



MUTUALISMO, SIMBIOSE E PROTOCOOPERAÇÃO ASSOCIADA ENTRE FORMIGAS, PLANTAS E OUTROS INSETOS MUTUALISM, SYMBIOSIS AND PROTO-COOPERATION ASSOCIATED BETWEEN ANTS, PLANTS, AND OTHER INSECTS

¹Elisandro Nascimento da Silva, Bioforense Projetos Educacionais, sandryinho2012@hotmail.com;

²Rodrigo Souza Santos, Embrapa Acre, rodrigo.s.santos@embrapa.br;

RESUMO

A maioria das espécies viventes se engaja ao longo do seu ciclo de vida, em pelo menos uma interação interespecífica, visando aumentar suas chances de sobrevivência (provendo e recebendo benefícios), em relações denominadas mutualismo, simbiose ou protocooperação. No entanto, estas relações ecológicas são, muitas vezes, confundidas e tratadas erroneamente em trabalhos científicos. O objetivo deste trabalho foi verificar como estes termos são citados em trabalhos científicos envolvendo formigas, plantas e outros insetos. O estudo baseou-se na coleta de dados, por meio de levantamento bibliográfico de literaturas científicas publicadas entre 1990 a 2015, nas plataformas: AINFO (Embrapa), Portal de Periódicos da CAPES, Scielo, ResearchGate e Google Acadêmico. Na busca foram utilizadas as palavras-chave: mutualismo, protocooperação, simbiose, formigas, Ecologia, Formicidae e relações ecológicas. Cerca de 64,3% da literatura recuperada aborda, parcial ou totalmente, a interação ecológica entre formigas x plantas x outros insetos. Os termos “mutualismo x formigas x plantas” apresentou o maior número de buscas válidas (72%), seguidos de “simbiose x formigas x plantas” (11%) e “protocooperação x formigas x plantas” (5%). Os outros termos de indexação utilizados responderam por cerca de 12% dos resultados válidos. Conclui-se que, muitas vezes essas relações são definidas e usadas erroneamente em trabalhos científicos envolvendo insetos, embora seja difícil delimitar onde se inicia e acaba uma interação ecológica entre organismos vivos. Neste sentido, há uma dificuldade por parte de entomologistas e ecologistas, em definir as relações entre formigas e outros organismos, gerando definições errôneas encontradas em literaturas científicas publicadas envolvendo Formicidae.

Palavras-chave: Formicidae. Hymenoptera. Relações ecológicas

ABSTRAC

Most living species, throughout their life cycle, engage in at least one interspecific interaction, aiming to increase their chances of survival (providing and receiving benefits), in relationships called mutualism, symbiosis or proto-cooperation. However, these ecological relationships are often confused and wrongly treated in scientific works. The aim of this work was to verify how these terms are cited in scientific works involving ants, plants and other insects. The study was based on data collection, through a bibliographic survey of scientific literature published between 1990 and 2015, on the platforms: AINFO (Embrapa), CAPES Periodicals Portal, Scielo, ResearchGate and Google Scholar. The keywords were used in the search: mutualism, proto-cooperation, symbiosis, ants, Ecology, Formicidae and ecological relationships. About 64,3% of the retrieved literature addresses, partially or totally, the ecological interaction between ants x plants x other insects. The terms “mutualism x ants x plants” presented the highest number of valid searches (72%), followed by “symbiosis x ants x plants” (11%) and “proto-cooperation x ants x plants” (5%). The other indexing terms used accounted for about 12% of valid results. It is concluded that these relationships are often defined and used wrongly in scientific works involving insects, although it is difficult to define where an ecological interaction between living organisms begins and ends. In this sense, there is a difficulty on the part of entomologists and ecologists in defining the relationships between ants and other organisms, generating erroneous definitions found in published scientific literature involving Formicidae.

