Bedano et al. (2005) obteve uma correlação positiva entre os teores de carbono e matéria orgânica adicionados ao solo e a abundância de oribatídeos.

A correlação positiva significativa entre a abundância dos ácaros como um todo ou dos Gamasina e a abundância dos nematoides de vida livre/ parasitos não indicam uma relação de dependência de densidade entre eles, tendo em vista que ambos apresentam o mesmo padrão de variação ao longo do tempo. Por outro lado, isto não indica que os ácaros não estejam se alimentando dos nematoides, mas apenas que os ácaros não estejam controlando a população daqueles. No entanto, a presença dos nematoides

poderia afetar positivamente a capacidade de controle dos ácaros predadores sobre outros organismos indesejáveis presentes no ambiente, ao promover um aumento da população dos ácaros, que pudessem estar se alimentando (mas não controlando) os nematoides. No caso dos Gamasina, sabe-se que os nematoides são um importante componente alimentar, havendo observações em que as fases jovens de ácaros desta ordem precisam se alimentar de nematoides para conseguirem atingir a fase adulta, como em *Parasitus bituberosus* (Carrillo, Moraes & Peña, 2015; Rueda-Ramirez, 2018).

A presença destes nematoides em grandes números, observada neste estudo, sugerem que inclusive pudessem servir de alimento a ácaros predadores reconhecidamente efetivos, que pudessem vir a ser liberados nos ambientes estudados (de cana ou pastagem). Alguns estudos tem demonstrado o melhor desempenho de ácaros predadores em projetos de controle biológico por incremento, quando em paralelo à liberação dos predadores faz-se a liberação de uma presa alternativa. Realizando a liberação do nematoide de vida livre *Rhabditella axei* como alimento alternativo para *Macrocheles embersoni* Azevedo, Berto & Castilho, Azevedo et al. (2019) obteve reduções significativas na emergência da mosca doméstica (*Musca domestica*) em relação ao tratamento sem a adição do nematoide de vida livre.

Estudos futuros sobre a aceitação destes nematoides como alimento alternativo a predadores de moscas (por exemplo, *M. embersoni*, para o controle da mosca-dos-estábulo) devem ser conduzidos. A mosca-dos-estábulo é um sério problema em áreas do sudeste e centro-oeste do Brasil, tendo-se considerado a possibilidade de se realizar liberações de *M. embersoni* para seu controle. Portanto, a condução do estudo acima proposto poderia ser de grande valor.

Referências

AL-DULAIMI, S. I. Predation by the mite *Macrocheles glaber* (Müller) (Acarina: Macrochelidae) on the house fly *Musca domestica* L. with some notes on its biology. **Bulletin of Natural History Museum**, v. 9, p.7-11, 2002.

ALVES, M.V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5, n.1, p.33-43, 2006.

ANGELO, J. A.; GHOBRI, C. N. Estudos sobre a ocupação e uso do solo agrícola no estado de São Paulo, período de 1990 a 2015. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 12, n. 6, 2017.

AZEVEDO, L. H.; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; Moraes, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015 pp. 103–132.

AZEVEDO, L. H.; LEITE, L. G.; CHACON-OROZCO, J. G.; MOREIRA, M. F. P.; FERREIRA, M. P.; GONZÁLEZ-CANO, L. M.; BORGES, V.; RUEDA-RAMIREZ, D.; MORAES, G. J.; PALEVSKY, E. Free living nematodes as alternative prey for soil predatory mites: Na interdisciplinary case study of conservarion biological control. **Biological Control**, v. 123, p. 128-134, 2019.

BEDANO, J. C.; CANTÚ, M. P.; DOUCET, M. E. Abundance of Soil Mites (Arachnida: Acari) in a Natural Soil of Central Argentina. **Zoological Studies**, v. 44, n. 4, p.505-512, 2005.

BINNS, E. S. Phoresy as migration – some functional aspects of phoresy in mites. **Biological Reviews** v. 57, p. 571–620, 1982.

BRASIL. LEI Nº 12.727, DE 17 DE OUTUBRO DE 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, out 2012.

BROWN, G.G.; SAUTTER, K.D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, p.1-9, 2009.

BUENO, C. R F.; BINI, D. L. C.; PINATTI, E. Valor da Produção Agropecuária Paulista por Região: estimativa final 2016. **Análises e Indicadores do Agronegócio**. v. 12, n. 5, 2017.

CARRILLO, D.; MORAES, G.J.; & PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015, 337p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 2016. **Levantamentos de safra**. Disponível em: <https://www.novacana.com/pdf/Conab_cana_3o_lev_-_16-17_20122016101241.pdf>. Acesso em: 18 de abril 2018.

DORAN, J. W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, V. 15, p. 3–11, 2000.

HERNANDES, F. A.; CASTRO, T. M. M. G.; VENANCIO, R. Prostigmata (acarí: Trombidiformes) as Biological Control Agents. In: CARRILLO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015 pp. 151–174.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 abril. 2018.

ITO, Y. Predatory activity of mesostigmatid mites (Acarina: Mesostigmata) for house fly eggs and larvae under feeding of nematodes. **Japan Society of Medical Entomology and Zoology**. v. 28, p.167-173, 1977.

Jenkins, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reportes**, n. 48, p. 692, 1964.

KOEHLER, H. H. Predatory mites (Gamasina: Mesostigmata). **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 74, p. 395-410, 1999.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A Manual of Acarology**. 3ª.ed. Texas Tech University Press; Lubbock, Texas, p. 807, 2009.

LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: Krantz, G.W. e Walter, D.E. **A Manual of Acarology**, Third Edition, Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, p. 124–232, 2009.

MINEIRO, J. L. C.; MORAES, G. J. Systematics morphology and physiology, Gamasida (Arachnida: Acari) edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 379 – 385, 2001.

MUÑOZ MARTICORENA, J. L. **Alteration on the faunistic composition of edafic mites according to land use in the Central-Southern Region of Brazil**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2017.

