

PALESTRA

PERSPECTIVA DA CONTRIBUIÇÃO DE FORÍDEOS PARASITÓIDES NO MANEJO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

M.A.L. Bragança

Universidade Federal do Tocantins, Rua 7, Qd. 15 s/nº, CEP 77500-000, Porto Nacional, TO, Brasil. E-mail: marcosbr@uft.edu.br

As formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são comuns em florestas primárias da maior parte da América do Sul. Elas são consideradas insetos polívoros, pois utilizam preferencialmente fragmentos frescos de muitas espécies vegetais para cultivo de um fungo simbiote. Por causa da grande quantidade de solo que revolvem para a construção dos ninhos e da massa vegetal que transportam para o interior dos ninhos, as formigas cortadeiras têm importância ecológica na conservação de nutrientes minerais e na oxigenação das camadas mais profundas do solo, pois concentram uma grande quantidade de matéria orgânica e de sais minerais dentro de seus ninhos (COUTINHO, 1984). Por outro lado, as formigas cortadeiras constantemente invadem áreas de agricultura e de florestas implantadas, onde se tornam pragas sérias (CHERRETT, 1986), principalmente no setor florestal brasileiro, que utiliza *Eucalyptus* spp. como matéria prima da celulose. A utilização de substâncias químicas em iscas é a principal forma de controle dessas formigas, mas também tem sido buscado o aprimoramento dos programas de manejo, inclusive com a utilização de técnicas que beneficiem o seu controle biológico natural (ZANETTI *et al.*, 2000). Dentre os vários inimigos naturais das formigas cortadeiras, podem ser citados fungos, ácaros, aranhas, besouros, reduvídeos, himenópteros e moscas da família Phoridae (DELLA LUCIA, 1993). WEBER (1972) sugeriu que forídeos parasitoides poderiam ser úteis em diminuir as populações das formigas cortadeiras.

Os forídeos constituem uma família cujas espécies atuais apresentam, possivelmente, a maior diversidade de estilos de vida larval entre os insetos (DISNEY, 1994). Muitas espécies possuem os hábitos de saprofagia e herbivoria, mas grande parte das espécies de forídeos possui larvas predadoras ou parasitoides especializadas (DISNEY, 1994). A maioria dos gêneros e espécies de forídeos parasita os insetos sociais, especialmente formigas e cupins (Disney 1990). O maior número de casos registrados de parasitoidismo por forídeos ocorre em formigas (DISNEY, 1994), sendo que as interações entre as formigas *Solenopsis* spp. e forídeos do gênero *Pseudacteon* têm sido as mais estudadas (MORRISON & PORTER, 2005; VAZQUEZ *et al.*, 2006).

Formigas cortadeiras e seus forídeos parasitoides

Os primeiros registros do parasitismo de saúvas e quenquês por forídeos foram feitos por BORMEIER (1928, 1931). Durante as décadas de 20 e 30, este autor publicou alguns trabalhos relacionando estas formigas com forídeos parasitoides. A maioria das informações nestes trabalhos de Borgmeier é sobre descrição das espécies, havendo muito pouca informação sobre os aspectos biológicos e comportamentais das moscas. Borgmeier descreveu cerca de 20 espécies de forídeos associados às formigas cortadeiras. Baseado também nos trabalhos de PIRES-DO-PRADO (1976), DISNEY (1996), FEENER & MOSS (1997) e BROWN (2001), atualmente são conhecidas aproximadamente 35 espécies de forídeos parasitoides em 7 espécies de *Atta* (*A. sexdens*, *A. laevigata*, *A. bisphaerica*, *A. mexicana*, *A. cephalotes*, *A. texana* e *A. colombica*) e 5 de *Acromyrmex* (*A. niger*, *A. lundii*, *A. subterraneus*, *A. asperus* e *A. disciger*). O número de espécies de forídeos pode ser maior ou menor se forem consideradas algumas dúvidas na taxonomia e também as espécies em que o parasitoidismo não foi comprovadamente estabelecido. Dentre as formigas, *A. cephalotes* é o hospedeiro com o maior número de espécies de forídeos associados (9).

