

CAPÍTULO 5

Controle de artrópodes-praga com ácaros predadores

Denise Navia
Raphael de Campos Castilho
Gilberto José de Moraes

Os ácaros são artrópodes quelicerados da classe Arachnida, subclasse Acari. Constituem o segundo maior grupo de artrópodes, depois dos insetos. No primeiro estágio após a fase de ovo, apresentam tipicamente três pares de pernas, passando a apresentar quatro pares em outros estágios; cada perna normalmente tem seis segmentos; as coxas dos pedipalpos são fundidas e, juntamente com as quelíceras, constituem uma região chamada gnátossoma; o corpo é não segmentado (Figura 1). A maioria dos ácaros apresenta tamanho bastante reduzido, não ultrapassando 0,5 mm de comprimento. Os ácaros têm colonizado praticamente todos os ambientes terrestres e alguns aquáticos, e apresentam forma de vida livre ou parasitária. Além da diversidade de ambientes e de formas de vida, os ácaros também apresentam hábitos alimentares extremamente diversos, podendo ser fitófagos, saprófagos, fungívoros, endo e ectoparasitas de vertebrados e invertebrados (Moraes; Flechtmann, 2008; Krantz; Walter, 2009; Walter; Proctor, 2013). Nos agroecossistemas, seja no solo seja na parte aérea de plantas, podem ser extremamente numerosos. As espécies filófagas podem causar danos diretos ou indiretos (ex.: transmissão de vírus) aos seus hospedeiros, assumindo importância fitossanitária. Os ácaros predadores podem se alimentar de ácaros fitófagos e de pequenos insetos, representando eficientes agentes de controle biológico de pragas (Moraes; Flechtmann, 2008; Hoy, 2011; Carrillo et al., 2015).

A utilização de ácaros predadores para o controle de pragas agrícolas iniciou-se nos anos 1960, em cultivos protegidos de hortaliças da Europa Central, para o controle do ácaro-rajado [*Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae)]. Explosões po-

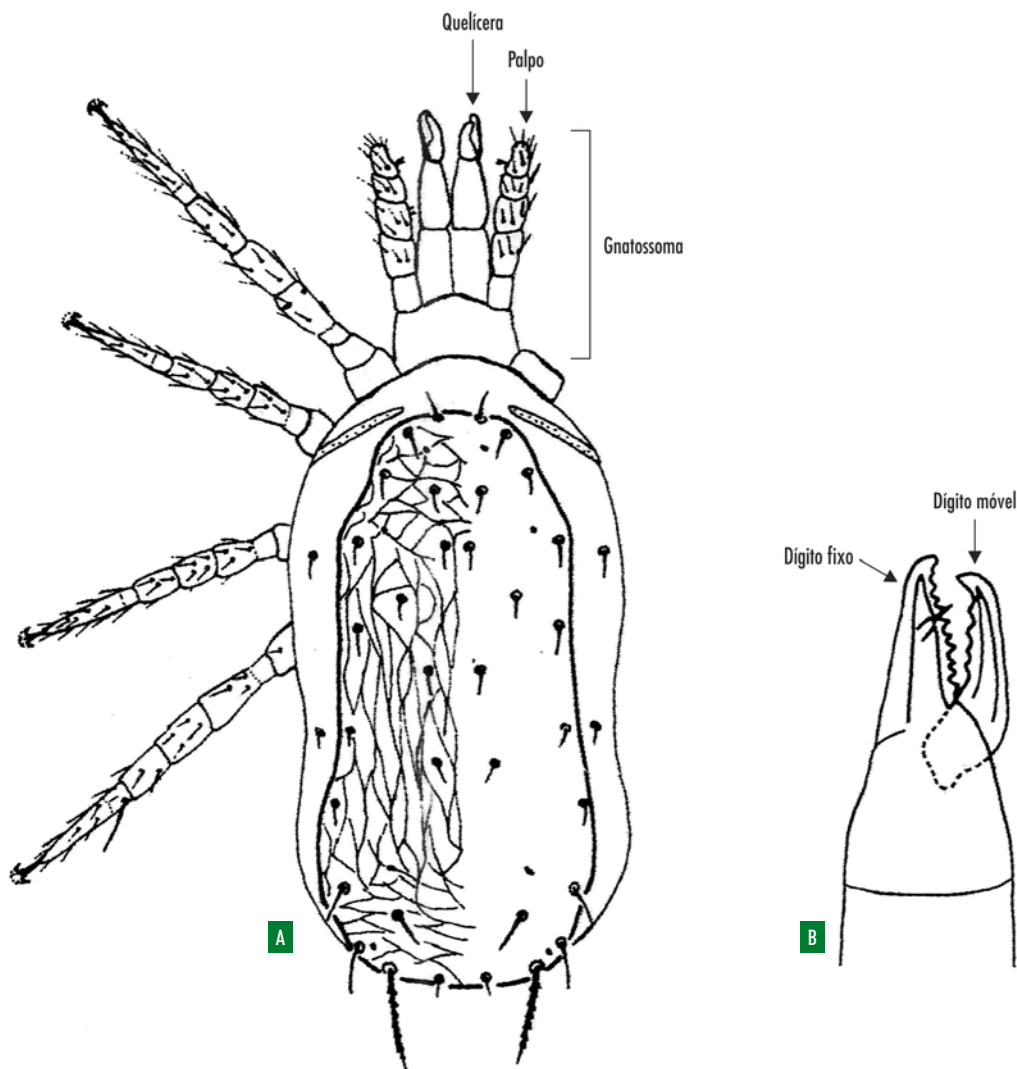


Figura 1. Esquema do corpo (A) e da quelícera (B) de um ácaro predador da ordem Mesostigmata.

Fonte: Adaptado de Moraes e Flechtmann (2008).

pulacionais do ácaro-rajado tornaram-se frequentes, sobretudo após a introdução do diclorodifeniltricloroetano (DDT) nos anos 1940 e, posteriormente, com o uso abusivo de organofosforados, que levou ao desenvolvimento de resistência nas populações dessa praga. Esses problemas motivaram a realização de estudos que resultaram na observação de ácaros e insetos predadores em colônias de ácaros-rajados, evidenciando sua importância para a redução das populações. Em seguida, o pesquisador alemão G. Dosse encontrou o ácaro predador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae) em lotes de plantas de orquídeas provenientes do Chile. O pesquisador multiplicou esses predadores e os distribuiu a colegas de vários

países europeus, os quais reconheceram sua eficiência no controle do ácaro-rajado. Ensaios em grande escala foram realizados em cultivos de pepino em casas de vegetação na Inglaterra. As primeiras iniciativas para produção massal de *P. persimilis*, isto é, produção de grande número de indivíduos em reduzido espaço, foram levadas a cabo por produtores dessa cultura no Reino Unido. Em 1969, o produtor holandês J. Koppert, ao visitar instalações de produção do predador, foi motivado a investir em seu potencial como agente de controle biológico. Sua empresa aprimorou o método de produção, o que impulsionou a comercialização desses inimigos naturais e continua sendo uma das principais produtoras no ramo (Ferragut et al., 2010).

Simultaneamente a esses avanços na produção massal de ácaros predadores na Europa, estudos para o manejo de espécies de ácaros predadores nativos foram realizados nos EUA. Em pomares de macieiras em Michigan, foram aplicadas técnicas de conservação que favoreciam as populações do fitoseídeo *Neoseiulus fallacis* (Garman) para o controle de ácaros fitófagos tetranychídeos, especialmente de *Panonychus ulmi* (Koch). Esses predadores eram tolerantes a inseticidas de amplo espectro e alimentavam-se de presas alternativas em períodos de escassez das presas-alvo (Ferragut et al., 2010).

Além da utilização dos ácaros predadores em programas de controle biológico por meio do uso de táticas de aumento e conservação, esses também começaram a ser utilizados em programas de controle biológico clássico. Pode-se citar como iniciativa de sucesso a introdução, em 1975, de *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) (Phytoseiidae) na Califórnia (EUA), a partir de espécimes provenientes da Espanha, para o controle de *Panonychus citri* (McGregor) (Tetranychidae) em cultivos de citros (Moraes, 1991; Oliveira; Moraes, 2011).

CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA E PRINCIPAIS FAMÍLIAS

Os ácaros estão classificados em duas superordens – Parasitiformes e Acariformes (Lindquist et al., 2009a). Os ácaros predadores atualmente mais utilizados em programas de controle biológico pertencem a famílias da superordem Parasitiformes, ordem Mesostigmata. Entretanto, várias famílias de Acariformes, ordem Trombidiformes, subordem Prostigmata, também são constituídas exclusivamente por, ou incluem, predadores (Krantz; Walter, 2009).

Várias características morfológicas diferenciam essas superordens, entre as quais se destacam: posição da abertura do sistema respiratório (estigma – geralmente posterior à coxa III em Parasitiformes e ausente ou anterior à coxa II em

Acariformes) e mobilidade das coxas das pernas (fundidas à região ventral do corpo em Acariformes e livres em Parasitiformes) (Krantz; Walter, 2009). De maneira geral, os ácaros predadores Parasitiformes apresenta o corpo mais esclerotizado que os Acariformes.