RUEDA-RAMÍREZ, D. M. **Soil mesostigmatid mites (Acari: Mesostigmata) inhabiting rose fields and neighboring vegetation in the Bogota plateau and their potencial role as biological control agents of *Franliniella occidentalis* (Insecta:**

Thysanoptera). 2018. 237p. Tese (Doutorado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

SANTOS, J. C. **Ácaros (Arthropoda: Acari) edáficos do estado de Alagoas, com ênfase nos Mesostigmata**. 2013. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.

SILVA, E. S. **Ácaros (Arthropoda:Acari) edáficos da Mata Atlântica e Cerrado do Estado de São Paulo, com ênfase na superfamília Rhodacaroidea**. 2002. 86p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 133-138, 2005.

UGARTE, C.M.; ZABORSKI, E.R.; WANDER, M.M. Nematode indicators as integrative measures of soil condition in organic cropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 64, p. 103–113, 2013.

VAN STRAALLEN, N. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, p. 429-437, 1998.

3. DESCRIÇÃO DE UMA NOVA ESPÉCIE DE *Holostaspella* (ACARI: MACROCHELIDAE)

Resumo

A família Macrochelidae é atualmente constituída por aproximadamente 550 espécies pertencentes a 23 gêneros. *Holostaspella* Berlese é o terceiro gênero mais numeroso, constituído atualmente por aproximadamente 37 espécies. Uma nova espécie deste gênero foi encontrada na região de Barretos, norte do estado de São Paulo, durante uma investigação dos ácaros de solo de áreas de pastagem, cultivo de cana-de-açúcar e de vegetação natural naquela região. O objetivo deste trabalho foi descrever aquela espécie.

Palavras chave: Taxonomia; Eviphidoidea; Mesostigmata; Parasitiformes

Abstract

The family Macrochelidae is presently constituted of about 550 species belonging to 23 genera. *Holostaspella* Berlese is the third largest genus, with about 37 species. A new species of this genus was found in Barretos region, northern São Paulo state, during an investigation of the soil mites of pasture, sugarcane and natural vegetation areas of that region. The aim of this study was to describe that new species.

Keywords: Taxonomy; Eviphidoidea; Mesostigmata; Parasitiformes

3.1. Introdução

Macrochelidae é uma família de ácaros predadores que atualmente contém por volta de 550 espécies, alocadas em 23 gêneros (AZEVEDO et al., 2015). Os gêneros mais numerosos desta família são *Macrocheles* Latreille (320 espécies), *Holocelaeno* Berlese (41), *Holostaspella* Berlese (37) e *Neopodocinum* Berlese (33) (Azevedo et al., 2015). Espécies desta família podem ser encontradas principalmente em excrementos, húmus, ninhos de mamíferos ou em associação com insetos, sendo citadas como predadoras de colêmbolos, nematoides e estágios imaturos de insetos (Filipponi, 1964; Krantz & Whitaker, 1988; Lindquist, Krantz & Walter, 2009).

Holostaspella Berlese foi originalmente descrito como um subgênero de *Holostaspis* Berlese, gênero hoje incluído em Laelapidae (Babaeian et al., 2019). Berlese (1910) elevou *Holostaspella* ao nível de gênero, enquanto Vitzthum (1930) o

transferiu para a família Macrochelidae. Krantz (1967) dividiu *Holostaspella* em três grandes grupos (*bifoliata*, *sculpta* e *caelata*) de acordo com as características do escudo ventrianal e placas metaesternais, tipo de setas presentes no escudo dorsal e presença de arcos formados pelas linhas do escudo esternal.

Espécies de *Holostaspella* tem sido encontradas associadas a insetos, mamíferos, sobre os quais são foréticas, mas também não associadas a nenhum destes organismos (Krantz, 1967). Pouco se sabe sobre os recursos alimentares ou outros dados biológicos destes ácaros. *Holostaspella bifoliata* (Trägårdh, 1952) foi relatada por Krantz (1967) como predadora de nematoides em condições de laboratório. Em um estudo recente, para avaliar o potencial desta espécie no controle de larvas infectantes de nematoides gastrointestinais de importância veterinária, Dos Anjos (2019) obteve reduções de cerca de 90% no número de larvas de nematoides infectantes em fezes de bovinos, com a liberação de *H. bifoliata*.

Dentre as espécies de *Holostaspella*, apenas *H. bifoliata* foi até o momento relatada no Brasil (Azevedo, 2017). O objetivo deste trabalho é descrever uma nova espécie deste gênero, coletada no estado de São Paulo.

3.2. Material e Métodos

Os exemplares utilizados para a descrição desta nova espécie foram encontradas nas amostragens realizadas para o conhecimento da fauna de ácaros edáficos, como descrito no capítulo 2. Após a constatação de que a espécie encontrada era nova para a ciência, esta foi descrita como especificado a seguir. As estruturas taxonomicamente foram medidas com uma ocular graduada de um microscópio de contraste de interferência (Nikon, Eclipse 80i), sendo também ilustradas a partir de fotografias tomadas com uma câmera digital acoplada ao microscópio. As fotos foram processadas com auxílio de um “tablet” digital, com o programa Adobe Illustrator®.

Na descrição, a nomenclatura das setas dorsais foi baseada em Halliday (1987), a quetotaxia das pernas, em Evans (1963), a espermateca, em Evans (1992). Outros teremos foram baseados em Walter & Krantz (1986). As medições de estruturas são dadas em micrômetros, apresentando-se a respectiva média e, entre parênteses, o mínimo e o máximo.

3.3. Resultados

Holostaspella n. sp.

Fêmea adulta (Figuras 2–11)–8 espécimens avaliados

Material examinado: 1 holótipo e 7 parátipos fêmeas adultas encontradas na Fazenda Santa Inês (20°40' S, 48°34' W), Barretos, estado de São Paulo, em 5 de março de 2018. Todos os tipos foram coletados por V. Borges e depositados na coleção de referências de ácaros do Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo.