Até 1995 existiam poucos trabalhos sobre as características biológicas e comportamentais dos forídeos parasitoides de saúvas. A partir do ano seguinte, vários estudos foram realizados no Brasil sobre as interações entre forídeos parasitoides e três espécies de saúvas: *A. sexdens*, *A. laevigata* e *A. bisphaerica* (TONHASCA, 1996; BRAGANÇA *et al.*, 1998; ERTHAL & TONHASCA, 2000; TONHASCA *et al.*, 2001; BRAGANÇA *et al.*, 2003; BRAGANÇA *et al.*, 2006). Os forídeos parasitoides destas formigas pertencem a três gêneros: *Apocephalus*, *Myrmosicarius* e *Neodohrniphora*.

Aspectos biológicos e comportamentais

Os forídeos parasitoides de saúvas podem ser espécie-específicos ou parasitar mais de uma espécie; e cada espécie de saúva pode ser atacada por mais de uma espécie de forídeo. As estratégias de ataque dos parasitoides contra as forrageadoras e os locais de oviposição no corpo das saúvas são específicos. Os forídeos *Neodohrniphora declinata*, *Neodohrniphora tonhascai* e *Myrmosicarius grandicornis* perseguem e

atacam as operárias de saúvas ao longo de suas trilhas de forrageamento, realizando a oviposição na cabeça das formigas. Após a eclosão, a larva do parasitóide se alimenta do conteúdo da cápsula cefálica do hospedeiro, empupando no interior desta (*M. grandicornis*) ou entre as mandíbulas da formiga (*N. declinata* e *N. tonhascai*). Os forídeos *Neodohniphora bragancai* e *Neodohniphora erthali* realizam a oviposição no gáster das operárias, de onde uma larva no início do desenvolvimento migra até a cabeça do hospedeiro para se alimentar do conteúdo da cápsula cefálica e também empupar entre as mandíbulas da formiga. *Apocephalus atrophilus* ataca as operárias na área de forrageamento e a oviposição é feita na boca das operárias, enquanto estas estão realizando o corte dos vegetais. De uma a várias larvas de *A. atrophilus* se alimentam do conteúdo da cabeça do hospedeiro, antes de saírem pela boca e empuparem distante do hospedeiro, possivelmente no solo. A forma de ataque de *Apocephalus vicosa* ainda não está determinada com precisão, mas este forídeo parece utilizar o fragmento vegetal sendo transportado pela forrageadora como trampolim para ovipositar na boca da formiga. A larva deste forídeo se alimenta do conteúdo do tórax, que também é onde a pupa se forma.

Ao sofrerem investidas dos forídeos, as operárias de saúvas tentam evitar os ataques fugindo ou contratacando as moscas. As formigas exibem comportamentos de defesa específicos de acordo com a estratégia de ataque da mosca. Saúvas atacadas na cabeça demonstram padrões defensivos similares, protegendo a cabeça com as pernas, enquanto que saúvas atacadas no abdome apoiam-se nas pernas medianas e posteriores, levantam o corpo e encolhem o gáster para evitar a oviposição. Elas podem permanecer paradas ou caminharem lentamente com o abdome nessa posição. Além disso, as formigas atacadas no abdome tentam afastar a mosca por meio de “coices” com as pernas posteriores. Em relação aos ataques por *A. atrophilus*, parece que as operárias mínimas têm o papel de proteger as cortadeiras enquanto estas realizam o corte dos vegetais. Nada é conhecido sobre o comportamento de defesa de operárias atacadas por *A. vicosa*.

Impacto dos forídeos no forrageamento de saúvas

Os ataques dos forídeos contra as forrageadoras resultam, em geral, em baixos índices de parasitismo natural, entre 2 e 4%, dependendo do hospedeiro, forídeo e localidade em estudo (TONHASCA, 1996; BRAGANÇA *et al.*, 2006). Porém, os ataques das moscas podem ocasionar impacto no comportamento de forrageamento das formigas, reduzindo o número e tamanho dos indivíduos presentes nas trilhas e au-

mentando o abandono de fragmentos vegetais (cargas) (TONHASCA, 1996; BRAGANÇA *et al.*, 1998).

Testes realizados em laboratório mostraram que a presença de uma única mosca na trilha de forrageamento foi suficiente para induzir a fuga das formigas com e sem carga para o interior do ninho e causar uma redução significativa no número e massa das forrageadoras. Com a presença do forídeo, a massa média das cargas transportadas pelas formigas também diminuiu. Mesmo depois que o forídeo foi removido da trilha das formigas, a atividade de forrageamento permaneceu abaixo do normal por até três horas (BRAGANÇA *et al.*, 1998; TONHASCA *et al.*, 2001). O efeito perturbador de forídeos aumentou o número de fragmentos de folhas abandonados quando colônias de *A. sexdens* foram expostas aos parasitóides *Neodohniphora* sp. e *M. grandicornis* (BRAGANÇA *et al.*, 1998; TONHASCA *et al.*, 2001).