Keywords: Formicidae. Hymenoptera. Ecological relationships

1 INTRODUÇÃO

Nas comunidades bióticas encontram-se várias formas de interações entre os seres vivos que as formam. Essas interações se diferenciam pelos tipos de dependência que os organismos vivos mantêm entre si. As relações ecológicas podem ocorrer dentro da mesma população, sendo chamada de intraespecífica (isto é, entre indivíduos da mesma espécie), ou entre populações diferentes, sendo denominada de interespecífica (entre indivíduos de espécies diferentes). Essas relações estabelecem-se na busca por alimento, água, espaço, abrigo, luz ou parceiros para reprodução (ODUM e BARRETT, 2007). As interações entre organismos vêm merecendo cada vez mais a atenção de pesquisadores. É fato que a maioria das espécies hoje viventes, necessariamente se engaja em pelo menos uma interação interespecífica ao longo de seu ciclo de vida (BRONSTEIN et al., 2006). Espécies diferentes podem se associar para aumentar suas chances de sobrevivência, ambas provendo e recebendo benefícios. Nestes tipos de relação, uma das espécies oferece um serviço ou produto que seu parceiro não pode conseguir sozinho e, em troca, recebe algum tipo de pagamento ou recompensa (HOEKSEMA e BRUNA, 2000). Algumas dessas interações; se caracterizam pelo benefício mútuo de ambos os seres vivos, ou de apenas um deles, sem o prejuízo do outro. Essas relações são denominadas harmônicas ou positivas (CASSINI, 2005).

Dentre as relações harmônicas, podemos citar a protocooperação, o mutualismo e a simbiose. A protocooperação é definida como uma associação bilateral, entre espécies diferentes, na qual ambas se beneficiam; contudo, tal associação não é obrigatória, podendo cada espécie viver isoladamente. A ação de insetos que procuram o néctar das flores e contribuem involuntariamente para a polinização das plantas são consideradas exemplos de protocooperação (ODUM e BARRETT, 2007).

O mutualismo é uma interação entre duas espécies com benefícios para ambas. Ele assume diversas formas, mas os parceiros nos mutualismos geralmente suprem recursos complementares ou serviços (RELYEA e RICKLEFS, 2021). Já a simbiose (literalmente “viver junto”), refere-se aos indivíduos de espécies diferentes que vivem em íntima associação. Na relação simbiótica, os organismos agem ativamente em conjunto para proveito mútuo, o que pode acarretar especializações

funcionais de cada espécie envolvida (SACCONI, 2013). Assim, a relação de simbiose, implica que as vidas dos organismos estão tão intimamente inter-relacionadas, que não conseguiriam sobreviver sem esta associação (ODUM e BARRETT, 2007; RICKLEFS, 2010).

Dentre os organismos vivos na Terra, destacam-se os insetos, que despertam interesse e curiosidade nas pessoas desde a antiguidade. São organismos que desempenham inúmeras funções etológicas, atuando como inimigos naturais, coprófagos, polinizadores ou mesmo produzindo substâncias de interesse econômico, tais como cera, geleia real, laca, mel, própolis, seda etc. Os insetos constituem o grupo de animais dominantes no planeta, apresentando diversas adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a exploração de, praticamente, todos os habitats e nichos disponíveis (JORDÃO; SILVA, 2006). Neste sentido, faz sentido que, como sendo um grupo megadiverso e ocupando vários tipos de ecossistemas, os insetos desempenhem inúmeras relações ecológicas entre eles e com outros organismos.

A ordem Hymenoptera é um dos maiores grupos dentre os insetos, compreendendo as vespas, abelhas e formigas (GOULET; HUBER, 1995). Estima-se entre 110 a 130 mil o número de espécies de himenópteros no mundo. No Brasil, são conhecidas aproximadamente 10 mil espécies, mas existem estimativas que indicam uma riqueza muito maior, com cerca de 70 mil espécies (MELO et al., 2012).

Dentre os himenópteros destacam-se as formigas, encontradas em quase todos os habitats, exceto nas regiões polares (WARD, 2006). Em muitas comunidades ecológicas, elas são dominantes, ocupando todos os espaços disponíveis, onde exercem um grande número de funções (SILVA; BRANDÃO, 1999). Segundo Majer (1983), apresentam características peculiares tais como: elevada abundância; riquezas de espécies, regional e global, relativamente altas; facilidade de amostragem e de separação em morfoespécies; vários táxons especializados e sensíveis a alterações do ambiente.