Diagnose: Fêmea com 28 pares de setas no escudo dorsal, todas espatuladas e serreadas na metade distal, exceto *j*1, lanceolada e *J*5, aciculada, ambas serreadas, e 18 pares de setas na cutícula não esclerotizada. Escudo dorsal com áreas de pontuações e depressões irregulares. Escudo esternal com pontuações próximas a área de fusão entre a linha oblíqua anterior e linea angulata, formando um arco maior anteriormente, portando ainda a linea media transversa e lateralmente linea oblíqua posterior. Escudo genital com um par de escleritos acessórios laterais, de aspecto alongado. Escudo ventrianal mais longo que largo, oval, com três pares de setas além das circum-anais, e oito pares de setas na cutícula não esclerotizada.

Gnatossoma: Dígito fixo da quelícera 64 (62–65) de comprimento, com três dentes além do dente apical e *pilus dentilis* setiforme (Figura 2); dígito móvel 54 (51–58) de comprimento, com três dentes além do dente apical. Processo artrodial da quelícera em forma de escova cilíndrica. Trocânter, fêmur e gênu do palpo com respectivamente 2, 5 e 6 setas; todas aciculadas e lisas; apotele trifurcado. Tectum denticulado, com uma projeção anteromediana distalmente bífida, flanqueada por um par de extensões anterolaterais, cada uma com um longo espinho distolateral e espinhos menores distomedianos (Figura 3). Deutosterno com seis linhas transversais, com 14–16 denticulos cada, exceto a linha mais distal, lisa. Malas internas distalmente bifurcadas, lateralmente pilosas. Cornículos em forma de chifre, 26 (24–28) de comprimento e 12 (10–14) de largura na base. Seta *h*3 aproximadamente em linha longitudinal com *h*1 e levemente posterior à inserção de *h*2. Setas com as seguintes medidas: *h*1 57 (55–58), *h*2 28 (23–33), *h*3 88 (83–90), *sc* 35 (28–38). Setas *h* e *sc* aciculadas e lisas (Figura 4).

Dorso do idiossoma (Figura 5): Idiossoma 846 (805–870) de comprimento e 574 (555–615) de largura. Escudo dorsal com pontuações e depressões irregulares contendo

pontuações maiores.; 779 (760–810) de comprimento e 463 (450–485) de largura ao nível de *r*3, arredondado posteriormente e com 28 pares de seta (*j*1–*j*6, *z*1, *z*2, *z*4–*z*6, *s*2, *s*4–*s*6, *r*2–*r*4, *J*2, *J*5, *Z*1, *Z*3–*Z*5, *S*1, *S*2–*S*5) e 15 pares de poroides. Cutícula não esclerotizada com setas *r*5, *r*6, *R*1–*R*6, *UR*1–*UR*6, *URX*1–*URX*4. Comprimento das setas: *j*1 32 (25–38), *j*2 40 (30–45), *j*3 43 (42–46), *j*4 46 (43–48), *j*5 44 (38–48), *j*6 37 (30–40), *z*1 14 (13–15), *z*2 46 (43–50), *z*4 51 (48–55), *z*5 40 (38–45), *z*6 48 (45–50), *s*2 45(38–50), *s*4 49 (48–50), *s*5 48 (45–53), *s*6 47 (45–48), *r*2 48 (45–50), *r*3 50 (45–55), *r*4 46 (43–48), *r*5 21 (15–25), *r*6 24 (18–30), *J*2 45 (44–46), *J*5 29 (28–30), *Z*1 47 (46–49), *Z*3 50 (45–53), *Z*4 47 (43–50), *Z*5 41 (35–50), *S*1 45 (30–53), *S*2 42 (30–50), *S*4 50 (43–50), *S*5 46 (43–48), *R*1 26 (25–28), *R*2 26 (25–28), *R*3 26 (25–28), *R*4 27 (25–30), *R*5 27 (25–30), *R*6 28 (25–30), *UR*1 18 (15–23), *UR*2 18 (15 –23), *UR*3 18 (15–20), *UR*4 20 (15–25), *UR*5 23 (18–30), *UR*6 25 (18–30), *URX*1 22 (18–25), *URX*2 21 (18–25), *URX*3 21(18–25), *URX*4 26 (18–30). Setas do escudo dorsal espatuladas e serreadas na metade distal, exceto *j*1, lanceolada e *J*5, aciculada, ambas serreadas. Setas inseridas na cutícula não esclerotizada aciculadas e lisas.

Figura 2–6. Fêmea de *Holostaspella* n. sp.. 2) Vista lateral da quelícera; 3) Tectum; 4) Hipostômio; 5) Dorso do Idiossoma; 6) Seta Z3.