Ácaros predadores de pequenos artrópodes, incluindo outros ácaros, pequenos insetos ou colêmbolas (pequenos artrópodes ápteros e hexápodes que vivem principalmente no solo), e nematoides têm sido relatados em pelo menos 41 famílias de Acari (26 da superordem Parasitiformes, ordem Mesostigmata; 15 da superordem Acariformes, ordem Trombidiformes) (Tabela 1). Entre essas, destacam-se Phytoseiidae, Laelapidae e Macrochelidae (Parasitiformes, Mesostigmata), às quais pertencem espécies que vêm sendo comercializadas como agentes de controle biológico. Além dessas, podem-se também destacar Stigmaeidae, Bdellidae e Cunaxidae (Acariformes, Trombidiformes), como famílias de predadores que contribuem para o equilíbrio natural nos agroecossistemas (Gerson et al., 2003; Carrillo et al., 2015).

Tabela 1. Principais famílias de ácaros que incluem espécies predadoras de pequenos artrópodes e/ou nematoides, nas ordens Mesostigmata e Trombidiformes.

Ordem	Família
Mesostigmata	Arctacaridae, Ascidae, Blattisociidae, Digamasellidae, Euzerconidae, Eviphididae, Heatherellidae, Heterozerconidae, Laelapidae, Laptolaelapidae, Macrochelidae, Megisthanidae, Melicharidae, Ologamasidae, Otopheidomenidae, Pachylaelapidae, Parasitidae, Parholaspididae, Phytoseiidae, Podocinidae, Rhodacaridae, Sejidae, Triplogyniidae, Uropodidae, Veigaiidae e Zerconidae
Trombidiformes	Anystidae, Bdellidae, Camerobiidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Erythraeoidea, Eupallopsellidae, Eupodidae, Iolinidae, Labidostomatidae, Paratydeidae, Rhagidiidae, Stigmaeidae, Triophtydeidae e Tydeidae

Fonte: Adaptado de Gerson et al. (2003), Carrillo et al. (2015), Castilho et al. (2015) e Hernandez et al. (2015).

Entre os ácaros predadores, a família Phytoseiidae é a que tem maior número de espécies descritas, provavelmente por ser a mais estudada. São conhecidas atualmente cerca de 2.500 espécies nessa família (Demite et al., 2017), que é dividida em três subfamílias – Amblyseinae Muma, Phytoseiidae Berlese e Typhlodrominae Wainstein – e 92 gêneros (Chant; McMurtry, 2007; Demite et al., 2014). Amblyseinae é a maior subfamília (1.748 espécies distribuídas em 65 gêneros). Typhlodrominae conta com 732 espécies em 24 gêneros, e Phytoseiinae com 229 espécies em três gêneros. Os gêneros mais numerosos são os seguintes: *Typhlodromus* Scheuten (454 espécies), *Amblyseius* Berlese (400), *Neoseiulus* Hughes (397), *Phytoseius* Ribaga (222), *Euseius* De Leon (213) e *Proprioseiopsis* Muma (163). *Amblyseius* é o gênero com maior número de espécies nas regiões neotropicais (Demite et al., 2017). A chave taxonômica mais utilizada para

identificação de gêneros de Phytoseiidae foi publicada por Chant e McMurtry (2007). Demite et al. (2017) estruturaram uma base de dados¹ com informação taxonômica sobre todas as espécies da família.

A família Laelapidae, que inclui ácaros predadores e também parasitos associados a artrópodes e vertebrados (mamíferos e aves), inclui cerca de 1.300 espécies classificadas em 11 subfamílias e 90 gêneros (Beaulieu et al., 2011). Os Laelapidae predadores, de interesse para o controle biológico de pragas, pertencem à subfamília Hypoaspidinae e são encontrados principalmente no solo. Os gêneros de maior interesse no controle biológico são *Androlaelaps* Berlese, *Gaeolaelaps* Evans & Till e *Stratiolaelaps* Berlese (Moreira; Moraes, 2015).

A família Macrochelidae é constituída por predadores. Os ácaros dessa família são encontrados principalmente em excrementos ou em animais em decomposição, além de ninhos ou galerias de insetos sociais, mamíferos e pássaros. Apresenta cerca de 480 espécies distribuídas em 23 gêneros. A maior diversidade é encontrada no gênero *Macrocheles* Latreille (320 espécies), cujo potencial de predação tem sido o mais estudado, havendo ainda alguma informação sobre espécies de *Glyptholaspis* Filipponi & Pegazzano (Lindquist et al., 2009b; Azevedo et al., 2015).

Entre os Acariformes, Cheyletidae é a família de ácaros predadores mais comum e abundante em produtos armazenados. A maioria das espécies dessa família é predadora de microartrópodes, os quais são comumente encontrados em depósitos de grãos, rações ou outros alimentos (Hughes, 1976). Além disso, algumas espécies são muito comuns sobre plantas, em associação com pequenos insetos, como cochonilhas. Estima-se que atualmente essa família seja constituída por cerca de 370 espécies distribuídas em 74 gêneros (Athanassiou; Palyvos, 2015). Espécies do gênero *Cheyletus* Latreille têm sido consideradas promissoras como agentes de controle biológico de pragas de produtos armazenados.

Ácaros da família Stigmaeidae têm sido coletados em uma grande variedade de habitats (Fan et al., 2016). Essa família atualmente é composta por 577 espécies de 34 gêneros. Mais de 35% dessas espécies são plantícolas e predadoras, vivendo em folhas e ramos, destacando-se os gêneros *Agistemus* Summers (84 espécies) e *Zetzellia* Oudemans (29 espécies) (Fan et al., 2016). Alguns estudos mostraram que esses ácaros podem apresentar controle efetivo de ácaros fitófagos. No Brasil, membros dessa família têm sido relatados como importantes predadores de insetos e ácaros em culturas de grande importância econômica, como café, citros, goiaba, maçã e seringueira (Matioli et al., 1998, 2002, 2007; Ferla; Moraes, 2003).

¹ Disponível em: <<http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/>>.

Os ácaros da família Bdellidae são predadores de pequenos artrópodes, como colêmbolas, larvas de dípteros (moscas) e outros ácaros. Quase 300 espécies são hoje conhecidas nessa família (Hernandes et al., 2016). *Bdella* Latreille, *Odontoscirus* Thor (= *Bdellodes* Oudemans) e *Neomolgus* Oudemans são gêneros comuns dessa família. Bdelídeos têm sido estudadas sobretudo para o controle de colêmbolas no solo. Além disso, esses ácaros predadores podem também ser encontrados em plantas (Hernandes et al., 2015).

Os ácaros da família Cunaxidae são predadores generalistas de artrópodes e nematoides e podem estar presentes em plantas ou no solo (Gerson et al., 2003; Walter; Proctor, 2013). Essa família é atualmente composta por cerca de 375 espécies (Skvarla et al., 2014). Na região neotropical, menos de 30 espécies são conhecidas. O principal gênero dessa família considerado como agente de controle biológico é *Coleoscirus* Berlese, entretanto a relevância desses ácaros ainda está sendo avaliada (Hernandes et al., 2015).

IMPORTÂNCIA DA IDENTIFICAÇÃO ACURADA DOS ÁCAROS PREDADORES

Uma acurada identificação dos agentes de controle biológico constitui o primeiro passo para um programa bem-sucedido, pois uma identificação imprecisa pode levar a falhas no uso dos mesmos. A identificação taxonômica da maioria dos grupos de ácaros, incluindo os predadores, tem sido tradicionalmente baseada em caracteres morfológicos, especialmente das fêmeas adultas (Chant; McMurtry, 2007). Entretanto a utilização exclusiva desses caracteres apresenta limitações, especialmente no caso de espécies crípticas, isto é, espécies que são morfológicamente tão próximas a ponto de serem facilmente confundidas. As espécies crípticas podem apresentar características bioecológicas muito distintas, que afetariam sua utilização no controle de pragas (Chant, 1955; Tixier et al., 2006). Por meio de ferramentas moleculares, a ocorrência de espécies crípticas tem sido revelada entre táxons da família Phytoseiidae (Tixier et al., 2011; Famah-Sourassou et al., 2012), principal família de ácaros predadores. A integração de métodos moleculares à morfologia é extremamente importante para a identificação desses ácaros e, portanto, para o sucesso dos programas de controle biológico.

Além da identificação no que se refere à espécie, a caracterização de categorias infraespecíficas é, muitas vezes, igualmente importante. Populações geográficas de um inimigo natural, comumente chamadas de linhagens, podem apresentar

diferenças biológicas e/ou comportamentais que afetam seu desempenho no controle das pragas (Furtado et al., 2007; Navia et al., 2014). As diferenças biológicas entre linhagens de ácaros fitoseídeos, as quais podem favorecer o sucesso do controle, têm sido associadas a diferenças genéticas entre elas (Tixier et al., 2010). Uma linhagem de *Phytoseiulus longipes* Evans da África do Sul foi ineficiente para o controle do ácaro-vermelho do tomateiro (*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard) na África. Entretanto, foi demonstrado que *T. evansi* era um alimento apropriado para populações de *P. longipes* coletadas no sul do Brasil e no norte da Argentina (Furtado et al., 2007). Visando ao controle biológico clássico do ácaro-vermelho das palmeiras (*Raoiella indica* Hirst), invasor nas Américas, foram avaliadas populações do ácaro fitoseídeo *Amblyseius largoensis* (Muma) da Ilha da Reunião (Oceano Índico) e do Brasil. Verificou-se que, apesar de o tempo de desenvolvimento e de a viabilidade total das duas populações serem próximos, a população oriunda da Ilha da Reunião apresentou taxa de predação muito mais elevada que a da população de Roraima (Domingos et al., 2013). A caracterização molecular dessas populações de *A. largoensis* evidenciou que as mesmas constituem linhagens genéticas distintas de *A. largoensis* (Navia et al., 2014). Em Israel, a linhagem de *P. persimilis* mostrou-se mais tolerante a baixos níveis de umidade que outra linhagem da Califórnia, EUA (Perring; Lackey, 1989). Essa característica afeta significativamente a sobrevivência dos ácaros no campo. Portanto, a caracterização molecular de populações de ácaros predadores e sua correlação com características biológicas também são importantes para o sucesso dos programas de controle biológico.