As fêmeas de *Neodohniphora* atacam operárias de *Atta* de uma classe de tamanho superior às atacadas por fêmeas de *Myrmosicarius* porque elas são maiores e necessitam de cápsulas cefálicas com maior quantidade de alimento para o desenvolvimento de suas larvas. Estes parasitóides podem coexistir nas mesmas trilhas de forrageamento de *Atta* spp., selecionando hospedeiros de diferentes classes de tamanho e, conseqüentemente, podem ter um efeito combinado na redução do forrageamento. A especialização sobre operárias de diferentes tamanhos parece ser uma maneira para várias espécies de forídeos coexistirem sobre uma mesma espécie de hospedeiro.

Os estudos iniciais de avaliação do impacto de forídeos indicaram que, por causa de seus efeitos indiretos sobre o forrageamento de saúvas, estes parasitóides deveriam ser estudados sob outros aspectos como candidatos potenciais para o controle biológico dessas formigas.

Influência da luminosidade na atividade de forídeos

Na maior parte dos experimentos feitos com *Neodohniphora* spp. e saúvas, os ataques dos parasitóides foram observados sob luz artificial em laboratório ou durante o período diurno em campo, enquanto era possível para o observador enxergar parasitóides e hospedeiros com a luminosidade natural. Porém, como o forrageamento de saúvas em geral pode ocorrer durante o dia e à noite, e comumente é mais intenso no período noturno, é importante esclarecer se os forídeos atacam as operárias também à noite. A possibilidade de ataques noturnos por forídeos de saúvas foi testada primeiramente por ORR (1992), que demonstrou por meio de experimentos em campo que o forídeo *Neodohniphora curvinervis*, um parasitóide de *A. cephalotes*, é ativo somente durante

o dia, mas persiste ao longo das trilhas de seu hospedeiro quando há utilização de iluminação artificial. Por outro lado, o forídeo *A. attophilus*, que tinha sido observado ovipositar na boca das operárias forrageadoras durante o dia (ERTHAL & TONHASCA, 2000), freqüentemente, ataca esta formiga em campo também durante o período noturno, sem qualquer luminosidade.

A possibilidade de ataques noturnos contra operárias de *A. sexdens rubropilosa* por forídeos *Neodohniphora* spp. foi verificada em laboratório. Os resultados indicaram que fêmeas dos forídeos *N. tonhascai* e *Neodohniphora elongata* coletadas no campo e liberadas em laboratório somente efetuaram postura (ataque) em operárias sob condições de alta luminosidade ($0,65 \text{ } \mu\text{mol}/\text{m}^3/\text{s}$), mas não à luminosidade baixa ($0,05 \text{ } \mu\text{mol}/\text{m}^3/\text{s}$) ou em ausência de luminosidade ($0,0 \text{ } \mu\text{mol}/\text{m}^3/\text{s}$). Isto sugere que estas espécies não são ativas no campo durante o período noturno (ausência de luminosidade) nem ao amanhecer ou entardecer (baixa luminosidade).

O estímulo visual em *Neodohniphora* spp. parece ser componente essencial para as respostas comportamentais de reconhecimento e localização do hospedeiro.

Parasitismo em castas reprodutivas

O parasitismo de casta reprodutiva fêmea de formigas por forídeos é aparentemente raro, tendo sido observado uma única vez, em *Solenopsis invicta* (WOJCIK *et al.* 1987). O possível parasitismo de forídeos em iças foi testado em *A. sexdens*, durante a época de revoada desta saúva. Foram feitas observações em campo e laboratório para avaliar o comportamento de *N. tonhascai* e seu possível parasitismo em relação às iças. Em campo e laboratório, foi constatado que as fêmeas de *N. tonhascai* sobrevoaram e aproximaram-se da cabeça das iças da mesma forma que o fazem em relação às forrageadoras, mas nenhum ataque nas iças foi observado. As fêmeas reprodutivas de *A. sexdens* e outras espécies do gênero possuem as cápsulas cefálicas maiores do que as forrageadoras e, portanto, representam uma fonte de alimento potencialmente maior. Porém, a ausência de ataque nas iças por forídeos se justifica porque elas são restritas ao período de revoada e ficam expostas ao parasitismo no solo por curto período.