Devido a estas características, as formigas têm sido consideradas há algum tempo como candidatas para serem utilizadas como indicadores biológicos do estado de conservação, degradação ou de recuperação dos ecossistemas terrestres (FOWLER, 1995; MAJER, 1996; ANDERSEN, 1997; MAJER; NICHOLS, 1998; VASCONCELOS, 1998; LOBRY DE BRUYN, 1999). Ademais, as formigas constituem grande parte da biomassa de ecossistemas naturais; de fato, em florestas tropicais, o

peso das formigas em conjunto é quatro vezes maior do que o de todos os vertebrados terrestres (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) juntos (WILSON, 1990), além de serem dominantes nos ecossistemas tanto pela riqueza de espécie, quanto pelo número de indivíduos (BACCARO et al., 2015).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar como é retratada as relações ecológicas (mutualismo, simbiose e protocooperação) entre formigas e outros organismos na literatura científica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo baseou-se na coleta de dados realizada a partir de fontes secundárias, por meio de levantamento bibliográfico de artigos e notas científicas, livros, capítulos de livro e documentos técnicos (Plataforma AINFO da Embrapa, Portal de Periódicos da CAPES, Scielo, ResearchGate e Google Acadêmico) que tratam a respeito das relações ecológicas entre formigas e outros organismos. Na busca por fontes de pesquisa foram utilizadas as palavras-chave: mutualismo, protocooperação, simbiose, formigas, Ecologia, Formicidae e relações ecológicas. O universo temporal da pesquisa foram literaturas publicadas entre os anos de 1990 a 2015, embora sejam utilizadas literaturas complementares, publicadas fora desse espaço temporal, para auxiliar na discussão dos resultados.

A pesquisa bibliográfica é uma das melhores formas de iniciar um estudo, buscando-se semelhanças e diferenças entre os artigos levantados nos documentos de referência. A compilação de informações em meios eletrônicos é um grande avanço para os pesquisadores, democratizando o acesso e proporcionando atualização frequente (BREVIDELLI; SERTÓRO, 2010). O propósito geral de uma revisão de literatura de pesquisa é reunir conhecimentos sobre um tópico, ajudando nas fundações de um estudo significativo para quaisquer áreas do conhecimento. Esta tarefa é crucial para os pesquisadores (POLIT; BECK, 2011).

Os critérios de inclusão definidos para a seleção da literatura consultada foram: publicados em português, inglês ou espanhol; publicados na íntegra e, que retratassem a temática referente à revisão integrativa e publicações indexadas nos referidos bancos de dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o levantamento bibliográfico realizado nas diversas fontes de dados consultadas, recuperamos 132 literaturas científicas, publicadas entre os anos de 1990 a 2015, as quais abordavam a temática de formigas e interações ecológicas. Destas, 101 estavam de acordo com o escopo que propusemos (interação de formigas x plantas x insetos) e 31 abordavam interações entre formigas e outros seres vivos, as quais foram descartadas. Das 70 literaturas selecionadas, 25 abordavam outras relações ecológicas (e.g. parasitismo, inquilinismo, predação etc.) entre formigas e plantas ou formigas x plantas x outros insetos, as quais não foram analisadas. 26 trabalhos abordavam algumas das relações ecológicas enfocadas neste trabalho + alguma outra que não faz parte do escopo, as quais foram consideradas. De toda forma, cerca de 64,3% da literatura recuperada entre os anos de 1990 e 2015 abordam, parcial ou totalmente, a temática da interação ecológica entre formigas e plantas ou de formigas x plantas x outros insetos. O termo “mutualismo x formigas x plantas” apresentou o maior número de buscas válidas (dentro do escopo desse trabalho) (72%), seguidos de “simbiose x formigas x plantas” (11%) e “protocooperação x formigas” (5%). Os outros termos de indexação utilizados responderam por cerca de 12% dos resultados buscas válidos, incluindo combinações entre diversas palavras-chave.