Tanto a identificação molecular da espécie dos ácaros predadores fitoseídeos, quanto a caracterização de categorias infraespecíficas têm sido realizadas por meio de uma abordagem de DNA *barcoding*, isto é, a partir de sequências curtas de DNA de regiões do genoma mitocondrial ou nuclear (marcadores genéticos). De acordo com Santos e Tixier (2016), os marcadores citocromo oxidase subunidade I (COI), citocromo oxidase B (CytB) e 12S rRNA, do DNA mitocondrial, bem como os espaçadores internos transcritos I e II (ITS1 e ITS2), do DNA nuclear, podem ser utilizados para o diagnóstico de ácaros fitoseídeos. Os autores recomendam a utilização de, ao menos, um marcador mitocondrial e um nuclear para obtenção de maior consistência nas análises. Os iniciadores (em inglês *primers*) e protocolos utilizados nas reações em cadeia da polimerase (do inglês *polymerase chain reaction* – PCR) para amplificação e obtenção das sequências de DNA desses marcadores são apresentados por esses autores.

Primers

Segmentos de DNA necessários à iniciação da replicação do DNA pela enzima DNA polimerase.

PCR

Técnica utilizada em biologia molecular para amplificar uma única cópia ou algumas cópias de um segmento de DNA, gerando de milhares a milhões de cópias de determinada sequência de DNA.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E ECOLÓGICAS

Os ácaros predadores, tanto Mesostigmata quanto Prostigmata, antes de chegarem ao estágio adulto passam pelos estágios de ovo, larva, protoninfa e deutoninfa. O aspecto geral e o comportamento de suas principais famílias permitem a distinção desses ácaros com uma lupa de mão ou ao microscópio estereoscópico. Seu tamanho se compara ao de muitos ácaros fitófagos ou micófagos, pouco menos que 0,5 mm de comprimento. Entretanto, em sua maioria, os ácaros predadores movimentam-se mais rapidamente que os ácaros fitófagos, micófagos ou saprófagos. Fatores como ciclo de vida, substrato, modo de reprodução, taxa de crescimento intrínseco e hábitos alimentares dos ácaros predadores são bastante variáveis entre as famílias e até entre gêneros e espécies de uma mesma família.

Ácaros predadores da ordem Mesostigmata

A forma das quelíceras dos ácaros Mesostigmata é mais primitiva, ou seja, possuem a forma de quela (pinça), e são utilizadas para apanhar suas presas. Aspectos biológicos e ecológicos desses ácaros são, de longe, mais conhecidos para os da família Phytoseiidae, por constituírem a principal família de ácaros predadores planícolas e a mais utilizada no controle de pragas em geral.

Família Phytoseiidae

Os fitoseídeos adultos são geralmente um pouco maiores que os adultos do ácaro-rajado (cerca de 0,5 mm de comprimento) e distinguem-se por se moverem mais rapidamente que a maioria de outros ácaros que vivem nas plantas. Usualmente apresentam o corpo brilhante, de coloração variável, com predomínio do marrom-claro ao amarelo-claro. Esses ácaros podem ter o corpo bastante esclerotizado, apresentando um escudo (região mais esclerotizada) dorsal e vários escudos ventrais. A forma do corpo dos fitoseídeos, que também é bastante variável, pode ser subcircular, piriforme ou alongada. O comprimento das setas pode ser curto ou longo. Os ovos dos ácaros fitoseídeos são pouco alongados, inicialmente translúcidos, passando gradualmente a leitosos. Em condições de campo, esses ácaros são encontrados principalmente na face inferior das folhas, pelo seu comportamento fototrópico negativo, e a maioria é encontrada nas proximidades das nervuras maiores, onde ficam protegidos em depressões ou em

Quelíceras

Primeiro par de apêndices articulados do prossoma ao lado da abertura oral (Figura 1).

domácias (Moraes; Flechtmann, 2008; McMurtry et al., 2013). Assim como outros Mesostigmata, os fitoseídeos utilizam o primeiro par de pernas como estrutura sensorial para o reconhecimento das presas e do ambiente. Ao caminharem, levantam constantemente essas pernas, como se para captar estímulos do ambiente.

Com alimentação adequada e sob condições ambientais favoráveis (25 °C, 70%-90% UR), o desenvolvimento da fase imatura pode se completar em até 5 dias, o mais comum, porém, é levar de 7 a 10 dias. Fêmeas de Phytoseiidae podem pôr até 4 ovos por dia, como observado para espécies de *Phytoseiulus* Evans. Entretanto, o mais usual é a oviposição de 1 a 2 ovos ao dia (McMurtry et al., 2015). Durante seu ciclo de vida, cada fêmea geralmente produz de 30 a 40 ovos, no entanto, para algumas espécies, a oviposição pode ser de até 80 ovos (Tanigoshi, 1982; Sabelis, 1985). Os adultos geralmente vivem entre 20 e 30 dias. Para a maioria dos fitoseídeos, a reprodução ocorre por um processo conhecido como pseudoarrenotoquia ou para-haploidia. Nesse processo, as fêmeas necessitam copular para realizar a oviposição, e os ovos fertilizados são inicialmente diploides. Após a perda do conjunto de cromossomos recebidos do pai, alguns dos ovos passam a haploides, gerando ácaros do sexo masculino, enquanto os ovos que permanecem diploides produzirão as fêmeas (Moraes; Flechtmann, 2008). Em regiões de clima quente, o desenvolvimento e a reprodução podem ocorrer ao longo de todo o ano, no entanto, em regiões de clima temperado, as fêmeas fertilizadas dos fitoseídeos podem entrar em diapausa (tipo de dormência controlada por fatores fisiológicos que retarda o desenvolvimento) no inverno.

Apesar de não terem sido realizados experimentos detalhados, observações têm indicado que a taxa de dispersão dos ácaros fitoseídeos é alta por meios naturais, quando o alimento se torna escasso. Nessa condição, os fitoseídeos se movem para as partes expostas das plantas em que se encontram, deixando-se levar pelo vento. Fêmeas recém-emergidas já foram observadas com o corpo ereto sobre o substrato e com as pernas anteriores elevadas, facilitando seu transporte pelo vento; essa postura é típica de dispersão para ácaros plantícolas (Moraes; Flechtmann, 2008). Ao chegar sobre outra planta, procuram suas presas orientados por estímulos químicos emanados pela própria presa e/ou pela planta atacada. A atração dos ácaros predadores por voláteis emitidos pela planta hospedeira que está sendo atacada pelos herbívoros (presas potenciais) foi primeiramente estudada para os ácaros predadores *P. persimilis* e *Amblyseius* Chant, em plantas de feijão infestadas pelo ácaro-rajado (*T. urticae*). Esses mesmos estudos mostraram que as presas isoladamente também eram capazes de atrair esses predadores (Dicke et al., 1990a, 1990b).

Domácias

Estruturas presentes nas folhas de diversas espécies de plantas, em forma de tufo de pelos e/ou cavidades localizadas nas junções entre a nervura principal e as secundárias, na face abaxial das folhas.

Um dos fatores que possibilitam que os fitoseídeos mantenham as pragas em baixos níveis populacionais se refere à sua capacidade relativamente elevada de aumento populacional, associada à sua necessidade relativamente baixa de consumo diário de presas – usualmente não mais que 20 a 25 ovos de ácaros tetraniquídeos. O primeiro fator leva a uma resposta numérica rápida quando a praga se encontra em altos níveis populacionais, enquanto o segundo permite a persistência do predador quando o nível populacional da praga começa a baixar, mas ainda é capaz de causar danos às plantas.

Outras famílias de predadores Mesostigmata

Laelapidae – Muitos dos predadores desta família são edáficos. Para diversas espécies de Laelapidae, tem-se observado que, em temperatura de 25 °C, o desenvolvimento do ovo até a fase adulta se dá em torno de 7 dias. Nessa temperatura, as fêmeas podem produzir até sete ovos ao dia. Os adultos dos predadores desta família se alimentam de outros ácaros, pequenos insetos, nematoides, anelídeos e colêmbolas. Tem sido observado que algumas espécies de Laelapidae podem sobreviver longos períodos sem alimento (Ignatowicz, 1974; Norton et al., 1993). Protoninfas, deutoninfas e adultos de espécies do gênero *Stratiolaelaps* podem sobreviver sem alimento cerca de 12, 22 e 24 dias, respectivamente, sob temperatura de 20 °C. Após 14 dias sem alimentação, o canibalismo tem sido observado em todos os estágios de desenvolvimento (Berndt et al., 2003). Algumas espécies têm sido produzidas em larga escala para uso no controle de pragas, especialmente para o controle de larvas de moscas da família Sciaridae, conhecidas como fungus gnats (Moreira et al., 2014b).