Obtenção de forídeos em laboratório

Para a utilização de forídeos parasitóides em futuros programas de controle biológico de formigas cortadeiras é importante pesquisar meios de produzir estes inimigos naturais em laboratório para posterior liberação em campo. Estudos mostraram que fêmeas

de várias espécies de forídeos parasitóides de *Atta* spp. coletadas no campo são facilmente capazes de atacar as operárias em laboratório, resultando em moscas que emergem destas formigas atacadas (ERTHAL & TONHASCA, 2000; TONHASCA *et al.*, 2001; BRAGANÇA *et al.*, 2003). Porém, a continuidade da criação de forídeos depende da obtenção de mais moscas a partir daquelas que emergem em laboratório.

Testes de ataque de fêmeas de *Neodohniphora* spp. que emergiram em laboratório contra operárias de *A. sexdens* mostraram que estas fêmeas realizam os mesmos comportamentos de vôo e de ataque das fêmeas coletadas no campo. No entanto, em nenhuma formiga atacada foi observada larva do parasitóide ou houve formação de pupa. Foram testadas fêmeas sob as seguintes condições: em jejum; alimentadas com soluções de mel 10% e 50%, acompanhadas e desacompanhadas de machos. A impossibilidade de obtenção de indivíduos de segunda geração de laboratório até o momento é um importante aspecto que limita a produção de forídeos além da primeira geração, o que pode estar relacionado à alimentação dos adultos de primeira geração. Estes sobreviveram mais quando alimentados com solução de mel 10%, mas a fertilidade das fêmeas de forídeos pode depender de uma fonte protéica específica (DISNEY, 1990).

A descoberta de várias espécies de forídeos parasitóides de formigas cortadeiras economicamente importantes, o conhecimento das características biológicas e comportamentais de algumas espécies de forídeos e os impactos negativos no forrageamento das formigas indicam que estes insetos são candidatos promissores para serem utilizados em programas de controle biológico das formigas cortadeiras pragas.

Para o caso das interações entre formigas cortadeiras e forídeos parasitóides, em que pragas e inimigos naturais são nativos, a recomendação para um programa de controle biológico é aumentar a razão forídeos/saúvas, objetivando aumentar a mortalidade das formigas, ou seja, os índices de parasitismo por forídeos, e seus efeitos negativos sobre o comportamento de forrageamento do hospedeiro. O aumento da razão forídeos/saúvas poderia ser conseguido liberando grandes quantidades de moscas no ambiente, o que depende ainda de uma metodologia completa de produção em laboratório, modificando o ambiente de maneira a conseguir promover ecologicamente o aumento do número de forídeos e utilizando práticas de cultivo com o objetivo de conservar as populações de forídeos no ambiente.

Estudos mostraram que a injúria às plantas cultivadas por formigas cortadeiras pode ser reduzida pelas práticas de implantação de sistemas agroflorestais com vegetação mais diversificada ou manutenção de uma vegetação nativa diversificada margeando as plantações. Esta redução é justificada

pela preferência das formigas por plantas que não seja a cultura (VARÓN *et al.*, 2007) e porque a vegetação nativa fornece abrigo ou refúgio aos inimigos naturais das saúvas (ZANETTI *et al.*, 2000), o que indica que estas práticas devem ser incentivadas para a conservação dos forídeos parasitóides de saúvas.

Para a multiplicação de forídeos em laboratório é necessário resolver o problema de infertilidade das fêmeas que emergem em laboratório, o que pode depender da descoberta do tipo de alimento mais adequado para elas. Nada se conhece acerca do que os adultos de forídeos parasitóides de formigas cortadeiras fazem quando eles não estão atacando as formigas ou do que eles se alimentam no campo. Por outro lado, "honeydew" parece ser a fonte primária de alimentação da maioria dos forídeos adultos, os quais também podem ser predadores de insetos, se alimentarem de néctar de flores ou sugar a seiva de plantas (DISNEY, 1994). Deste modo, estudos devem ser realizados para investigar a adequação de néctar e honeydew de diferentes fontes naturais sobre a longevidade e reprodução dos forídeos parasitóides de saúvas.

