

Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas

Jarbas Marçal Queiroz^{1,2}, Fábio Souto Almeida² & Marcos Paulo dos Santos Pereira²

*Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas,
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, C.P. 74514, Seropédica, RJ. E-mail: jarbas@ufrj.br¹
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ²*

Recebido em 20 de novembro 2006

Resumo

No mundo todo o alerta sobre a perda da biodiversidade tem preocupado muito. Globalmente, 13 milhões de hectares de terra são convertidos em agroecossistemas, principalmente de áreas com florestas. No passado muito dos esforços conservacionistas estavam focados nas áreas preservadas. O fato é que a maioria dos ecossistemas terrestres é um agroecossistema. Uma das principais questões é saber que parte da biodiversidade funciona ou poderia funcionar de modo específico para promover a sustentabilidade dos sistemas no futuro. As formigas são organismos freqüentemente citados como importantes para a conservação e úteis como indicadores biológicos. Formigas podem agir como agentes de controle biológico em agroecossistemas e reduzir populações de pragas indesejáveis. A influência das colônias de formigas sobre o ambiente pode ser aumentada pelas suas atividades de forrageamento com possíveis impactos sobre o solo e vegetação. A agricultura convencional tem um impacto negativo sobre a diversidade de formigas, enquanto sistemas agrícolas tradicionais freqüentemente são melhores em conservar a biodiversidade. Um dos principais desafios do milênio será o de tentar conciliar o uso sustentável da biodiversidade com benefícios sócio-econômicos para as populações humanas.

Palavras-chaves: Fauna do solo, Controle Biológico, Ecologia de Insetos, Agroecologia, Convenção sobre Diversidade Biológica, Mata Atlântica.

Biodiversity conservation and the role of ants (Hymenoptera: Formicidae) in agroecosystems

Abstract

The loss of biodiversity has been of much concern throughout the world. Globally 13 million ha are annually converted to agricultural use, mainly from forests. In the past, conservation of tropical ecosystems was concentrated on preserved areas. The fact is that most of terrestrial ecosystems is an agroecosystem. One main question is to know what part of biodiversity does or could function in specific ways to promote the sustainability of future systems. Ants are organisms that frequently have been cited as important for conservation and useful as bioindicators. Ant species may act as biological control agents in agroecosystems and reduce undesirable pests. The influence of ant colonies on the environment is enhancing by their ground

foraging activities, with possible impacts on both soil and vegetation. However conventional agriculture has a negative impact on ant diversity whereas traditional agriculture systems often are better for biodiversity conservation. One main challenge of this millennium is to find ways to link sustainable use of biodiversity with socio-economic benefits for human populations.

Key words: Soil fauna, Biological Control, Insect Ecology, Agroecology, Convention on Biological Diversity, Atlantic Forest

Introdução

No mundo todo o alerta sobre a perda da biodiversidade tem mobilizado a comunidade científica e o público em geral. Neste ano de 2006, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), elegeu como tema de um de seus principais prêmios, o Prêmio Jovem Cientista, a Biodiversidade (*Gestão Sustentável da Biodiversidade: desafio do milênio*). Espécies estão sendo extintas em conseqüência, principalmente, da destruição de seus habitats, no entanto estimativas sugerem que se conhece apenas entre 2 a 5% delas (Paoletti et al. 1992). Um dos principais resultados da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em Junho de 1992, foi a Convenção Sobre Diversidade Biológica (CDB). O texto, assinado por 175 países, incluindo o Brasil, é um compromisso com a conservação da biodiversidade, pela utilização sustentável dos recursos biológicos e divisão eqüitativa de seus benefícios.

Boa parte das terras do planeta, especialmente nos trópicos onde se concentra a biodiversidade, encontra-se amplamente modificada pela ação do homem, com fragmentos de habitats nativos em meio a uma matriz agrícola. Embora a agricultura seja a principal atividade causadora de impactos, em grande extensão, ela tem importância vital para a maioria dos países em desenvolvimento, onde 60% da população economicamente ativa e 50% da economia rural estão envolvidas com essa prática (Wood & Linne, 2005). Por esse motivo, o compromisso dos países signatários da CDB foi o de encorajar o desenvolvimento de tecnologias e de práticas agrícolas que não somente aumentem a produtividade, mas que também sejam capazes de frear a degradação dos ecossistemas e promover a conservação da biodiversidade. A grande questão é como manejar ambientes complexos e

ricos em biodiversidade, como os ecossistemas tropicais, de modo sustentável para que os impactos sobre eles sejam mínimos. Mais ainda, como tornar a agricultura e as demais atividades rurais aliadas da conservação da biodiversidade.