Macrochelidae – Os ácaros do gênero *Macrocheles* são polípagos (Azevedo et al., 2015). Apesar de serem conhecidos principalmente por se alimentarem de ovos e do primeiro instar de larvas de moscas, podem também se alimentar de nematoides,

colêmbolas e outros pequenos artrópodes. O desenvolvimento de espécies desse gênero é extremamente rápido; a fase imatura pode se completar em cerca de 1,4 [*Macrocheles robustulus* (Berlese)] a 4,6 [*Macrocheles penicilliger* (Berlese)] dias. Por sua vez, a fecundidade é alta e atinge de 53,3 (*Macrocheles penicilliger*) a 163,2 (*Macrocheles matrius* Hull) descendentes por fêmea (Cicolani, 1979). A taxa intrínseca de aumento populacional desses ácaros é superior à de outros ácaros Mesostigmata (Cicolani, 1979). A reprodução dos Macrochelidae pode ocorrer por partenogênese telítica e arrenótoca (Azevedo et al., 2015). Sua dispersão comumente ocorre por meio de forésia, fenômeno comumente observado em besouros ou moscas que visitam os excrementos no solo onde estão esses ácaros.

Telítica

Ovos não fertilizados dão origem a fêmeas.

Arrenótoca

Ovos não fertilizados dão origem a machos.

Forésia

Associação entre indivíduos de espécies diferentes, na qual um transporta outro sem se prejudicarem.

Ácaros predadores da ordem Trombidiformes, subordem Prostigmata

Os ácaros Prostigmata normalmente apresentam o corpo menos esclerotizado que os Mesostigmata, e as quelíceras são comumente em forma de estiletes (diferente das quelas primitivas observadas nos Mesostigmata).

Os ácaros da família Cheyletidae apresentam o corpo de coloração variável – pálido, amarelado ou avermelhado (Norton et al., 1993). O gnatossoma é relativamente grande, especialmente os palpos, o que confere aspecto peculiar a esses ácaros. Sua reprodução ocorre por partenogênese arrenótoca ou telítoca. No Brasil, foi estudada a biologia de um Cheyletidae plantícola do gênero *Cheletogenes* – *Cheletogenes ornatus* (Canestrini e Fanzago), comumente associado à cochonilha escama-farinha [*Pinnaspis aspidistrae* (Signoret)], que ataca o citrus. A fase imatura dessa espécie é relativamente longa e varia de 30 a 40 dias (a 28 °C). Esse predador se reproduz por partenogênese telítoca. No pico de reprodução, a oviposição diária é de 0,3 ovo por fêmea (Moraes et al., 1989). Outras espécies podem preda pragas de grãos armazenados, sejam ácaros ou pequenos insetos. A espécie *Cheyletus malaccensis* (Oudemans) apresenta ampla distribuição geográfica e se reproduz por partenogênese arrenótoca. A temperatura ótima para seu desenvolvimento é de cerca de 33 °C (Norton et al., 1993).

Os ácaros da família Stigmaeidae são de tamanho pequeno a médio (0,2 mm a 0,5 mm de comprimento) e apresentam cor intensa (amarela, laranja ou vermelha) e forma de diamante, oval ou alongada. Os estigmeídeos se reproduzem por partenogênese arrenótoca (Hoy, 2011). O ciclo de vida desses ácaros é geralmente mais longo que o dos predadores fitoseídeos, o que pode lhes conferir baixa taxa de aumento populacional e limitar sua resposta ao aumento populacional das presas. Entretanto, em climas tropicais, a capacidade de aumento populacional pode ser alta. A biologia de uma espécie que ocorre no Brasil, *Agistemus floridanus* González, predadora de ácaros fitófagos das famílias Tenuipalpidae e Eriophyidae, que atacam seringueira, foi estudada a 25 °C e 80% UR. O estágio de ovo foi de mais de 4 dias, e a duração total da fase imatura foi de 10,2 dias. Cada fêmea depositou em média 38,4 ovos (Ferla; Moraes, 2003).

MECANISMO DE ALIMENTAÇÃO, HÁBITOS ALIMENTARES E ESTILOS DE VIDA

De forma geral, o conhecimento sobre os mecanismos de alimentação e os hábitos alimentares ainda é escasso para a maioria das famílias de ácaros predadores.

Muitas vezes esse conhecimento se limita a observações pontuais de predação. As informações são mais detalhadas para os fitoseídeos.

O regime alimentar desses ácaros é bastante variado. Algumas espécies apresentam dieta restrita. Essas se alimentam exclusivamente de um grupo de ácaros fitófagos – os ácaros que tecem teia (Tetranychidae) – ou apresentam preferência por eles. Entretanto, a maioria das espécies é generalista, isto é, é capaz de se alimentar de outros ácaros (como os fitófagos das famílias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Tarsonemidae e Eriophyidae), pequenos insetos (cochonilhas, tripes, moscas-brancas, psocópteros), além de alimentos de origem animal (substâncias açucaradas excretadas por insetos sugadores, como os homópteros, conhecidas como *honeydew*), exsudato de plantas, pólen e fungos.

Os fitoseídeos podem ser classificados com base em seus “estilos de vida”, para os quais levam-se em consideração os hábitos alimentares, os comportamentos de busca de presas e os substratos onde se encontram. A classificação mais recente foi apresentada em McMurtry et al. (2013) e inclui quatro tipos de estilo de vida (Tabela 2). Os tipos I e III apresentam subdivisões. Essa classificação é importante para a aplicação do controle biológico, permitindo a análise de perspectivas de uso desses agentes. Com base na identificação taxonômica do gênero do predador, poder-se-ia prever seu estilo de vida pela comparação de estilos de vida de espécies próximas que já tenham sido estudadas e devidamente classificadas (Ferragut et al., 2010).

Do ponto de vista aplicado, há vantagens e desvantagens no uso de ácaros fitoseídeos com um ou outro desses estilos de vida (Tabela 2). Se, por um lado, os especialistas usualmente têm uma ação de controle mais rápida sobre a praga; por outro, os generalistas têm maior habilidade de se manter no ambiente quando a população da praga é reduzida a níveis muito baixos. Além disso, os generalistas tendem a ser mais eficientes que os especialistas no controle de insetos ou de ácaros que pertençam a outros gêneros que não as espécies de *Tetranychus*. Portanto, cada agroecossistema e cada praga-alvo devem ser avaliados, visando decidir sobre o predador a ser utilizado, bem como sobre a estratégia de aplicação.

O mecanismo de predação de alguns ácaros fitoseídeos foi detalhadamente estudado. Observou-se que, para imobilizarem as presas, eles cortam sua cutícula com as quelíceras (em forma de pinça) e injetam enzimas proteolíticas em seu interior, a fim de liquefazerem seu conteúdo e absorverem-no gradualmente (Evans, 1992). Espécies que incluem pólen em sua alimentação, como *E. stipulatus* Athias-Henriot e *Amblyseius similoides* Buchellos & Pritchard, coletam os grãos de pólen individualmente com uma das quelíceras, rompem então a exina (camada externa) dos grãos

Tabela 2. Classificação do estilo de vida de diferentes tipos de ácaros predadores da família Phytoseiidae.

Tipo/subtipo	Estilo de vida
Tipo I	Especialistas (três subtipos, distintos pela alimentação)
Subtipo Ia	Especialistas em ácaros tetraniquídeos (Tetranychidae) do gênero <i>Tetranychus</i>
Subtipo Ib	Especialistas em ácaros tetraniquídeos (Tetranychidae) que produzem teia em forma de “ninhos”
Subtipo Ic	Especialistas em ácaros tideídeos (Tydeidae)
Tipo II	Seletivos de ácaros tetraniquídeos, espectro alimentar mais amplo que aqueles do Tipo I
Tipo III	Generalistas (cinco subtipos, distintos pelo micro-habitat e morfologia)
Subtipo IIIa	Vive em folhas pubescentes
Subtipo IIIb	Vive em folhas glabras
Subtipo IIIc	Vive em espaços confinados em plantas dicotiledôneas (exemplo, em domácias)
Subtipo IIId	Vive em espaços confinados em plantas monocotiledôneas
Subtipo IIIe	Vive no solo e na matéria orgânica do solo
Tipo IV	Generalistas que têm preferência por se alimentar de pólen, mas que podem ter como presas ácaros de várias famílias, pequenos insetos como tripes ou moscas-brancas, assim como nematoides. Outros alimentos alternativos podem ser esporos de fungos, exsudatos de plantas e secreções de insetos sugadores

Fonte: Adaptado de McMurtry et al. (2013).

com o movimento alternado das quelíceras e removem seu conteúdo (Flechtmann; McMurtry, 1992).

Cada grupo de ácaros predadores pode apresentar particularidades comportamentais para a captura de suas presas. Por exemplo, algumas espécies de *Bdellidae* imobilizam-nas, prendendo-as ao substrato (solo ou tecidos de plantas) com fios que se assemelham à seda, e as consomem em seguida (Hernandes et al., 2015). Alguns grupos de ácaros predadores se alimentam individualmente, enquanto outros podem predar em grupos, conforme observado para algumas espécies de *Macrochelidae*.