Ventre do idiossoma (Figura 7): Base do tritosterno com 22 (21–23) de largura e 39 (37–40) de comprimento (Figura 8); lacínias 109 (100–120) de comprimento, pilosas e totalmente separadas (Figura 8). Escudo esternal com pontuações próximas a área de fusão entre a linha oblíqua anterior (l.o.a) e linea angulata (l.a.n), por quase toda extensão da linha media transversa (l.m.t) e lateralmente à linha oblíqua posterior (l.o.p); 149 (138–150) de comprimento e 282 (266–300) de largura ao nível da coxa II, com três pares de seta e dois pares de lirifissuras. Seta *st4* e *iv4* inseridas em pequena placa metaesternal de aspecto oval. Escudo genital liso, 123 (110–133) de comprimento e 142 (138–155) de largura, com *st5*; lirifissuras *iv5* posterolaterais à inserção de *st5*, na cutícula não esclerotizada. Escleritos acessórios constituídos por um par de estruturas alongadas diagonalmente dispostas à frente de uma estrutura única curva com um par de constrições dividindo a transversalmente em três regiões. Escudo ventrianal com três áreas pontilhadas próximas a *Jv3* e com linhas transversais curvas pontilhadas; com três pares de setas (*Jv1*, *Jv2* e *Jv3*) além das setas circum-anais. Cribum restrito à região posterior ao ânus. Região opistogástrica não esclerotizada com oito pares de setas (*Jv4*, *Jv5*, *Jvx*, *Zv1*–*Zv5*). Medidas das setas: *st1* 53 (52– 55), *st2* 46 (44– 49), *st3* 45 (44–49), *st4* 40 (38– 42), *st5* 42 (40–45), *Jv1* 40 (39–41), *Jv2* 33 (31–35), *Jv3* 30 (28–31), *Jv4* 21 (18–22), *Jv5* 23 (22–25), *Jvx* 26 (24 - 29), *Zv1* 21 (20–22), *Zv2* 25 (24–26), *Zv3* 20 (19– 21), *Zv4* 16 (15–17), *Zv5* 19 (18– 20), para-anal 47 (45–50), pós-anal 13 (10–15). Setas *st1*–*st5* robustas, espatuladas e distalmente pilosas; outras setas ventrais robustas, aciculadas e lisas. Região anterior da placa endopodal fundida ao escudo esternal; região posterior representada por uma placa delgada ao longo da margem interna das coxas III e IV. Placa exopodal delgada, fundida posteriormente à placa endopodal e continuando anteriormente até a coxa I. Com um par de pequenas placas metapodais de formato irregular.

Peritrema e placa peritremática. Peritrema estendendo-se anteriormente até o nível de *z1* (Figura 9). Escudo peritremático restrito à face ventral do idiossoma.

Espermateca (Figura 10): *tubulus* abrindo-se na base da coxa III, sendo conectado ao *sacculus* por um par de *ramus*. *Sacculus* globoso. *Cornus* partindo da região posterior do *sacculus foeminis*, em forma de funil, cuja extremidade posterior termina em estrutura rugosa em forma de vista dorsal de uma borboleta.

Figura 7-11. Fêmea de *Holostaspella* n. sp. 7) Ventre do idiossoma; 8) tritosterno; 9) Peritrema e placa peritremática; 10) Espermateca; 11) Gênu da perna IV. Legenda: linea obliqua anterior (l.o.a), linea angulata (l.a.n), linea media transversa (l.m.t), linea obliqua posterior (l.o.p).

Pernas: Comprimento das pernas (com exceção do ambulacro): I 596 (585–605); II 628 (610–650); III 587 (575–620); IV 869 (840–885). Quetotaxia (coxa–tíbia): I: 0-0/1,1/0-1, 1-0/0,1/1-0, 2-2/2,2/1-1, 3-2/2,2/1-1, 3- 2/2,1/1-2; II: 1-0/1,1/0-1, 1-1/2,1/1-2, 2-3/1,2/1-2, 2-2/1,2/1-2, 2-2/1,2/1-2, 1-1/-,1/0-1; III: 1- 2/1,0/1-0, 1-2/1,1/0-1, 1-1/0,2/0-3, 1-1/1,1/1-2, 1-1/0,0/1-1; IV: 1-1/0,0/0-1, 1-2/0,1/0-1, 1-2/1,2/1-1, 1-1/1,2/1-1, 1-1/0,1/0-1. Tarso II-IV com 18 setas cada. Tarso I sem garra e ambulacro; tarsos II-IV com ambulacro e unhas bem desenvolvidos.

Remarks: *Holostaspella* n. sp. pertencente ao grupo *caelata* proposto por Krantz (1962), por apresentar: escudo dorsal com pontuações e ornamentações semelhantes a depressões; setas dorsais ornamentadas; placa metaesternal oval, não associada a outros escleritos ventrais; linea angulata do escudo esternal em forma de arco; escudo ventrianal mais longo que largo e com três pares de setas. A espécie mais próxima de *Holostaspella* n. sp. é *Holostaspella caelata* Berlese, 1910. Entretanto, *H. caelata* difere da nova espécie por apresentar *j*5, *j*6 e *z*5 aciculadas e curtas; escudo esternal sem linea obliqua anterior, linea media transversa e linea obliqua posterior; *st*1 –*st*5 aciculadas.

Referências

- AZEVEDO, L. H. **Taxonomic studeis of Macrochelidae mites (Acari: Macrochelidae) and their potential use to control *Stomoxys calcitrans* and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)**. 2017. 276 p. Tese (Doutorado em Entomologia). USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- AZEVEDO, L. H.; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; Moraes, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. *In*: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015 pp. 103–132.
- BERLESE, A. Lista di nuove specie e nuovi generi di Acari. *Redia*, **6**, p. 242–271, 1910.
- DOS ANJOS, K. A. **Caracterização morfológica e molecular de ácaros da família Macrochelidae (Acari: Mesostigmata) encontrado em esterco de ruminantes e avaliação de potencial predatório sobre nematódeos de interesse veterinário**. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio). 2019. 85p. Instituto Biológico (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios). São Paulo, 2019.
- EVANS, G. O. **Principles of Acarology**. CAB International, axon, UK, 1992. 563 p.
- EVANS, G.O. Observations on the chaetotaxy of the legs in the free-living Gamasina (Acari: Mesostigmata). **Bulletin of the British Museum of Natural History**, v. 10, p. 277–303, 1963.
- FILIPPONI, A . The feasibility of mass producing macrochelid mites for field trials against houseflies. **Bulletin of World Health Organization**. v. 31, p. 499-501, 1964.
- HALLIDAY, R. B. Further observations on the dorsal idiosomal chaetotaxy in the Macrochelidae (Acarina). **International Journal of Acarology**, v. 13, p. 51–53, 1987.
- KRANTZ, G.W. A review of the genus *Holostaspella* Berlese, 1904 (Acarina: Macrochelidae). **Acarologia suppl.** v. 9, p. 91–146, 1967.
- KRANTZ, G.W.; WHITAKER, J.O Mites of the genus *Macrocheles* (Acari: Macrochelidae) associated with small mammals in North America. **Acarologia**. v. 29, p. 225-259, 1988.
- VITZTHUM, H. Acarologische Beobachtungen (14. Reihe). **Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik**, v. 59, p. 281–350, 1930.
- WALTER, D.E. & KRANTZ, W. A review of glaber-group (s. str.) species of the genus *Macrocheles* (Acari: Macrochelidae), and a discussion of species complexes. **Acarologia**, v. 27, p. 277–294, 1986.