No Brasil, as regiões que mais impactos receberam das atividades agropecuárias foram, sem dúvida, aquelas dentro dos domínios da Mata Atlântica. Esse bioma sofreu com o desmatamento causado pela ocupação do solo com atividades agrícolas baseadas, principalmente, nas culturas da cana-de açúcar e do café (Dean, 2002). Após 500 anos de colonização dessas terras, as atividades agrícolas em larga escala, integradas em complexos agroindustriais, migraram para a região Centro-Oeste do país e hoje a região da Mata Atlântica, que concentra cerca de 60% da população brasileira (IBGE, 2006), tem sua força econômica nas atividades industriais e de serviços dos grandes centros urbanos. No entanto, o crescimento contínuo da população na região e as práticas agrícolas inadequadas, ainda que em pequena escala, impõe sérias ameaças para a conservação da biodiversidade.

Para Veiga (2001) a promoção da diversidade biológica poderá ser um fator crucial para a dinâmica sócio-econômica das regiões rurais, nas quais o crescimento econômico já não tenha destruído os atrativos naturais que podem captar rendas urbanas das classes média e alta. Nelas será perfeitamente possível incentivar simultaneamente a conservação da biodiversidade e a criação de empresas e empregos. Segundo o autor, as restrições ambientais poderão alavancar o dinamismo econômico em vez de prejudicá-lo. Várias iniciativas já foram tomadas para ampliar a conservação da biodiversidade e embora muito tenha sido feito no sentido de criar áreas protegidas para os ecossistemas nativos, as reservas são pequenas e a cobertura insuficiente (Tabarelli et al., 2005). Mais recentemente, a criação de corredores

ecológicos representa uma iniciativa para reduzir a distância entre os fragmentos de mata protegidos, mas isolados, possibilitando a conservação de paisagens inteiras (Ayres et al., 2005). Com isso, nos últimos anos, cresceu também o foco sobre as áreas não protegidas, cujo manejo tem implicações diretas para a conservação da biodiversidade na paisagem. Dentro desse contexto, as áreas rurais se revestem de grande importância e os profissionais ligados a conservação da biodiversidade têm entendido a importância de incluir os sistemas agrícolas nos planos de conservação, a fim de proteger a biodiversidade (Philpott & Armbrecht, 2006).

Entre 10 e 15% das terras cultivadas nos países em desenvolvimento ainda é manejada de forma tradicional em pequenas propriedades agrícolas e são responsáveis por cerca de 40% dos alimentos consumidos por essas populações (Altieri, 2004). No Brasil, segundo Altieri (2002), 30% das terras são manejadas de forma tradicional por quase 5 milhões de famílias de produtores rurais. A agricultura tradicional frequentemente envolve cultivos mais diversificados, bastante praticados por pequenos agricultores na região da Mata Atlântica brasileira (Begossi, 2006). A produção diversificada de alimentos, que abastece os mercados locais, serve também para manter as pessoas empregadas nas pequenas propriedades agrícolas (Young, 2003). Esses tipos de cultivos podem garantir uma maior estabilidade na produção de alimentos e gerar renda o ano todo (Caceres, 2006). Além disso, eles podem ser importantes para conservação da biodiversidade. Neste caso, a qualidade da matriz agroecológica, onde estão inseridos os remanescentes de floresta nativa, é superior em permitir uma maior movimentação das espécies animais e dispersão de plantas (Perfecto et al., 1996). No entanto a adoção de sistemas mais diversificados pode representar uma perda em produtividade que os agricultores podem não estar dispostos a enfrentar. Perfecto et al. (2005) demonstraram que há uma relação inversa entre riqueza de espécies de insetos, borboletas e formigas, e produtividade na cultura do café na América Central. Esse aparente dilema pode ser resolvido por mecanismos de certificação que garantam preços melhores para produtos de sistemas que ajudem a conservar a biodiversidade.