O consumo diário de presas varia de acordo com a espécie, com o estágio de desenvolvimento do predador e com o tipo de presa. Por exemplo, as fêmeas adultas de *Neoseiulus* Hughes consomem cerca de 12 ovos de *Tetranychus* por dia, enquanto as de *Phytoseiulus* podem consumir mais de 20 (McMurtry; Rodríguez, 1987). No caso de espécies generalistas, nem todos os alimentos têm o mesmo valor nutritivo; alguns se destacam bastante em relação à reprodução do predador. Os alimentos chamados de “suplementares” podem servir apenas para a sobrevivência dos predadores (não possibilitando sua reprodução). Consequentemente, suas populações poderão se manter, mas não terão incremento. No que diz respeito aos alimentos chamados de “alternativos”, os predadores podem sobreviver e se

reproduzir na ausência das presas (Overmeer, 1985). Por exemplo, estudos realizados com ácaros predadores generalistas que ocorrem na cultura do pinhão-manso em Tocantins – *Euseius concordis* (Chant) e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma –, os quais foram alimentados com pólen de mamona, abóbora, milho e malvacea *Peltea riedelii*, mostraram os seguintes resultados: o pólen de mamona constitui alimento alternativo para ambas as espécies; o de abóbora não constitui alimento alternativo nem suplementar para nenhum dos predadores; e o pólen de milho e de *P. riedelii* constituem alimento suplementar (Marques et al., 2014). De qualquer forma, esses alimentos são importantes no controle biológico por permitirem a sobrevivência dos predadores em períodos de escassez de presas, por isso não é necessário realizar novas liberações inoculativas em campo (Ferragut et al., 2010).

Por não apresentarem órgãos sensoriais especializados para se orientarem visualmente, os ácaros predadores se orientam quimicamente. Alguns estudos na área de ecologia química de ácaros fitoseídeos foram conduzidos nas últimas décadas e mostraram que esses podem ser atraídos ou arrestados por voláteis do ambiente. Os fitoseídeos podem localizar suas presas (ex.: ácaros tetraniquídeos) a uma distância de 1,0 m (Sabelis; Dicke, 1985). Do ponto de vista prático, essas informações são importantes para a seleção de inimigos naturais para programas de controle biológico, entretanto ainda são escassas e não vêm sendo aplicadas para estabelecer estratégias de manejo no campo.

A predação de imaturos por adultos de sua própria espécie (canibalismo) ou de espécies diferentes (predação intraguilda) tem sido observada em fitoseídeos (Schausberger; Croft, 2000; Schausberger, 2003; Zannou et al., 2005). Além disso, predação intraguilda de adultos de diferentes espécies de fitoseídeos também foi recentemente observada por Famah-Sourassou et al. (2013) entre três espécies do gênero *Neoseiulus* – *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon), *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot e *Neoseiulus neobaraki* Zannou –, todas predadoras do ácaro da necrose das palmeiras (*Aceria guerreronis* Keifer). Embora ocorra tanto entre predadores especialistas quanto entre generalistas, observou-se que os especialistas são menos frequentes como canibais ou predadores intraguilda do que os generalistas (Schausberger; Croft, 2000). Esses comportamentos podem ter efeito negativo sobre o controle biológico, especialmente quando o predador intraguilda é menos eficaz no controle de determinada praga que a presa intraguilda. Walzer et al. (2001) desenvolveram um trabalho interessante que demonstra que a predação intraguilda pode levar à redução populacional ou mesmo ao completo deslocamento de um eficiente predador especialista. Nesse trabalho, os autores acompanharam a dinâmica populacional e a interação entre dois predadores – o especialista *P. persimilis* e o generalista *Neoseiulus californicus* (McGregor). Ambos são espécies predadoras do ácaro-rajado (*T. urticae*).

Constatou-se que a predação intraguilda foi mais importante do que a competição por alimentos entre os predadores, além de ser fortemente assimétrica entre eles e favorecer o generalista, chegando a resultar no completo deslocamento do predador especialista. Isso ocorre porque o generalista pode se alimentar de todas as fases de desenvolvimento dos predadores especialistas, enquanto o inverso não ocorre.

A utilização de ácaros predadores no controle de pragas pode ser comprometida pela falta de conhecimento sobre a alimentação deles quando estão no campo. Essa dificuldade se deve, em grande parte, ao reduzido tamanho desses predadores, bem como de suas presas. A dieta de algumas espécies é conhecida com base em experimentos de laboratório, no entanto, em campo, ela pode ser distinta e/ou mais diversificada. Apesar de essenciais para implantação de programas de controle biológico, as cadeias alimentares que envolvem predadores são praticamente desconhecidas *in situ*. Métodos moleculares de genômica ambiental (em inglês *metagenomics*, que significa o estudo da informação genética de um grupo de organismos dentro de um microbioma), mais especificamente de DNA *metabarcoding* (isto é, identificação de um conjunto de organismos de uma amostra), têm sido utilizados para o estudo de interações tróficas em comunidades de artrópodes em agroecossistemas, por meio da determinação da dieta de insetos predadores (Mollot et al., 2014). Estudos preliminares mostraram que essa metodologia também poderá ser utilizada para determinar a dieta de ácaros predadores em campo.

PROGRAMAS DE CONTROLE BIOLÓGICO

Ácaros predadores têm sido utilizados em programas de controle biológico no Brasil e em outros países. Sua utilização tem se intensificando nas últimas décadas (Carrillo et al., 2015). Exemplos de sucesso podem ser citados para as três estratégias de controle biológico: clássico (por importação), aumento e conservação. Os principais grupos de ácaros predadores utilizados no controle biológico são os plantícolas da família Phytoseiidae e os edáficos de outras famílias de Mesostigmata, conforme descritos abaixo.

Ácaros predadores plantícolas da família Phytoseiidae

Muitas espécies desta família são facilmente criadas em laboratório, o que facilita as avaliações sobre seu potencial como agentes de controle biológico, bem como sua criação em larga escala para uso prático em programas que envolvem liberações

periódicas. McMurtry et al. (2015) publicaram recentemente uma revisão sobre o uso de fitoseídeos para o controle de pragas.

Em vários países, inclusive no Brasil, os fitoseídeos têm sido mais utilizados em diversas culturas para o controle do ácaro-rajado. Os principais fitoseídeos utilizados para isso têm sido produzidos de forma massal e comercializados, com destaque para *P. persimilis*, *Phytoseiulus macropilis* (Banks), *N. californicus* e *Neoseiulus longispinosus* (Evans). *Phytoseiulus macropilis* e *N. californicus* são as únicas comercializadas no Brasil. Dada a grande especificidade das espécies de *Phytoseiulus*, sua multiplicação requer a produção de uma presa da família Tetranychidae, o que usualmente encarece o processo. Por sua vez, a produção de alguns outros fitoseídeos, menos específicos, pode ser feita com o uso de ácaros que atacam produtos armazenados (especialmente os Astigmatina), o que barateia significativamente o processo de produção, reduzindo o preço de venda dos predadores e a adoção de seu uso pelos agricultores.

Também de grande relevância tem sido o uso de espécies de *Amblyseius*, especialmente *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, para o controle da mosca-branca [*Trialeurodes vaporariorum* (West) e *Bemisia tabaci* (Gennadius)], uma das principais pragas e vetores de fitovírus em muitos países. No Brasil, esse predador não está disponível, mas outras espécies do mesmo gênero têm sido estudadas, incluindo *Amblyseius tamatavensis* Blommers, que tem demonstrado grande potencial de uso (Cavalcante et al., 2016). *Neoseiulus barkeri* Hughes é outra espécie que tem sido comercializada para o controle do ácaro-branco [*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)], praga polífaga que afeta seriamente grande número de culturas.

A utilização de fitoseídeos no controle biológico conservativo tem se baseado principalmente no uso de produtos químicos seletivos para o controle de determinadas pragas, isto é, produtos que afetam as pragas, mas não os predadores. Um dos sucessos da utilização dessa estratégia foi citado no início do presente capítulo. A conservação é atualmente muito utilizada em todo o mundo para o controle do ácaro-rajado. Tem se verificado que fitoseídeos do gênero *Neoseiulus* têm a capacidade de se tornar resistentes a vários produtos inseticidas e acaricidas. Essa é uma das razões da ampla utilização de *N. californicus* e *N. longispinosus* em diversas culturas. A resistência desses predadores a pesticidas tem permitido sua liberação em campo mesmo quando esses produtos precisam ser usados para o controle de outros organismos.

O caso mais bem-sucedido de controle biológico clássico com ácaros predadores ocorreu na África. Trata-se de um grande projeto para o controle do ácaro-verde da mandioca [*Mononychellus tanajoa* (Bondar)], que foi iniciado no final da década de 1970 e continuou muito ativo até o final da década de 1990, envolvendo a atuação de

pesquisadores da América do Sul, Inglaterra, Holanda e de países da África tropical. Esse projeto foi coordenado pelo International Institute of Tropical Agriculture (IITA), dele participando ativamente o Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e os programas nacionais de pesquisa de vários países africanos. Buscas por agentes de controle biológico foram realizadas em países da América Latina, culminando com o encontro de diversas espécies de ácaros predadores promissores no Brasil, três dos quais se estabeleceram na África – *Typhlodromalus aripo* De Leon, *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma e *Amblydromalus manihoti* (Moraes). A primeira dessas espécies se mostrou mais eficaz, resultando em redução significativa de populações de praga. Com a multiplicação de milhões desses ácaros nos laboratórios do IITA na República de Benin e sua liberação em países africanos (Yaninek; Hanna, 2003; Zannou et al., 2006), o ácaro-verde-da-mandioca foi controlado de forma eficaz.

No Brasil, outras tentativas têm sido feitas para a introdução de ácaros predadores para o controle biológico de uma praga quarentenária recentemente introduzida: o ácaro-vermelho-das-palmeiras (*R. indica*). Buscas de bons candidatos foram feitas na Ilha da Reunião e na Tailândia. Infelizmente os resultados obtidos até o momento não permitiram ainda repetir o mesmo sucesso alcançado com o ácaro-verde-da-mandioca. Nos trabalhos conduzidos naquelas regiões, observou-se que o predador predominante é uma espécie já presente no Brasil (*A. largoensis*), também comum em outras regiões do globo terrestre onde o coqueiro, principal hospedeiro dessa praga, é cultivado (Demite et al., 2017). A busca por outros predadores mais eficientes continua.