Vários aspectos importantes das interações entre forídeos parasitóides e formigas cortadeiras permanecem desconhecidos. Eles podem indicar os caminhos de pesquisas futuras nesta área. Os estudos sobre o impacto no forrageamento foram feitos apenas com duas espécies de *Atta* (*A. sexdens* e *A. laevigata*), restando aprofundar as investigações sobre as interações entre forídeos e outras saúvas e quenquêns economicamente importantes. Além disso, a contribuição dos forídeos parasitóides para o manejo de formigas cortadeiras poderá ter melhor perspectiva caso sejam descobertas espécies que parasitam as castas reprodutivas destas formigas.

REFERÊNCIAS

- BORGMEIER, T. Nota prévia sobre alguns phorídeos que parasitam formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. *Boletim Biológico*, v.14, p.119-126, 1928.
- BORGMEIER, T. Sobre alguns phorídeos que parasitam a saúva e outras formigas cortadeiras (Diptera: Phoridae). *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.4, p.209-228, 1931.
- BRAGANÇA, M.A.L.; TONHASCA JUNIOR, A. DELLA LUCIA, T.M.C. Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, v.89, p.305-311, 1998.
- BRAGANÇA, M.A.L.; DELLA LUCIA, T.M.C.; TONHASCA JUNIOR, A. First record of phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of the leaf-cutting ant *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, v.32, p.169-171, 2003.
- BRAGANÇA, M.A.L. & MEDEIROS, Z.C.S. Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. *Neotropical Entomology*, v.35, p.408-411, 2006.
- BROWN, B.V. Taxonomic revision of *Neodohrniphora*, subgenus *Eibesfeldtphora* (Diptera: Phoridae). *Insect Systematics and Evolution*, v.32, p.393-409, 2001.
- CHERRETT, J.M. The biology, pest status and control of leaf-cutting ants. *Agriculture and Zoological*, v.1, p.1-37, 1986.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado - a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. *Boletim de Zoologia*, v.8, p.1-9, 1984.
- DELLA LUCIA, T.M.C (Ed.). *As formigas cortadeiras*. Viçosa: Folha de Viçosa, 1993.
- DISNEY, R.H.L. Some myths and the reality of scuttle fly biology. *Antenna*, v.14, p.64-67, 1990.
- DISNEY, R.H.L. *Scuttle flies: the Phoridae*. London: Chapman & Hall, 1994.
- DISNEY, R.H.L. A key to *Neodohrniphora* (Diptera: Phoridae), parasites of leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History*, v.30, p.1377-1389, 1996.
- ERTHAL JUNIOR, M. & TONHASCA JUNIOR, A. Biology and oviposition behavior or the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, v.95, p.71-75, 2000.
- FEENER JUNIOR, D.H. & MOSS, K.A.G. Defense against parasites by hitchhikers in leaf-cutting ants: a quantitative assessment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.26, p.17-29, 1990.
- MORRISON, L.W. & PORTER, S.D. Testing for population-level impacts of introduced *Pseudacteon tricuspidis* flies, phorid parasitoids of *Solenopsis invicta* fire ants. *Biological Control*, v.33, p.9-19, 2005.
- ORR, M.R. Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and caste division of labor in the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.30, p.395-402, 1992.
- PIRES-DO-PRADO, A. Records and descriptions of phorid flies, mainly of the Neotropical Region (Diptera: Phoridae). *Studies in Entomology*, v.19, p.561-609, 1976.
- TONHASCA JUNIOR, A. Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecotropica*, v.2, p.157-164, 1996.
- TONHASCA, JUNIOR, A.; BRAGANÇA, M.A.L.; ERTHAL, M. Jr. Parasitism and biology of *Myrmosciarius grandicornis* (Diptera, Phoridae) in relationship to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, v.48, p.154-158, 2001.
- VARÓN, E.H.; EIGENBRODE, S.D.; BOSQUE-PÉREZ, N.A.; HILJE, L. Effect of farm diversity on harvesting of coffee leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. *Agricultural and Forest Entomology*, v.9, p.47-55, 2007.

- VAZQUEZ, R.J.; PORTER, S.D.; BRIANO, J.A. Field release and establishment of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* on red imported fire ants in Florida. *BioControl*, v.51, p.207-216, 2006.
- WEBER, N.A. Gardening ants, the Attines. *American Philosophical Society*, v.92, p.1-146, 1972.
- WOJCIK, D.P.; JOUVENAZ D.P.; LOFGREN, C.S. First report of a parasitic fly (Diptera: Phoridae) from a red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) alate female (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomology*, v.70, p.181-182, 1987.
- ZANETTI, R.; VILELA, E.F.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, H.G.; FREITAS, G.D. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1911-1918, 2000.