As formigas são um componente importante da biodiversidade, ao todo são mais de 11 mil espécies

de formigas conhecidas. Só no Brasil o número de espécies descritas chega a 2.500 (Lewinsohn et al., 2005). Sua importância em ecossistemas naturais, agroecossistemas e ambientes urbanos é muito grande, tanto por suas atuações em diversos processos ecológicos quanto por suas relações que afetam mais diretamente ao homem. Em alguns locais as formigas são utilizadas como agentes de controle biológico de pragas, mas esses organismos podem também ser vistos como pragas e sua presença indesejável para o homem. Embora entre os invertebrados se considere que as formigas compõem um dos grupos mais bem conhecidos (Lewinsohn et al., 2005), o papel desses organismos nos agroecossistemas ainda permanece pouco compreendido e estudado (Philpott & Armbrecht, 2006). Isso contribui para que sejam vistas muito mais como organismos indesejáveis e os possíveis serviços ambientais advindos de sua presença ignorados. Este trabalho discute a importância ecológica das formigas e sua conservação em agroecossistemas.

Hábitos alimentares e de nidificação de formigas

Uma crença amplamente aceita pelo público leigo, especialmente no Brasil, é a de que a maioria das formigas desfolha plantas. Na realidade esse hábito pode ser considerado uma exceção, restrito a um pequeno número de espécies da tribo Attini, que reúne as formigas cultivadoras de fungos. A maioria das espécies de formigas é extremamente generalista em seu hábito alimentar, consumindo, principalmente, artrópodos vivos ou mortos e dieta líquida fornecida por outros insetos e plantas (Carroll & Janzen, 1973). Seus hábitos de nidificação são também variados e as formigas podem fazer seus ninhos no solo, na serapilheira ou sobre as plantas (Hölldobler & Wilson, 1990). Aliás, a utilização das plantas por formigas como locais para nidificação e/ou áreas de forrageamento abre possibilidades para interações com insetos herbívoros. Além disso, formigas são também visitantes florais e podem interferir positivamente ou negativamente no processo de polinização das plantas (Altshuler, 1999).

A maior parte das espécies de formigas, todavia, vive na superfície do solo e são capazes de transportar matéria orgânica para seus ninhos acabando

por afetar as propriedades dos solos e o crescimento da vegetação (Moutinho et al., 2003). Na busca por alimento formigas podem utilizar sementes ou frutos na superfície do solo, atividades que influenciam o sucesso reprodutivo e a dispersão das espécies de plantas (Guimarães et al., 2002).

O papel da formigas em agroecossistemas

Entre os predadores de insetos herbívoros, as formigas exercem um papel importante em comunidades tropicais devido a sua grande abundância e diversidade (Philpott & Armbrrecht, 2006). A presença de formigas sobre as plantas cria a oportunidade para que essas possam capturar uma grande variedade de presas. Uma colônia de tamanho médio de *Formica polyctena* A. Foerster pode consumir 6×10^6 insetos durante uma estação (Folgarait, 1998). Ibarra-Núñez et al. (2001) encontraram que 17,8% e 11,3% das presas de *Ectatomma ruidum* Roger e *E. tuberculatum* Olivier, respectivamente, eram insetos herbívoros de plantas de café na América Central. Eubanks (2001) encontrou correlação negativa entre as densidades de *Solenopsis invicta* Buren e as de várias espécies de insetos herbívoros em cultivos de algodão e soja, sugerindo que *S. invicta* possa ter um efeito benéfico para essas culturas. Van-Mele & Cuc (2001) encontraram que uma porcentagem 25% menor de fazendeiros fizeram usos de inseticida em pomares onde a formiga *Dolichoderus thoracicus* F. Smith estava presente. Segundo os autores, em alguns sistemas agrícolas tradicionais os produtores rurais foram os primeiros a encorajar o uso de formigas como agentes de controle biológico, principalmente espécies de *Solenopsis*, *Oecophylla*, *Dolichoderus*, *Anoplolepis*, *Wasmannia*, *Azteca* e *Formica*. As formigas, portanto, possuem um potencial para serem utilizadas como agente de controle de organismos que causam danos a plantas cultivadas, mas o conhecimento existente para o manejo desses insetos com este fim ainda é insuficiente (Rossi & Fowler, 2004).