As relações ecológicas entre formigas e outros insetos já foram relatadas em diversos trabalhos e textos científicos. No entanto, muitas vezes as relações ecológicas apresentadas por estes insetos são definidas equivocadamente. Souza e Santa-Cecília (2002), utilizam o termo “simbiose por protocooperação” na relação de formigas do gênero *Solenopsis* com a cochonilha-do-abacaxi, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). No entanto, como já visto, esta relação é apenas um tipo de protocooperação, visto que as formigas coletam a substância açucarada (*honeydew*), secretada pelas cochonilhas e as protegem da ação de seus inimigos naturais, embora esta relação não seja necessária para a sobrevivência das duas espécies. Assim, o termo “simbiose”, não deveria ter sido utilizado na definição da relação ecológica entre estas duas espécies.

De acordo com Hickel (1994), a formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) se associa à cochonilha subterrânea, conhecida como

“pérola-da-terra”, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae), transportando as ninfas de primeiro instar dessa cochonilha para as diferentes partes da raiz do hospedeiro. A formiga associa-se com *E. brasiliensis*, numa relação que é denominada protocooperação, fornecendo-lhe, além de transporte, proteção contra inimigos naturais, facilitando a sobrevivência desse inseto por meio das galerias cavadas pelas formigas no solo. Em contrapartida, essas formigas utilizam os excrementos açucarados secretados pelas cochonilhas (DIEHL-FLEIG; DIEHL, 2007).

Um exemplo do emprego errôneo do termo “simbiose” é citado no trabalho de Souza e Ribeiro (2003), referindo-se ao trabalho de Santa-Cecília et al. (2000). O primeiro, cita como “simbiose” a relação entre *Solenopsis* e a cochonilha-da-raiz do cafeeiro, *Dysmicoccus cryptus* (Hempel) (Hemiptera: Pseudococcidae), referindo-se ao trabalho de Santa-Cecília et al. (2000). Todavia, Santa-Cecília et al. (2000) não utiliza o termo “simbiose” nesta relação, visto que se trata apenas de uma relação protocooperativa.

No entanto, diversos grupos de organismos podem desenvolver uma relação simbiótica com formigas e esta relação é conhecida como mirmecofilia. A mirmecofilia ocorre devido à habilidade desses simbiontes em mimetizar sinais químicos, morfológicos e/ou comportamentais utilizados na comunicação intraespecífica pelas formigas. (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Essas associações variam de facultativas a obrigatórias e do mutualismo ao parasitismo (PIERCE et al., 2002; HOJO et al., 2008). Existem duas hipóteses que tentam explicar a evolução da mirmecofilia: 1. A primeira, denominada “mutualística”, sugere que as adaptações à mirmecofilia teriam surgido com o intuito de manter relações harmônicas entre as partes envolvidas (THOMANN, 1901); 2. A segunda, chamada “apaziguadora”, propõe que as primeiras adaptações surgiram com o intuito de apaziguar o comportamento agressivo das formigas. No entanto, as duas hipóteses não são excludentes e são difíceis de separar (COTTRELL, 1984; PIERCE et al. 2002).

Existem vários registros de interações entre larvas de lepidópteros e formigas, embora sejam bem documentadas e conhecidas apenas nas famílias Lycaenidae e Riodinidae, sendo estas interações facultativas ou obrigatórias (KAMINSKI et al, 2009; PIERCE et al., 2002). A natureza destas interações é tida como mutualística, uma vez que as formigas recebem secreções nutritivas produzidas por glândulas especializadas (NEWCOMER, 1912; DeVRIES e BAKER, 1989; DANIELS et al.,

2005), e em contrapartida as larvas recebem proteção contra predadores e parasitoides (PIERCE e MEAD, 1981; DeVRIES, 1991). Segundo Kaminski et al. (2009), há uma dificuldade logística para se avaliar o ganho da interação da colônia de formigas com lepidópteros, principalmente em condições de campo.