Predadores edáficos Mesostigmata

O emprego de ácaros predadores no controle de pragas (insetos e ácaros) e parasitos de solo, ou que vivam uma parte da vida no solo (ex.: tripes e fungus gnats), tem ocorrido em alguns países, inclusive no Brasil (Hoy, 2011; Castilho; Moraes, 2014; Castilho et al., 2015). Os fungus gnats atacam a parte subterrânea de diversas plantas em casa de vegetação, como ornamentais, plântulas de citros, eucalipto, entre outras, além de cogumelos (Castilho et al., 2009b; Moreira; Moraes, 2015). Os principais ácaros predadores utilizados são da ordem Mesostigmata, os quais são conhecidos pelo potencial de predação de muitos organismos fitófagos prejudiciais à agricultura.

O solo apresenta uma diversidade e abundância considerável de organismos, e os ácaros podem representar cerca de 50% da mesofauna (Plowman, 1979; Adis, 1988). Os Mesostigmata estão entre os ácaros mais encontrados nos solos, com destaque para o grupo Gamasina, geralmente um dos mais abundantes. Esse grupo é

constituído principalmente por predadores, alguns dos quais com comprovado potencial no controle biológico aplicado de pragas de solo ou que vivam uma parte da vida no solo (Gerson et al., 2003; Hoy, 2011; Carrillo et al., 2015). No entanto, apesar de a fauna edáfica de Gamasina ser abundante e muito diversa, ela ainda é muito pouco conhecida e utilizada de maneira aplicada no Brasil e no mundo. Apenas quatro espécies de ácaros edáficos são comercializadas para o controle de pragas no mundo todo: três Laelapidae (Castilho et al., 2009b; Moreira; Moraes, 2015) e uma Macrochelidae (Azevedo et al., 2015).

Os lelápídeos *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), *Stratiolaelaps miles* (Berlese) e *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) são comercializados na Europa e nos Estados Unidos. No Brasil, *S. scimitus* é a única espécie de ácaro predador edáfico comercializada (Castilho; Moraes, 2014). Depois que esse ácaro foi encontrado em uma das coletas em Piracicaba, Freire et al. (2007) verificaram seu excelente potencial de controle de fungus gnats em laboratório. Freire e Moraes (2007) adaptaram um método de criação massal de *S. scimitus*, e Castilho et al. (2009b) observaram o controle altamente satisfatório de moscas Sciaridae com liberações controladas de *S. scimitus* em um cultivo comercial de cogumelos. A partir desses resultados promissores, uma empresa dedicada à produção de inimigos naturais passou a produzir e comercializar esse predador com grande sucesso no Brasil, principalmente em cultivos protegidos.

Outras espécies de lelápídeos com potencial de uso no controle de outras pragas de importância agrícola foram identificadas no Brasil. Em coletas realizadas no estado de São Paulo, Moreira et al. (2014a) encontraram quatro novas espécies de lelápídeos do gênero *Cosmolaelaps* Berlese. Uma dessas espécies (*Cosmolaelaps jaboticabalensis* Moreira, Klompen & Moraes) demonstrou potencial no controle do trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thripidae). Cada indivíduo realizou a predação de cerca de 2,5 pré-pupas/pupas ao dia (Moreira et al., 2014b). Entre os Macrochelidae, destaca-se a espécie *M. robustulus*, que é comercializada na Europa e também é utilizada para o controle de fungus gnats e pupas de trips, além de *Lyprauta* spp., moscas da família Keroplidae, que também atacam órgãos vegetais subterrâneos (Azevedo et al., 2015).

No Brasil, nenhuma espécie de macroquelídeo vem sendo comercializada. Azevedo (2017b) encontrou uma nova espécie dessa família (*Macrocheles embersoni* Azevedo, Castilho & Berto) em amostras de estrume coletadas em estábulos de diferentes regiões do estado de São Paulo. Pesquisas demonstraram que essa espécie apresenta potencial para o controle da mosca-dos-estábulos [*Stomoxys calcitrans* (L.) (Muscidae)]. Esse parasito hematófago de rebanhos bovinos e outros animais domesticados vem causando seríssimos problemas em propriedades em que a vinhaça é aplicada sobre a palhada mantida no local após o corte da cana-de-açúcar e em

propriedades vizinhas (Dominghetti et al., 2015). *Macrocheles embersoni* preda em média cerca de 23 ovos e 35 larvas de moscas-dos-estábulo ao dia, com uma taxa média de oviposição de cerca de quatro ovos ao dia (Azevedo, 2017b). Essa mesma espécie de *Macrocheles* também preda ovos e larvas de mosca-doméstica (*Musca domestica* L.), além de ovos da mosca-dos-chifres [*Haematobia irritans* (L.)], ambas da família Muscidae (Azevedo, 2017b).

Estudos para prospecção de ácaros predadores edáficos vêm sendo intensificados no Brasil. O primeiro passo desses estudos é a identificação dos principais grupos/espécies encontrados em nosso meio e a determinação de espécies promissoras. Esses estudos têm sido conduzidos em áreas de vegetação natural e em agroecossistemas, com a detecção de espécies pela primeira vez no Brasil e também de novas espécies para a ciência (Mineiro; Moraes, 2001; Silva et al., 2004, 2007; Moreira et al., 2014a; Santos et al., 2015; Azevedo, 2017a, 2017b). Além de Laelapidae e Macrochelidae, algumas outras famílias de ácaros predadores edáficos Gamasina, que vêm sendo encontradas e apresentam potencial como agentes de controle biológico, são Ascidae *sensu lato* (Gerson et al., 2003; Britto et al., 2012; Moraes et al., 2015), Parasitidae (Gerson et al., 2003; Castilho et al., 2015) e famílias de Rhodacaroidea (Castilho et al., 2009a, 2015). Diversos são os relatos da predação de ovos e larvas de moscas, ácaros fitófagos, tripes, nematoides, ovos e larvas de *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), por ácaros dessas famílias.

Ácaros predadores edáficos da família Rhodacaridae foram apontados como promissores inimigos naturais de pragas. Castilho et al. (2009a), após coletarem exemplares de *Protogamasellopsis zaheri* Abo-Shnaf, Castilho & Moraes (citado como *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann) (Rhodacaridae), verificaram em laboratório um bom potencial desse predador no controle de tripes e nematoides (Castilho et al., 2009a). Testes de semicampo sugerem o potencial desse predador em controlar o nematoide-das-lesões-radiculares [*Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) (Pratylenchidae)], importante praga na cultura da soja.

Pesquisas com diferentes espécies de ácaros predadores das famílias Ascidae, Blattisociidae, Laelapidae, Macrochelidae, Ologamasidae e Rhodacaridae vêm sendo conduzidas no intuito de verificar seu potencial no controle das seguintes pragas: ovos e larvas de ácaros do gênero *Rhizoglyphus* (Acaridae), que podem danificar bulbos, especialmente em cultivos de alho, cebola, plantas ornamentais bulbosas e cenoura; nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.), pragas de muitas culturas como tomate e soja; pupas de mosca-minadora (*Liriomyza* spp.), praga em cultivos de melão; ovos e larvas de *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), praga em cultivos de milho e batata; entre outras que ocorrem no solo.

DESAFIOS E PERSPECTIVAS

A utilização de ácaros predadores como agentes de controle de pragas, sejam esses ácaros fitófagos ou pequenos insetos, vem se intensificando em todo o mundo. Esses predadores têm sido utilizados com sucesso nas distintas estratégias de controle biológico – por importação (clássico), aumento e conservação. Em muitos agroecossistemas, esses inimigos naturais já constituem um componente-chave no manejo integrado de pragas. A intensificação das pesquisas poderá levar à descoberta de maior número de espécies promissoras que poderão ser até mais eficientes que as que já estão em uso (McMurtry et al., 2013). Portanto, é importante continuar investindo em estudos de prospecção de novos ácaros predadores, na avaliação de sua eficiência e em métodos para sua produção massal e aplicação. O Brasil, por sua megadiversidade, é um dos países mais promissores para a busca de ácaros predadores plantícolas e edáficos que possam ser eficientes agentes de controle biológico.

Em todo o mundo, maior uso de ácaros predadores da família Phytoseiidae tem sido feito para o controle do ácaro-rajado e da mosca-branca. Apesar do elevado número de espécies conhecidas nessa família, o número de espécies efetivamente utilizadas para o controle de pragas é pequeno (aproximadamente dez espécies). Esse número deverá ser ampliado nos próximos anos como resultado de pesquisas que estão em andamento em todo o mundo.

Apesar de ser uma linha de pesquisa recente, a utilização de ácaros predadores edáficos para o controle de pragas vem sendo considerada extremamente promissora em todo o mundo. Apenas no Brasil, pesquisas já geraram informações suficientes para uso prático e comercialização de pelo menos uma espécie de ácaro predador edáfico e para a detecção de outras espécies com grandes chances de uso prático. A continuação desses estudos é necessária para que a agropecuária tenha mais opções de controle de um número cada vez maior de pragas e parasitos do solo.

Além da utilização dos ácaros predadores no controle biológico pelo método aumentativo, será extremamente importante, pensando em um contexto agroecológico, desenvolver estudos para a avaliação dos serviços ecossistêmicos prestados por esse grupo de organismos, o que possibilitará planejar e manejar os agroecossistemas de modo que esses serviços sejam otimizados. Para isso, estudos detalhados das comunidades e, sobretudo, das cadeias alimentares que envolvem ácaros predadores será fundamental.