Em relação às interações de formigas como polinizadoras ou dispersoras de plantas em agroecossistemas, muito pouco é conhecido. A maioria dos trabalhos enfocando essas interações está concentrada em pesquisas realizadas em ambientes nativos. Conceição et al. (2004) analisaram o papel de formigas como polinizadoras de *Cocos nucifera*

L., sugerindo que espécies de *Pseudomyrmex*, *Camponotus*, *Ectatomma* e *Monomorium*, podem ter um papel significativo nesse processo. No entanto, como as formigas visitantes florais são ápteras, só conseguem fazer a polinização entre flores da mesma planta. Philpott et al. (2006b) encontraram frutos de café com maior peso em plantas com formigas do que em plantas sem formigas. Os autores sugerem que efeitos diretos das formigas, como polinizadoras, podem ter contribuído para o aumento no peso dos frutos. Em relação ao papel de formigas como dispersoras de sementes, Elias & McKey (2000) fizeram uma análise da influência desses organismos na dispersão de *Manihot esculenta* Crantz. Embora a propagação da mandioca seja exclusivamente vegetativa, agricultores tradicionais da Amazônia utilizam variedades propagadas por semente para aumentar a variabilidade genética dos cultivos. Experimentos realizados pelos autores demonstraram serem as sementes de mandioca atraentes para as formigas. Todavia, a capacidade em dispersar essas sementes depende de fatores como comportamento, tamanho das formigas e distância dos ninhos.

Os possíveis efeitos positivos das formigas podem ser contrabalanceados por interações indesejadas nos agroecossistemas. As várias espécies de formigas, especialmente das subfamílias Myrmicinae, Dolichoderinae e Formicinae, que interagem com hemípteros, podem acabar protegendo insetos que são pragas agrícolas. Nessas interações os insetos sugadores de seiva ganham através da eliminação de seus inimigos naturais e melhoria das condições de higiene dos agregados de ninfas proporcionados pelas formigas (Buckley, 1987). González-Hernandez et al. (1999) demonstraram como as interações com formigas proporcionaram maiores densidades do pseudococcídeo *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) em plantios de abacaxi. Queiroz & Oliveira (2001), estudando as interações de formigas com mosca-branca (Hemiptera: Aleyrodidae), relataram que essas últimas beneficiam-se principalmente através da eliminação, pelas formigas, dos excessos de líquido açucarado sobre as ninfas. Outros casos em que a presença de formigas pode ser indesejável em agroecossistemas é o caso das formigas cortadeiras e daquelas que representam ameaça para a saúde do homem (Dellalucia, 2003). Este é o caso de *S. invicta*, popularmente conhecida pelos nomes de lava-pés e

formiga de fogo. Essa espécie nativa de nosso país tornou-se mundialmente conhecida depois de sua introdução acidental em vários outros lugares (Holway et al., 2002). A espécie tem uma picada dolorosa e pode provocar reações alérgicas graves em pessoas muito sensíveis. Sua presença em agroecossistemas provoca uma aversão nos trabalhadores rurais em efetuar colheita e outras práticas culturais em áreas infestadas (Fowler et al., 1990). Nos EUA os gastos anuais para o manejo de *S. invicta* e controle de seus danos em domicílios alcançam 2,5 bilhões de dólares (Dellalucia, 2003). A formiga lava-pé também é apontada por vários autores como provável responsável pelo decréscimo da diversidade de artrópodes nativos em diversos ecossistemas invadidos (Porter & Savignano, 1990; Morris & Steigmam, 1993).

Devido ao fato de muitas espécies de formigas nidificarem e/ou forragearem na interface solo-serapilheira, sua importância funcional para a qualidade dos solos agrícolas pode ser relevante. Elas compõem a macrofauna (2-20 mm), mas freqüentemente têm sido ignoradas em favor de outros organismos como cupins e minhocas (Lobry De Bruyn, 1999). A participação das formigas nos processos de reciclagem da matéria orgânica e seu comportamento de nidificação no solo acabam afetando as propriedades físico-químicas, a biota e a fertilidade dos solos (Nkem et al., 2000; Moutinho et al., 2003; Boulton & Amberman, 2006).