A associação entre formigas da tribo Attini, constituída pelos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* (formigas cortadoras de folhas) e os fungos que cultivam em seus ninhos é considerada uma associação mutualística para vários autores (MUELLER et al., 2001; MUELLER e GERARDO, 2002; SCHULTZ e BRADY, 2008), embora essa relação seja extremamente forte e obrigatória, já que nenhum dos envolvidos conseguiria sobreviver sem o outro. Esses fungos são a dieta alimentar tanto das larvas quanto dos adultos de espécies desses dois gêneros de formigas (WEBER, 1996; MUELLER, 2002). Dessa forma, essa relação entre formigas da tribo Attini e os fungos que cultivam em suas colônias deva ser considerada simbiose.

No caso do mutualismo e protocooperação, torna-se ainda mais difícil a correta utilização destes termos. Há um entendimento que o mutualismo seja uma relação ecológica mais forte e necessária entre duas espécies, quando comparado à protocooperação. Para exemplificar, tomemos como exemplo a relação entre as mamangavas (*Xylocopa* spp.) e o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). Os maracujazeiros necessitam das mamangavas para realizar sua polinização, pois, sem elas, a polinização das plantas somente pode ser realizada de maneira manual (OLIVEIRA FILHO; FREITAS, 2003). Neste caso, a relação entre inseto-plantas é tão íntima, que somente mamangavas, e não outros insetos são capazes de realizar a polinização nos maracujazeiros. Este exemplo exemplificaria uma relação mutualística *strictu sensu*, sendo denominada por alguns autores como mutualismo obrigatório (VAZ, 2008).

Por outro lado, a protocooperação seria uma interação entre organismos de espécies diferentes, não tão forte quanto o mutualismo. A relação entre a cochonilha-farinheira, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) e formigas, principalmente as pertencentes ao gênero *Solenopsis*, exemplificariam uma típica relação protocooperativa. As formigas protegem as cochonilhas da ação de seus inimigos naturais (e.g. crisopídeos, joaninhas e/ou parasitoides) e, recebem em troca, a substância açucarada, liberada pelas cochonilhas (TORRES et al., 2011). No entanto, as duas espécies sobreviveriam sem esta interação não exemplificando uma

relação de dependência mais forte, como acontece nas relações de mutualismo ou simbiose. No entanto, conforme Delabie (2001), a interação entre formigas e diferentes grupos de Hemiptera Sternorrhyncha e Auchenorrhyncha (subordem Homoptera) são graduais, variando desde um mutualismo (trofobiose) na interação de espécies de formigas forrageadoras que coletam o *honeydew* dos hemípteros, até por adaptações fisiológicas, morfológicas e comportamentais entre as formigas e os hemípteros, resultantes de um longo período coevolutivo, caracterizando uma relação simbiótica entre esses insetos.

Outra relação ecológica controversa é a associação entre colêmbolos (Collembola) e formigas. Geralmente as formigas se mostram hostis aos colêmbolos, caracterizando uma relação desarmônica (inquilinismo). No entanto, foi verificado que a atividade dos colêmbolos pode contribuir com a homeostasia do ninho, através do controle das populações de bactérias e fungos susceptíveis de ali proliferar, além de manter a umidade necessária no interior das colônias de formigas onde ocorrem (CASTAÑO-MENESES et al., 2015), o que, nesse caso, pode ser considerado como uma relação do tipo protocooperação, visto que as formigas sobreviveriam sem a presença dos colêmbolos, embora em condições menos favoráveis à colônia.

Também vale destacar as interações ecológicas entre as formigas e as plantas. As formigas ocupam nichos diversificados no ecossistema, sendo classificadas em grupos funcionais e correlacionadas com fatores bióticos (SILVESTRE et al., 2001) tornando as interações mutualistas entre plantas x formigas comuns nos trópicos (BURSLEM et al., 2005). Algumas espécies de plantas possuem estruturas morfológicas, como as domácias, nectários extraflorais e tricomas glandulares possibilitando a interação com predadores ou parasitoides de herbívoros. Essas estruturas oferecem abrigo ou alimento às formigas que ao utilizarem estes recursos, podem oferecer proteção contra a herbivoria em suas plantas hospedeiras (SCHOONHOVEN et al., 2005). Esse tipo de interação pode caracterizar uma linha tênue entre o mutualismo e a protocooperação, visto que, evolutivamente, a presença dessas estruturas favorecem tanto as formigas, quanto as plantas, embora, para as formigas, não seja fator essencial para adquirirem seu alimento.