No Brasil, tem sido de especial interesse a instalação de empresas com a finalidade de produzir ácaros predadores plantícolas ou edáficos para uso pelos agricul-

tores. A ação dessas empresas na produção, pesquisa e implementação de uso é de extrema relevância, pois complementam as ações de pesquisa já tradicionalmente realizadas por distintas instituições nacionais.

REFERÊNCIAS

- ADIS, J. On the abundance and diversity of terrestrial arthropods in Central Amazonian dryland forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, n. 1, p. 19-24, 1988. DOI: 10.17/S0266467400002455.
- ATHANASSIOU, C. G.; PALLYVOS, N. E. The Cheyletoidea (Prostigmata), with special reference to the potential of *Cheyletus malaccensis* Oudemans as biological control agent of post-harvest pests. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 241-250.
- AZEVEDO, E. B. **Diversidade de ácaros edáficos, com ênfase nos Mesostigmata, em cultivos agrícolas e na vegetação natural do bioma Cerrado no sul do estado do Tocantins**. 2017a. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- AZEVEDO, L. H.; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; MORAES, G. J. Macrochelid mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as biological control agents. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 103-132.
- AZEVEDO, L. H. **Taxonomic studies of Macrochelidae mites (Acari: Mesostigmata) and their potential use to control *Stomoxys calcitrans* and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)**. 2017b. 276 f. Tese (Doutorado em Ciências – Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BEAULIEU, F.; DOWLING, A. P. G.; KLOMPEN, H.; MORAES, G. J.; WALTER, D. Superorder Parasitiformes Reuter, 1909. In: ZHANG, Z.-Q. (Ed.). **Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness** (Addenda 2013). Auckland, 2011. p. 123-128.
- BERNDT, O.; MEYHÖFER, R.; POEHLING, H. M. Propensity towards cannibalism among *Hypoaspis aculeifer* and *Hypoaspis miles*, two soil-dwelling predatory mite species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, p. 1-14, Sept. 2003.
- BRITTO, E. P. J.; GAGO, E.; MORAES, G. J. How promising is *Lasioseius floridensis* as a control agent of *Polyphagotarsonemus latus*? **Experimental and Applied Acarology**, v. 56, n. 3, p. 221-231, 2012.
- CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. 328 p.
- CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J. Controle biológico de pragas com ácaros predadores: uma realidade no Brasil. In: BUSOLI, A. C.; SOUZA, L. A.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; GRIGOLLI, J. F. J. (Ed.). **Tópicos em Entomologia Agrícola – VII**. Jaboticabal, SP: Multipress, 2014. p. 69-77.
- CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J.; 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**, v. 53, n. 3, p. 181-185, Jun. 2009b. DOI: 10.1080/09670870902725783.

- CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J.; SILVA, E. S.; SILVA, L. O. Predation potential and biology of *Protogamasellopsis zaheri* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). **Biological Control**, v. 48, n. 2, p. 164-167, Feb. 2009a. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2008.10.004.
- CASTILHO, R. C.; VENÂNCIO, R.; NARITA, J. P. Z. Mesostigmata as biological control agents, with emphasis on Rhodacaroidea and Parasitoidea. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 1-31.
- CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10-15, 2016. DOI: 10.1080/01647954.2016.1225816.
- CHANT, D. A. Notes on mites of the genus *Typhlodromus* Scheuten, 1857 (Acarina: Laelaptidae), with descriptions of the males of some species and the female of a new species. **Canadian Entomologist**, v. 87, n. 11, p. 496-503, Nov. 1955. DOI: 10.4039/Ent87496-11.
- CHANT, D. A.; MCMURTRY, J. A. **Illustrated keys and diagnosis for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata)**. West Bloomfield: Indira Publishing House, 2007. 219 p.
- CICOLANI, B. The intrinsic rate of natural increase in dung macrochelid mites, predators of *Musca domestica* eggs. **Bollettino di Zoologia**, v. 46, p. 171-178, 1979. DOI: 10.1080/11250007909440296.
- DEMITE, P. R.; MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J. Phytoseiidae database: a website for taxonomic and distribution information on phytoseiid mites (Acari). **Zootaxa**, v. 3795, p. 571-577, 2014. DOI: 10.11646/zootaxa.3795.5.6.
- DEMITE, P. R.; MORAES, G. J.; MCMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CASTILHO, R. C. **Phytoseiidae Database**. Disponível em: <www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae>. Acesso em: 18 set. 2017.
- DICKE, M.; SABELIS, M.; TAKABAYASHI, J.; BRUIN, J.; POSTHUMUS, M. A. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 11, p. 3091-3118, Nov. 1990b.
- DICKE, M.; VAN BEEK, T. A.; POSTHUMUS, M. A.; BEM DOM, N.; VAN BOKHOVEN, H.; GROOT, A. E. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions. Involvement of host plant in its production. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 2, p. 381-396, Feb. 1990a. DOI: 10.1007/BF01021772.
- DOMINGHETTI, T. F. S.; BARROS, A. T. M.; SOARES, C. O.; CANÇADO, P. H. D. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future Outlook with emphasis on Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 4, p. 387-395, Oct./Dec. 2015. DOI: 10.1590/S1984 29612015079.
- DOMINGOS, C. A.; OLIVEIRA, L. O.; MORAIS, E. G. F.; NAVIA, D.; MORAES, G. J.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 83-93, May 2013.
- EVANS, G. O. **Principles of acarology**. Cambridge: CAB International, 1992. 563 p.
- FAMAH-SOURASSOU, N.; HANNA, R.; NEGLOH, K.; BREEUWER, J. A. J.; SABELIS, M. W. Females as intraguild predators of males in cross-pairing experiments with phytoseiid mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 61, n. 2, p. 173-182, Oct. 2013.
- FAMAH-SOURASSOU, N.; HANNA, R.; ZANNOU, I.; BREEUWER, J. A.; MORAES, G. J.; SABELIS, M. W. Morphological, molecular and cross-breeding analysis of geographic populations of coconut-mite

associated predatory mites identified as *Neoseiulus baraki*: evidence for cryptic species?

Experimental and Applied Acarology, v. 57, p. 15-36, May 2012.

FAN, Q-H; FLECHTMANN, C. H. W. Stigmaeidae. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.).

Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms. New York: Springer, 2015. p. 185-206.

FAN, Q-H; FLECHTMANN, C. H. W.; MORAES, G. J. Annotated catalogue of Stigmaeidae (Acari: Prostigmata), with a pictorial keys to genera. **Zootaxa**, v. 4176, n. 1, p. 2016. DOI: 10.11646/zootaxa.4176.1.

FERLA, N. J.; MORAES, G. J. Biologia de *Agistemus floridanus* Gonzalez (Acari, Stigmaeidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 261-264, June 2003.

FERRAGUT, F.; PÉREZ-MORENO, I.; IRIOLA-CALVO, V. M.; ESCUDERO, A. **Ácaros depredadores en las plantas cultivadas**. Familia Phytoseiidae. Madrid: Ediciones Agrotecnicas, 2010. 202 p.

FLECHTMANN, C. H. W.; MCMURTRY, J. A. Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. **International Journal of Acarology**, v. 18, p. 157-162, 1992. DOI: 10.1080/01647959208683946.

FREIRE, R. A. P.; MORAES, G. J. Mass production of the predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Acari: Laelapidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 12, p. 117-119, Sept. 2007.

FREIRE, R. A. P.; MORAES, G. J.; 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, n. 2, p. 87-93, June 2007.

FURTADO, I. P.; MORAES, G. J.; KREITER, S.; TIXIER, M. S.; KNAPP, M. Potential of a brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Biological Control**, v. 42, n. 2, p. 139-147, 2007. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.04.016.

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

HERNANDES, F. A.; CASTRO, T. M. M. G. de; VENANCIO, R. Prostigmata (Acari: 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**. New York: Springer, 2015. p. 151-184.

HERNANDES, F. A.; CASTRO, T. M. M. G.; VENANCIO, R. Prostigmata (Acari: Trombidiformes) as biological control agents. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 151-184.

HERNANDES, F. A.; SKVARLA, M. J.; FISHER, J. R.; DOWLING, A. P. G.; OCHOA, R.; UECKERMAN, E. A.; BAUCHAN, G. R. Catalogue of snout mites (Acariformes: Bdellidae) of the world. **Zootaxa**, v. 4152, 2016.

HOY, M. A. **Agricultural acarology**: introduction to integrated mite management. Boca Ratón: CRC Press, 2011. 430 p.

HUGHES, A. M. **The mites of stored food and houses**. 2nd ed. London: Majesty's Stationery Office, 1976. 400 p. (Technical Bulletin of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 9).

IGNATOWICZ, S. Observations on the biology and development of *Hypoaspis aculeifer* Canestrini, 1885 (Acarina: Gamasidae). **Zoologica Polonica**, v. 24, p. 41-59, 1974.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of acarology**. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009. 807 p.

LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Classification. In: KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of acarology**. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009a. 807 p.