4. OVIPOSIÇÃO DE *Macrocheles embersoni* E *Macrocheles muscaedomesticae* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NEMATOIDES DE VIDA LIVRE

Resumo

Mesostigmata é a principal ordem de ácaros predadores edáficos, contendo espécies hoje comercializadas para o controle biológico de artrópodes daninhos. A família Macrochelidae agrupa espécies predadoras edáficas que consomem principalmente ovos e larvas de dípteros, nematoides, colêmbolos e imaturos de outros pequenos artrópodes. Nematoides de vida livre são considerados alimento adequado para ácaros predadores edáficos, sendo frequentemente encontrados em abundância no solo. A utilização de presas alternativas para ácaros predadores pode influenciar positivamente o controle de artrópodes daninhos. *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto e *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli (Macrochelidae) são ácaros potencialmente úteis para controle da mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans* L.), que causa grandes danos principalmente por parasitar diversas espécies de animais e o próprio ser humano. O objetivo deste trabalho foi avaliar a oviposição de *M. embersoni* e *M. muscaedomesticae* alimentados com nematoides de vida livre encontrados em áreas propícias para aquela mosca no estado de São Paulo. Foi conduzido em laboratório, a 28 ± 2 °C, 70% $\pm$ 10% de UR e no escuro. Ambas as espécies foram capazes de ovipositar quando alimentadas com nematoides de vida livre oriundos das áreas de cana-de-açúcar e pastagem. Os resultados sugeriram que os nematoides de vida livre podem incrementar a eficácia do controle da mosca-dos-estábulo no campo, permitindo a permanência e a reprodução de predadores macroquelídeos em períodos de escassez desta mosca parasita.

Palavras-chave: Controle biológico; Mosca-dos-estábulo; Macrochelidae; *Rhabditella*

Abstract

Mesostigmata is the main order of edaphic predatory mites, containing species presently commercialized for the biological control of damaging arthropods. The family Macrochelidae congregates species of edaphic predatory mites that consume mostly dipteran eggs and larvae, nematodes, springtails and immatures of other small arthropods. Free-living nematodes are considered as suitable food for predatory mites, and they are often abundant in the soil. The use of alternative prey for predatory mites can positively influence the control of damaging arthropods. *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto and *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli (Macrochelidae) are potentially useful for the control of the stable fly (*Stomoxys calcitrans* L.), that causes heavy damage mainly for parasitizing several animal species and human beings. The objective of this work was to evaluate the oviposition of *M. embersoni* and *M. muscaedomesticae* fed with free-living nematodes found in areas suitable for stable fly in São Paulo state. It was conducted in a laboratory at 28 ± 2 °C, 70% $\pm$ 10% RH and in the dark. Both species were able to oviposit when fed with free-living nematodes from sugarcane and pasture areas. The results suggested that the free-living nematodes may increase the efficacy of the control of the stable fly in the field, allowing the persistence and reproduction of the macrochelid predators in periods of scarcity of that parasitic fly.

Keywords: Biological control; Stable fly; Macrochelidae; *Rhabditella*

4.1. Introdução

A coorte Gamasina da ordem Mesostigmata congrega principalmente ácaros considerados predadores, alguns dos quais têm sido produzidos comercialmente para o controle biológico de pragas (Krantz & Walter, 2009). Embora presentes em diferentes ambientes, a maior diversidade destes predadores é encontrada no solo (McMurtry et al., 2015; Moreira & Moraes, 2015). Dentre as superfamílias de Gamasina edáficos mais frequentes em solos estão: Ascoidea, Rhodacaroidea, Dermanyssoidea, Eviphidoidea, Phytoseioidea, Veigaiioidea e Zerconoidea (Lindquist, Krantz & Walter, 2009).

Pertencente a superfamília Eviphidoidea, a família Macrochelidae é composta por indivíduos essencialmente predadores, sendo encontrados no solo, frequentemente em ambientes efêmeros (Krantz & Walter, 2009; Azevedo et al., 2015). Pelo fato de ocuparem nichos temporários, a grande maioria das espécies desta família apresenta mecanismos de dispersão por forese, especialmente em insetos (Krantz, 1998). Obviamente, os principais organismos utilizados como alimento pelos macroquelídeos são também comuns nestes ambientes, havendo relatos na literatura de sua predação em ovos e larvas de dípteros, nematoides, colêmbolos e imaturos de outros pequenos artrópodes (Azevedo, 2017).

Devido à capacidade de utilização de uma variedade relativamente grande de alimentos, ácaros predadores tem grande potencial de utilização em programas de controle biológico por conservação (Carrillo, Moraes & Peña., 2015). A maioria das pesquisas envolvendo o uso de presas alternativas para aumentar a abundância dos predadores e consequentemente aumentar as taxas de controle das pragas tem sido realizada com Gamasina da família Phytoseiidae, envolvendo principalmente o oferecimento de pólen (Nomikou et al., 2010). Em relação a ácaros de solo, um número menor de trabalhos tem sido conduzido sobre este aspecto. Estudos realizados por Grosman et al. (2011) e Munoz Cardenas (2017) obtiveram resultados positivos utilizando ácaros da coorte Astigmatina como presa alternativa para uma espécie de *Gaeolaelaps* (Laelapidae) e para *Macrocheles robustulus* Berlese, 1904

(Macrochelidae), visando respectivamente ao controle de tripes e moscas da família Sciaridae.