Ademais, as plantas desenvolveram várias características no contexto de dispersão de sementes por formigas (NESS; BRESSMER, 2005), cujas interações com esses insetos podem ser classificadas como protocooperativas. Uma dessas

características notáveis é o desenvolvimento do elaiossomo, um tecido gorduroso rico em nitrogênio e lipídeo que envolve externamente as sementes, especializado na atração das formigas (VAN DERL PIJL, 1982). Além de servir como matéria-prima para a produção de alguns tipos de feromônios, os elaiossomos são usados por elas como apoio mecânico no transporte das sementes para os seus ninhos, onde também possuem função alimentícia (BEATTIE, 1985). Evolutivamente, o elaiossomo possui função exclusiva de atrair as formigas, servindo como recompensa pelo trabalho desses organismos como dispersores de sementes. Curiosamente, caso formigas não retirem o elaiossomo de sementes, há uma drástica redução da taxa de germinação (LEAL, 2003). Durante o transporte, algumas sementes podem ser perdidas pelas formigas, germinando e se estabelecendo em novos locais (HORVITZ; SCHEMSKE, 1984). Esse tipo de mirmecocoria especializada é comum em ambientes áridos e de solos pobres da África e Austrália (BEATTIE, 1985).

Segundo estudo realizado por Izzo e Petini-Benelli (2011), foi verificado que a planta *Cordia nodosa* Lamarck (Boraginaceae), quando colonizada por formigas dos gêneros *Azteca* e *Allomerus*, tem aumento de seu sucesso reprodutivo, visto que as formigas defendem a planta contra a herbivoria e aumentam a probabilidade de *C. nodosa* produzir frutos. Por outro lado, essa planta configura em sítio de nidificação preferencial para essas espécies de formigas, configurando uma relação mutualística entre a planta e entre esses gêneros de formigas. No entanto, outros estudos sugerem que *Allomerus* pode estar castrando as plantas hospedeiras, agindo como parasita em toda a sua distribuição geográfica (YU; PIERCE, 1998; FREDERICKSON, 2005).

4 CONCLUSÃO

As formigas, como insetos sociais, desempenham vários papéis ecológicos e interagem de diversas formas com outros animais e espécies vegetais. Muitas dessas interações (protocooperação, mutualismo e simbiose) resultam em benefícios às duas partes envolvidas, embora sejam relações ecológicas distintas. No entanto, muitas vezes essas relações são definidas e usadas erroneamente em trabalhos científicos envolvendo insetos, embora seja difícil definir o limite que defina onde se inicia e acaba uma interação ecológica entre organismos vivos. Neste sentido, há uma dificuldade por parte de entomologistas e ecologistas, em definir as relações entre

formigas e outros organismos, gerando definições errôneas encontradas em literaturas científicas publicadas envolvendo Formicidae.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. **Biotropica**, v. 23, p. 575-585, 1991.
- BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P. de; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015. 388p.
- BEATTIE, A. J. The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 194p.
- BREVIDELLI, M. M.; SERTÓRIO, S. C. M. **Trabalho de conclusão de curso: guia prático para docentes e alunos da área da saúde**. 4ª ed. São Paulo: Iátria, 2010. 232p.
- BRONSTEIN, J. L.; ALARCÓN, R.; GEBER, M. The evolution of plant-insect mutualisms. **New Phytologist**, v. 172, p. 412-428, 2006.
- BURSLEM, D.; PINARD, M.; HARTLEY S. **Biotic interactions in the tropics their role in the maintenance of species diversity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 580p.
- CASSINI, S. T. 2005. **Ecologia: conceitos fundamentais**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). 69p.
- CASTAÑO-MENESES, G.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CARMO, A. F. R. **Colêmbolos e outros inquilinos de formigueiros de poneromorfos**. pp. 389-401. In: DELABIE, J. H. C.; FEITOSA, R. M.; SERRÃO, J. E.; MARIANO, C. S. F.; MAJER, J. D. (Orgs). **As formigas poneromorfos do Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015. 477p.
- COTTRELL, C. B. Aphytophagy in butterflies: its relationship to myrmecophily. **Zoological Journal of Linnean Society**, v. 79, p. 1-57, 1984.
- DANIELS, H.; GOTTSBERGER, G.; FIEDLER, K. Nutrient composition of larval nectar secretions from three species of myrmecophilous butterflies. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, p. 2805-2821, 2005.
- DELABIE, J. H. C. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 501-516, 2001.
- DeVRIES, P. J. Mutualism between *Thysbe irenea* butterflies and ants, and the role of ant ecology in the evolution of larval-ant associations. **Biological Journal of Linnean Society**, v. 43, p. 179-195, 1991.