- LINDQUIST, E. E.; KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. Order Mesostigmata. In: KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of acarology**. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009b. p. 124-232.
- MARQUES, R. V.; SARMENTO, R. A.; FERREIRA, V. A.; VENZON, M.; LEMOS, F.; PEDRO-NETO, M.; ERASMO, E. A. L.; PALLINI, A. Alternative food sources to predatory mites (Acari) in a *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) crop. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 40, n. 1, p. 74-79, Jan./June 2014.
- MATIOLI, A. L.; LEITE, G. L. D.; PALLINI-FILHO, A.; PICANÇO, M. Distribuição espacial e temporal e efeitos de diferentes tratos culturais em ácaros associados a laranja pêra-rio. **Agro-Ciência**, v. 14, p. 395-405, 1998.
- MATIOLI, A. L.; TAVARES, M. G.; PALLINI, A. *Agistemus pallini* n. sp. (Acari: Stigmaeidae) from Citrus orchards in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 33, n. 3, p. 245-251, Sept. 2007. DOI:10.1080/01647950708684529.
- MATIOLI, A. L.; UECKERMANN, E. A.; OLIVEIRA, C. A. L. Some Stigmaeidae and Eupalopsellid mites from Citrus orchards in São Paulo State, Brazil (Acari: Stigmaeidae: Eupalopsellidae). **International Journal of Acarology**, v. 28, p. 99-120, 2002.
- MCMURTRY, J. A. Concepts of classification of the Phytoseiidae: relevance to biological control. In: SABELIS, M. W.; BRUIN, J. (Ed.). **Trends in acarology**: proceeding of 12th international congress. New York: Springer, 2010. p. 393-397.
- MCMURTRY, J. A.; FAMAH SOURASSOU, N.; DEMITE, P. D. The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 133-149.
- MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; FAMAH SOURASSOU, N. Revision of lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, v. 18, n. 4, p. 297-320, Dec. 2013.
- MCMURTRY, J. A.; RODRIGUEZ, J. G. Nutritional ecology of phytoseiid mites. In: SLANSKY, F.; RODRIGUEZ, J. G. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p. 609-644.
- MINEIRO, J. L. C.; MORAES, G. J. Gamasida (Arachnida: Acari) edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 379-385, Sept. 2001.
- MOLLOT, G.; DUYCK, P. F.; LESCOURET, F.; MARTIN, J. F.; PIRY, S.; CANARD, E.; TIXIER, P. Cover cropping alters the diet of arthropods in a banana plantation: a metabarcoding approach. **PloS One**, v. 9, p. e93740, Apr. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0093740.
- MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, v. 15, n. 167, p. 55-62, 1991.
- MORAES, G. J. Importance of taxonomy in biological control. **Insect Science Applied**, v. 8, p. 841-844, 1987.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia, acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 308 p.
- MORAES, G. J.; NETO, R. S.; PINTO, H. C. S. Morphology, biology and pesticide tolerance of *Cheletogenes ornatus* (Acari: Cheyletidae). **Entomophaga**, v. 34, n. 4, p. 477-484, 1989.
- MORAES, G. J.; VENÂNCIO, R.; SANTOS, V. L. V.; PASCHOAL, A. D. Potential of Ascidae, Blattisociidae and Melicharidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents of pest organisms. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 33-75.
- MOREIRA, G. F.; KLOMPEN, H.; MORAES, G. J. Redefinition of *Cosmolaelaps* Berlese (Acari: Laelapidae) and description of five new species from Brazil. **Zootaxa**, v. 3764, n. 3, p. 317-346, 2014a.

- MOREIRA, G. F.; MARAIS, 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, n. 2, p. 219-226, 2014b.
- MOREIRA, G. F.; MORAES, G. J. The potential of free-living laelapid mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agents. In: CARRILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J. E. (Ed.). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. New York: Springer, 2015. p. 77-102.
- NAVIA, D.; DOMINGOS, C. A.; MENDONÇA, R. S.; FERRAGUT, F.; RODRIGUES, M. A. N.; MORAIS, E. G. F.; TIXIER, M. S.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Reproductive compatibility and genetic and morphometric variability among populations of the predatory mite, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae), from Indian Ocean Islands and the Americas. **Biological Control**, v. 72, p. 17-29, May 2014. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2014.01.011.
- NORTON, R. A.; KETHLEY, J. B.; JOHNSTON, D. E.; O'CONNOR, B. M. Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. In: WRENSCH, D. L.; EBBERT, M. A. (Ed.). **Evolution and diversity of sex ratio of insects and mites**. New York: Chapman & Hall Publications, 1993. p. 8-99.
- OLIVEIRA, D. C.; MORAES, G. J. Ácaros, uma importante ferramenta para o controle biológico. **Ciência e Ambiente**, v. 43. p. 37-54, 2011.
- OVERMEER, W. Alternative prey and other food resources. In: HELLE, W.; SABELIS, M. **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. p. 131-137.
- PERRING, T. M.; LACKEY, L. J. Temperature and humidity effects on mortality and pre- adult development of two *Phytoseiulus persimilis* strains (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, v. 15, p. 47-52, 1989. DOI: 10.1080/01647958908683821.
- PLOWMAN, K. P. Litter and soil fauna of two Australian subtropical forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 4, n. 1, p. 47-104, Mar. 1979. DOI: 10.1111/j.1442-9993.1979.tb01200.x.
- SABELIS, M. W. Development. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Ed.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1985. p. 43-52. (World Crop Pests 1B).
- SABELIS, M. W.; DICKE, M. Long-range dispersal and searching behaviour. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Ed.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1985. p. 141-157. (World Crop Pests 1B).
- SANTOS, J. C.; CASTILHO, R. C.; SILVA, E. S.; MORAES, G. J. Two new species of *Rykellus* (Acari: Mesostigmata: Ologamasidae) from Brazil and a key to the world species of the genus. **Zootaxa**, v. 3926, p. 111-121, 2015. DOI: 10.11646/zootaxa.3926.1.5.
- SANTOS, V. V.; TIXIER, M. S. Which molecular markers for assessing which taxonomic level? The case study of the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **Cladistics**, May, 20106. DOI: 10.1111/cla.12166.
- SCHAUSBERGER, P. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. **Experimental and Applied Acarology**, v. 29, p. 173-191, 2003.
- SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? **Experimental and Applied Acarology**, v. 24, n. 9, p. 709-725, 2000.
- SILVA, E. S.; MORAES, G. J.; KRANTZ, G. W. A new species of *Ologamasus* (Acari: Ologamasidae) from Brazil. **Zootaxa**, v. 1462, p. 61-67, 2007.
- SILVA, E. S.; MORAES, G. J.; KRANTZ, G. W. Diversity of edaphic rhodacaroid mites (Acari: Mesostigmata: Rhodacaroidea) in natural ecosystems in the State of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 5, p. 547-555, Sept./Oct. 2004. DOI: 10.1590/S1519-566X2004000500002.

SKVARLA, M. J.; FISHER, J. R.; DOWLING, A. P. G. A review of Cunaxidae (Acariformes, Trombidiformes): histories and diagnosis of subfamilies and genera, keys to world species, and some new locality records. **ZooKeys**, v. 418, p. 1-103, 2014. DOI: 10.3897/zookeys.418.7629.

TANIGOSHI, L. K. Advances in knowledge of the biology of the Phytoseiidae. In: HOY, M. A. (Ed.). **Recent advances in knowledge of the Phytoseiidae**. Berkeley: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. 1982. p. 1-22. (ANR Publication, 3284).

TIXIER, M. S.; FERRERO, M.; OKASSA, M.; GUICHOU, S.; KREITER, S. On the specific identity of specimens of *Phytoseiulus longipes* Evans (Mesostigmata: Phytoseiidae) showing different feeding behaviours: morphological and molecular analyses. **Bulletin of Entomological Research**, v. 100, n. 5, p. 569-579, Oct. 2010. DOI: 10.1017/S000748530999061.

TIXIER, M. S.; KREITER, S.; RAGUSA, S.; CHEVAL, B. The status of two cryptic species: *Typhlodromus exilaratus* Ragusa and *Typhlodromus phialatus* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae): consequences for taxonomy. **Zoologica Scripta**, v. 37, p. 115-122, Mar. 2006. DOI: 10.1111/j.1463-6409.2006.00222.x.

TIXIER, M. S.; TSOLAKIS, H.; RAGUSA, S.; POINSO, A.; FERRERO, M.; OKASSA, M.; KREITER, S. Integrative taxonomy demonstrates the unexpected synonymy between two predatory mite species: *Cydnodromus idaeus* and *C. picanus* (Acari : Phytoseiidae). **Invertebrate Systematics**, v. 25, p. 273-281, 2011. DOI: 10.1071/IS11025.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: ecology, evolution & behaviour**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. 486 p.

WALZER, A.; BLUMEL, S.; SCHAUSBERGER, P. Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. **Experimental and Applied Acarology**, v. 25, n. 9, p. 731-43, Sept. 2001.

YANINEK, J. S.; HANNA, R. Green cassava mite in Africa – a unique example of successful biological control of a mite pest on a continental scale. In: NEUENSCHWANDER, P.; BORGEMEISTER, C.; LANGEWALD, J. (Ed.). **Biological control in IPM systems in Africa**. Wallingford: Cabi Publishing, 2003. p. 61-75.

ZANNOU, I. D.; MORAES, G. J.; HANNA, R. Controle biológico do ácaro verde da mandioca, *Mononychellus tanajoa*. In: PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas na Prática**. Piracicaba: CP2, 2006. p. 97-103.

ZANNOU, I. D.; HANNA, R.; MORAES, J. G.; KREITER, S. Cannibalism and interspecific predation in a phytoseiid predator guild from cassava fields in Africa: evidence from the laboratory. **Experimental and Applied Acarology**, v. 37, n. 1-2, p. 27-42, Oct. 2005.