Nematoides de vida livre poderiam hipoteticamente também servir de alimento alternativo e serem supridos a predadores liberados para o controle de pragas no solo, por serem aqueles frequentemente encontrados no mesmo tipo de ambientes ocupados por estes ácaros na natureza. Estes nematoides podem ter hábitos alimentares variados, desde onívoros, bacteriófagos, micófagos ou predadores (Yeates et al., 1993). Em trabalho realizado por Azevedo et al. (2019), a utilização do nematoide de vida livre *Rhabditella axei* Cobbold como alimento alternativo para *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto, 2017 levou à redução significativa da emergência de adultos da mosca-doméstica (*Musca domestica* L.).

Macrocheles embersoni e *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli, 1772 tem sido relatados em solos brasileiros (Rodrigueiro & Prado, 2004; Azevedo et al., 2017). A possibilidade do uso destes para o controle da mosca-dos-estábulos (*Stomoxys calcitrans* L.) tem sido discutida na literatura (Azevedo et al., 2018), mas estudos mais detalhados precisam ser conduzidos, incluindo a avaliação da conveniência em se liberar nematoides de vida livre para promover a ação de controle destes predadores. O objetivo deste trabalho foi avaliar a oviposição de *M. embersoni* e *M. muscaedomesticae* alimentados com nematoides de vida livre encontrados em áreas propícias para a ocorrência da mosca-dos-estábulos no estado de São Paulo.

4.2. Material e Métodos

Para a condução do estudo, avaliaram-se inicialmente as espécies de nematoides de vida livre encontradas na região de Barretos, no norte do estado de São Paulo.

4.2.1 Coleta dos nematoides e estabelecimento das colônias destes

Amostras de solo foram coletadas em pontos aleatórios de duas áreas de plantio comercial de cana-de-açúcar var. CTC 4 (segundo e quarto cortes) e em uma área de pastagem de *Cynodon dactylon* (L.) cv. Tifton 78. Cada amostra totalizou 500 g de solo, composta de 16 subamostras de tamanhos aproximados, tomadas de 16 pontos de cada área. As amostras foram coletas com uma pá, à profundidade máxima de 5 cm, e postas sacos de polietileno, por sua vez armazenados em uma caixa de poliestireno (Isopor®)

contendo unidades de um gel congelável (Gelox ®). As amostras foram transportadas ao Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP, onde cada uma foi transferida para um vaso de polietileno (12,5 cm de altura e 17 cm de diâmetro) e umedecida à capacidade de campo pela adição de água de torneira. No dia seguinte, adicionou-se ao centro de cada vaso uma armadilha para os nematoides de vida livre. Esta consistiu de uma vagem de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cortada em pequenos pedaços, que foram envolvidos com um pedaço de tela de malha de 1,6 mm, fechado na forma de um pequeno saco. Os vasos foram cobertos com tecido do tipo voil para reduzir as chances de contaminação com nematoides que pudessem chegar à amostra por forese em outros organismos, e mantidos em casa de vegetação, sob condições não controladas. Quinze dias mais tarde, as armadilhas foram retiradas e os pedaços de vagem, em processo de deterioração, foram examinados sob estereomicroscópio, sendo as vagens com nematoides transferidas para potes de polietileno de 250 mL contendo uma lâmina d'água e novos pedaços de vagem. Novos pedaços de vagem eram periodicamente introduzidos nos potes, para manutenção das colônias de nematoides, sendo estas mantidas a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 10\%$ de UR e no escuro.

4.2.2 Identificação dos nematoides

Pedaços de vagem contendo os nematoides de cada uma das colônias estabelecidas foram transferidos para frascos de vidro, cada um contendo 20 mL de água. Estes foram submetidos ao banho-maria, até que a temperatura atingisse 60°C , para inativação dos nematoides. Adicionaram-se então 2 mL de formalina a 40% a cada tudo, para conservação dos nematoides.

Vinte nematoides foram retirados ao acaso de cada frasco com o auxílio de uma haste de metal e postos em uma lâmina de microscopia contendo uma gota de solução de formol a 2%, sendo esta coberta com uma lamínula, vedando-se a montagem pela aplicação de parafina líquida à margem da lamínula. Os nematoides foram examinados em microscópio óptico para identificação do gênero, utilizando principalmente chaves e ilustrações de Goodey (1963).

4.2.3 Criação dos ácaros

Os espécimes de *M. embersoni* e *M. muscaedomesticae* foram obtidos de colônias mantidas em potes plásticos (8 cm de diâmetro e 7 cm de altura), cuja base (1,0

cm de espessura) era coberta por uma camada solidificada de pasta de carvão ativado e gesso (9v:1v), mantida úmida pela adição diária de água mineral. Cada pote foi preenchido até aproximadamente 70% de sua capacidade com vermiculita expandida, sendo os ácaros predadores alimentados três vezes por semana com nematoides de vida livre (*Rhabditella axei* Cobbold) e uma combinação de ovos e larvas de primeiro instar de mosca doméstica.

4.2.4. Testes de oviposição

Estes foram conduzidos entre abril e junho de 2019, a 28 ± 2 °C, 70% $\pm 10\%$ de UR e no escuro. A metodologia foi baseada em estudos realizados com ácaros das famílias Laelapidae, Macrochelidae, Phytoseiidae e Rhodacaridae (Freire et al. 2007; Castilho et al. 2009; Moreira et al., 2015, Azevedo et al., 2018). As unidades experimentais foram pequenas placas de Petri (2,7 cm de diâmetro e 1,2 cm de altura), cuja base (espessura de cerca de 0,5 cm) era composta por uma pasta solidificada de carvão ativado e gesso (9v:1v). A abertura de cada uma foi fechada com plástico filme plástico transparente (Magipack®) para evitar a fuga dos ácaros.