- DeVRIES, P. J.; BAKER, I. Butterfly exploitation of an ant-plant mutualism: adding insult to herbivory. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 97, p. 332-340, 1989.
- DIEHL-FLEIG, E.; DIEHL, E. Organização social e status de praga da formiga argentina **Linepithema humile** (Mayr, 1868) no Rio Grande do Sul. **Biológico**, 69, p. 31-34. 2007.
- FOWLER, H. G. Diversity estimates: ant communities and the rare ant species (Hymenoptera: Formicidae) in fauna of a sub-tropical island. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 13, p. 29-38, 1995.
- FREDERICKSON, M. E. Ant species confer different partner benefits on two neotropical myrmecophytes. **Oecologia**, v. 143, p. 387-395, 2005.
- GOULET, H.; HUBER, J. T. **Hymenoptera of the world: a guide to identification of families**. Ottawa: Agriculture Canada, 1993. 668p.
- HICKEL, E. R. Recognition, collection, transport and deposition of nymphs of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) by the Argentine ant *Linepithema humile* (Mayr). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 23, p.285-290, 1994.
- HOEKSEMA, J. D.; BRUNA, E. M. Pursuing the big questions about interspecific mutualism: a review of theoretical approaches. **Oecologia**, v. 125, p. 321-330, 2000.
- HOJO, M. K.; WADA-KATSUMATA, A.; AKINO, T.; YAMAGUCHI, S.; OZAKI, M.; YAMAOKA, R. Chemical disguise as particular caste of host ants in the ant inquiline parasite *Niphanda fusca* (Lepidoptera: Lycaenidae). **Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences (Series B)**, v. 276, p. 551-558, 2008.
- HÖLLDOBLER B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Belknap Press/Harvard University Press, 1990. 732p.
- HORVITZ, C. C.; SCHEMSKE, D. W. Effects of ants and an ant-tended herbivore on seed production of a neotropical herb. **Ecology**, v. 65, p. 1369-1378, 1984.
- IZZO, T. J.; PETINI-BENELLI, A. Relação entre diferentes espécies de formigas e a mirmecófita *Cordia nodosa* Lamarck (Boraginaceae) em áreas de mata ripária na Amazônia mato-grossense. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 355-360, 2011.
- JORDÃO, A. L.; SILVA, R. A. **Guia de pragas agrícolas para o manejo integrado no estado do Amapá**. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 182p.
- LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. 692p.
- LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 425-441, 1999.

MAJER, J. D. Ants: bio-Indicators of minesite rehabilitation, landuse, and land conservation. **Environment Management**, v. 7, n. 4, p. 375-383, 1983.

MAJER, J. D.; NICHOLS, O. G. Long-term recolonization patterns of ants in Western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, p. 161-182, 1998.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.;

CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 553-612.

MUELLER, U. G. Ant versus fungus versus mutualism: ant-cultivar conflict and the deconstruction of the Attine ant-fungus symbiosis. **Western North American Naturalist**, v. 160, p. 67-98, 2002.

MUELLER, U. G.; GERARDO, N. Fungus-farming insects: multiple origins and diverse evolutionary histories. **Proceedings of the National Academic Society**, v. 99, n. 24, p. 15247-15249, 2002.