Cada unidade recebeu uma fêmea adulta de *M. embersoni* ou *M. muscaedomesticae* e um fragmento de vagem contendo nematoides de vida livre. Trinta unidades experimentais foram utilizadas para cada combinação de espécie de ácaro x espécie de nematoide. O número de ovos e/ou larvas do ácaro foi contabilizado a cada 24 h, por 11 dias consecutivos.

Foi utilizado esquema fatorial (2x4), sendo duas espécies de predadores e quatro espécies de nematoides de vida livre utilizados como presa, em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram inicialmente submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os dados brutos foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ para normalização, sendo em seguida realizada a análise de variância (ANOVA) utilizando o software R. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4.3. Resultados

Para ambos os predadores, embora diferenças significativas tenham sido observadas entre alguns dos tratamentos, os níveis de oviposição obtidos foram bastante

semelhantes entre si, variando de 2,0 a 3,1 ovos por fêmea por dia (Tabela 6). A oviposição de *M. embersoni* foi maior que a de *M. muscaedomesticae* apenas quando o alimento oferecido foi *R. axei* ou *Rhabdiella* sp1, esta última, isolada da área de cana-de-açúcar em segundo corte.

Em relação à espécie de nematoide, diferenças significativas foram observadas apenas entre os níveis de oviposição de predadores alimentados com *R. axei* e com *Rhabditella* sp3, esta última isolada da área de pastagem, sendo maior para a primeira destas para ambos os predadores (Tabela 6).

Tabela 6. Oviposição de *Macrocheles embersoni* e *Macrocheles muscaedomesticae* alimentados com nematoides de vida livre, a 28 ± 2 °C, 70% $\pm$ 10% de UR e no escuro.

Espécies	<i>Rhabditella axei</i>	<i>Rhabditella</i> sp1	<i>Rhabditella</i> sp2	<i>Rhabditella</i> sp3
<i>M. embersoni</i>	3,1 Aa $\pm$ 0,1	2,6 Ab $\pm$ 0,2	2,4 Ab $\pm$ 0,1	2,2 Ac $\pm$ 0,1
<i>M. muscaedomesticae</i>	2,6 Ba $\pm$ 0,1	2,2 Bab $\pm$ 0,1	2,4 Ab $\pm$ 0,1	2,0 Ab $\pm$ 0,1

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 5$ %).

4.4. Discussão

Independente do nematoide oferecido como presa, *M. embersoni* e *M. muscaedomesticae* foram capazes de ovipositar o que já seria esperado, visto que nematoides de vida livre são citados na literatura como um dos principais alimentos para ácaros predadores encontrados no solo (Carrillo, Moraes & Peña, 2015). Em trabalhos realizados com ácaros edáficos de outras famílias como Laelapidae e Rhodacaridae, o oferecimento de *R. axei* como alimento também proporciona boas taxas de oviposição (Castilho et al., 2009; Moreira et al., 2015).

Quando o alimento foi *R. axei*, os níveis de oviposição de *M. embersoni* neste trabalho para foram menores que determinado por Azevedo et al. (2018) para o mesmo predador e a mesma presa. Essa diferença poderia ser devida à temperatura mais elevada (30 °C) naquele último estudo. Por outro lado, o oposto ocorreu em relação a *M. muscaedomesticae*. De qualquer maneira, os níveis de oviposição obtidos sugerem que todos os nematoides avaliados sejam adequados à reprodução das duas espécies de

predadores. Isto sugere que na eventual liberação de um destes nos campos considerados no estudo, para o controle biológico de organismos indesejáveis, sua manutenção nos pontos de liberação seja facilitada pela presença dos nematoides. Obviamente, há que se assegurar, no entanto, que a densidade do nematoides seja suficiente para tal. Pouco se sabe sobre a distribuição e a densidade de nematoides de vida livre no Brasil. É de esperar que estes sejam mais abundantes em áreas com em que a matéria orgânica esteja disponível, tendo em vista que estes nematoides se alimentam principalmente de microrganismos, que se desenvolvem na matéria orgânica no solo (Neher, 2010).

O bom desempenho de ambos os predadores alimentando-se dos nematoides poderia, no entanto levar à suspeita de a disponibilidade destes pudesse comprometer a eficácia do predador em reduzir a população do organismo que se queira controlar. Há que se considerar, porém, que se por um lado se possa esperar que a capacidade de consumo de cada predador individualmente possa efetivamente reduzir na presença de uma presa alternativa, no cômputo geral sua eficácia possa aumentar, em função da resposta numérica do predador, levando a um maior consumo do organismo indesejável pelo aumento da população do predador. Esta possibilidade foi demonstrada por Azevedo et al. (2019), em um trabalho em que *M. embersoni* foi avaliado. Os autores concluíram que a disponibilização da presa alternativa (nematoides de vida livre) aumentou a abundância de predadores, consequentemente otimizando o controle biológico da mosca doméstica.

Assim, em áreas com pouca matéria orgânica, é de se esperar que a eficácia dos predadores possa ser aumentada, com a liberação destes, dos nematoides de vida livre e/ou a disponibilização da matéria orgânica, para o aumento da população dos predadores. No caso de áreas com histórico de surtos da mosca dos estábulos, uma das principais pragas da bovinocultura atual, uma das estratégias poderia ser a liberação de ácaros predadores da família Macrochelidae nos locais mais favoráveis para o desenvolvimento da mosca, onde estes predadores poderiam permanecer na área em momentos de não ocorrência da praga, pelo consumo dos nematoides de vida livre nativos destes locais. A manutenção destes inimigos naturais nestas áreas (principalmente cultivos de cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça) diminuiria a necessidade de liberações constantes, o que seria um aspecto positivo, principalmente quando levamos em consideração que cultivos de cana-de-açúcar podem atingir grandes extensões em termos de área plantada.