MUELLER, U. G.; SCHULTZ, T. R.; CURRIE, C. R.; ADAMS, R. M. M.; MALLOCH, D. The origin of the attine ant-fungus mutualism. **Quarterly Review of Biology**, v. 76, n. 2, p. 169-197, 2001.

NESS, J. H.; BRESSMER, K. Abiotic influences on the behavior of rodents, ants, and plants affect an ant-seed mutualism. **Ecoscience**, v. 12, p. 76-81, 2005.

NEWCOMER, E. J. Some observations on the relation of ants and lycaenid caterpillars, and a description of the relational organs of the latter. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 20, p. 31-36, 1912.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 632p.

OLIVEIRA FILHO, J. H.; FREITAS, B. M. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.

PIERCE, N. E.; BRABY, M. F.; HEATH, A.; LOHMAN, D. J.; MATHEW, J.; RAND, D. B.; TRAVASSOS, M. A. The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae (Lepidoptera). **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 733-771, 2002.

PIERCE, N. E.; MEAD, M. A. Parasitoids as selective agents in the symbiosis between butterfly larvae and ants. **Science**, v. 211, p.1185-1187, 1981.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem. Avaliação de evidências para a prática da enfermagem**. 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 670p.

RELYEA, R.; RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. 656p.

SACCONI, L. A. **Minidicionário da língua portuguesa**. O mais atualizado e mais completo. 13ª ed., 2013. 960p.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, J. C. de; REIS, P. R. **Novas constatações da cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus cryptus* em lavouras de café no Sul de Minas Gerais**. Lavras, MG: Centro Tecnológico do Sul de Minas - CTSM (Circular Técnica, 130), 2000. 2p.

SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J. A; DICKE, M. **Insect-plant Biology**. Oxford: Oxford University Press, 2005. 421p.

SCHULTZ, T. R.; BRADY, S. G. Major evolutionary transitions in ant agriculture. **Proceedings of the National Academic Society**, v. 105, n. 14, p. 5435-5440, 2008.

SILVA, R. R. da; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadoras da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, v. 12, n. 2, p. 55-73, 1999.

SILVESTRE, R.; SILVA, R. R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio –SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, v. 14, n. 1, p. 37-69, 2001.

SOUZA, J. C.; RIBEIRO, J. A. **Cochonilha da raiz: cafeicultor, conheça e saiba como controlar esta praga com inseticidas neonicotinóides**. Centro Tecnológico do Sul de Minas - CTSM (Lavras, MG: Circular Técnica, 162), 2003. 4p.

THOMANN, H. Schmetterlinge und ameisen. Beobachtungen über einer symbiose zwischen *Lycaena argus* L. und *Formica cinerea* Mayr. **Jaresbericht Naturforschenden Gesellschaft Graubündens**, v. 44, p. 1-41, 1901.

TORRES, J. B.; OLIVEIRA, M. D.; LIMA, M. S. **Cochonilhas farinhentas: potenciais problemas para o algodão brasileiro**. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco, (Informativo REDALGO, 5), 2011. 6p.

VAN DER PIJL L., **Principles of dispersal in higher plants**. 3ª ed. Berlin: Springer Verlag, 1982. 162p.

VASCONCELOS, H. L. **Respostas das formigas à fragmentação florestal**. Série Técnica IPEF, v. 2, n. 32, p. 95-98, 1998.

VAZ, A. **Mutualismo, cooperação ou oportunismo?** 2008. Disponível em: <<http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=2&cid=8828&bl=1>> Acesso em: 08 ago. 2022.

WARD, P. S. Ants. **Current Biology**, v. 16, p. 152-155, 2006.

WEBER, N. A. Fungus-growing ants. **Science**, v. 153, n. 3763, p. 587-604, 1966.

WILSON, E. O. **Success and dominance in ecosystems. The case of the social insects**. Germany, Orlendorf/Luhe: Ecology Institute, 1990. 104p.

YU, D. W.; PIERCE, N. E. A castration parasite of an ant-plant mutualism. **Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences (Series B)**, v. 265, p. 375-382, 1998.