Referências

- AZEVEDO, L. H. **Taxonomic studeis of Macrochelidae mites (Acari: Macrochelidae) and their potential use to control *Stomoxys calcitrans* and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)**. 2017. 276 p. Tese (Doutorado em Entomologia). USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- AZEVEDO, L. H.; CASTILHO, R. C.; BERTO, M. M.; MORAES, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) from São Paulo state, Brazil, with description of a new species of *Macrocheles*. **Zootaxa**, v. 4269, n. 3, p. 413-426, 2017.
- AZEVEDO, L. H.; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; Moraes, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. *In*: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015 pp. 103–132.
- AZEVEDO, L. H.; FERREIRA, M. P.; CASTILHO, R. C.; CANÇADO, H. D.; MORAES, G. J. Potential of *Macrocheles* species (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) as control agentes of harmful flies (Diptera) and biology of *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho and Berto on *Stomoxys calcitrans* (L.) and *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Biological Control**, V. 123, p. 1-8, 2018.
- AZEVEDO, L. H.; LEITE, L. G.; CHACON-OROZCO, J. G.; MOREIRA, M. F. P.; FERREIRA, M. P.; GONZÁLEZ-CANO, L. M.; BORGES, V.; RUEDA-RAMIREZ, D.; MORAES, G. J.; PALEVSKY, E. Free living nematodes as alternative prey for soil predatory mites: Na interdisciplinary case study of conservarion biological control. **Biological Control**, v. 123, p. 128-134, 2019.
- CARRILLO, D.; MORAES, G.J.; & PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015, 337p.
- CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J.; SILVA, E. S.; SILVA, L. O. S. Predation potencial and biology of *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). **Biological control**, v. 48, p. 164- 167, 2009.
- FREIRE, R. A. P.; MORAES, G. J. de.; SILVA, E. S.; VAZ, A. C. F.; CASTILHO, R. C. Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera: Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 42, p. 87-93, 2007.
- GOODEY, T. **Soil and freshwater nematodes**. Methuen & Co.Ltd.,Londres, 1963, 544P.
- GROSMAN, A. H., MESSELINK, G. J., GROOT, E. B. D. Combined use of a mulch layer and the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese) enhance the biological control of sciarids in potted plants. **IOBC/WPRS Bulletin**. v, 68, p. 51–54, 2011.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A Manual of Acarology**. 3^a.ed. Texas Tech University Press; Lubbock, Texas, p. 807, 2009.

KRANTZ, G.W. Reflections on the biology, morphology and ecology of the Macrochelidae. **Experimental and Applied Acarology**, v. 22, p. 125-137, 1998.

LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: Krantz, G.W. e Walter, D.E. **A Manual of Acarology**, Third Edition, Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, p. 124–232, 2009.

MCMURTRY, J. A.; SOURASSOU, N. F.; DEMITE, P. R. The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as Biological Control Agents. In: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, 2015. P. 133 – 149.

MOREIRA, G. F.; MORAES, G. J. The potential of free-living Laelapid Mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agentes. In: CARRILO, D.; MORAES, G.J.; & PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Cham: Springer International Publishing, Switzerland, pp. 103–132. 2015.

MOREIRA, G. F.; MORAIS, M. R.; BUSOLI, A. C.; MORAES, G. J. Life cycle of *Cosmolaelaps jaboticabalensis* (Acari: Mesostigmata: Laelapidae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and two factitious food sources. **Experimental and applied acarology**. v. 65, p. 129-226, 2015.

Munoz Cardenas, K. A. **What lies beneath?** Linking litter and Canopy Food Webs to Protect Ornamental Crops. Department of Population Biology, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 2017, pp. 144.

NEHER, D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, v. 33, p. 161–168, 2001.

NOMIKOU, M., JANSSEN, A., SCHRAAG, R., SABELIS, M.W. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. **Experimental and Applied Acarology**. v. 27, p. 57–68, 2002.

RODRIGUEIRO, T. S.C. & PRADO, A. P. *Macrocheles muscaedomesticae* (Acari, Macrochelidae) and a species of *Uroseius* (Acari, Polyaspididae) phoretic on *Musca domestica* (Diptera, Muscidae): effects on dispersal and colonization of poultry manure. **Iheringia**, serie zoologia, v. 94, n. 2, p. 181- 185, 2004.

YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M.; FRECKMAN, D.W.; Georgieva, S.S. Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315–331, 1993.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado proporcionou um avanço em relação ao conhecimento taxonômico de ácaros encontrados em áreas de cultivo, pastagem e vegetação natural (Mata Atlântica) no estado de São Paulo, sendo encontradas novas espécies para a ciência pertencentes às famílias Ascidae (1 nova espécie), Laelapidae (4 espécies), Macrochelidae (1 espécie), Melicharidae (3 espécies) e Ologamasidae (2 espécies). Realizou-se ainda o relato de uma espécie da família Veigaiidae que ainda não tinha sido relatada no Brasil. A quantificação de nematoides edáficos de diferentes grupos alimentares também representa um avanço na obtenção de informações a respeito da abundância e disponibilidade destes organismos nas áreas citadas anteriormente. Dentre as espécies novas encontradas no estudo, a descrição de uma nova espécie do gênero *Holostaspella* encontrada no estado de São Paulo foi realizada, sendo o primeiro relato de uma espécie do grupo *caelata* no país. Os resultados obtidos no teste de oviposição de *Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto e *Macrocheles muscaedomesticae* Scopoli também representam uma contribuição em termos de conhecimento da interação predador x presa entre ácaros com potencial para o controle biológico de moscas e nematoides de vida livre encontrados nas áreas com propensão a ocorrência de surtos da mosca-dos-estábulos (*Stomoxys calcitrans* L.), indicando que com o manejo correto destas áreas, a disponibilidade de nematoides de vida livre já presentes no local pode ter a capacidade de manter a população de predadores que possam vir a ser liberados. A união entre o conhecimento da diversidade de ácaros, abundância de nematoides e parâmetros biológicos de espécies de ácaros predadores com potencial de uso prático proporciona uma base para o desenvolvimento de estratégias que visam promover o controle biológico de pragas.