Devido às suas atividades elas podem facilitar a movimentação da água no solo por aumentarem a porosidade dos mesmos e seus efeitos sobre a fertilidade química pode ser resultado das suas atividades como decompositores. Nkem et al. (2000) demonstraram que os efeitos da formiga *Iridomyrmex greensladei* Shattuck sobre a porosidade dos solos estudados podem estender-se a até 2m de profundidade e também que os efeitos sobre as propriedades físico-químicas dos solos ultrapassam os limites superficiais dos ninhos da espécie. Cammeraat et al. (2002) estudaram os efeitos dos ninhos da formiga *Messor bouvieri* (Bondroit) sobre a infiltração de água no solo, fertilidade e propriedades estruturais em ecossistemas nativos e concluíram que a redistribuição de materiais pelas formigas e seus efeitos sobre as propriedades dos solos podem ter conseqüências para o desenvolvimento de ilhas de fertilidade nos ecossistemas estudados. Da mesma forma, Moutinho

et al. (2003) estudaram a importância dos ninhos da saúva *Atta sexdens* Forel sobre o solo e a regeneração de plantas na floresta amazônica. Os autores demonstraram que os efeitos dos ninhos no solo alcançam profundidades de até 3 m, com impactos positivos sobre a porosidade e disponibilidade de nutrientes, acompanhados de maior biomassa de raízes. Embora o valor das formigas como indicadores da qualidade do solo e uso no monitoramento da sua sustentabilidade ainda não esteja muito claro (Lobry De Bruyn, 1999), há um enorme potencial para utilização desses organismos como sistemas de alerta para a degradação das terras.

Impactos da agricultura sobre as formigas

As práticas agrícolas normalmente produzem um declínio da diversidade de formigas. Lobry De Bruyn (1993) associa à agricultura um decréscimo de 50% na riqueza de espécies de formigas. Radford et al. (1995) encontraram densidade de formigas quatro vezes maior em sistemas de cultivo mínimo (plantio direto) comparado com plantio convencional. Wang et al. (1996) encontraram mais formigas em áreas menos irrigadas e de cultivo mínimo. Peck et al. (1998) demonstraram efeitos significativos do manejo do solo e da aplicação de inseticidas sobre a estrutura da comunidade de formigas que habita a interface solo-serapilheira. Perfecto & Vandermeer (2002) encontraram riqueza maior de formigas em cultivo orgânico de café, mais sombreado e sem uso de pesticidas do que em cultivo tradicional, menos sombreado e que utiliza controle químico de pragas. Armbrrecht & Perfecto (2003) encontraram uma drástica redução da diversidade de formigas da serapilheira em cultivos de café muito distantes de áreas de mata nativa. Philpott et al. (2006a) observaram uma redução na diversidade de formigas arborícolas sobre plantas de café em cultivos mais intensivos com baixa diversidade de espécies vegetais.

Entre os fatores que influenciam as populações e comunidades de formigas está a temperatura, umidade, a disponibilidade de locais para nidificação, a disponibilidade de alimento, a estrutura do microhabitat e as interações competitivas entre as espécies (Kaspari, 2000). As formigas são organismos termofílicos e as

condições de temperatura e umidade criam um envelope de restrições para a maioria das espécies (Hölldobler & Wilson, 1990). Há várias razões que poderiam explicar os impactos da agricultura sobre as formigas. As mudanças das condições microclimáticas podem afetar as larvas, pupas, as atividades de forrageamento e as condições para nidificação. A disponibilidade de alimentos pode ser reduzida pelo uso de pesticidas e o manejo do solo pode reduzir a quantidade de matéria orgânica, o que acaba pode interferir no uso de recursos pelas populações (Lobry De Bruyn, 1999). Além disso, em ambientes altamente antropizados as interações com espécies introduzidas podem alterar a estrutura da comunidade de formigas nativas (Holway et al., 2002).

Considerações finais

A paisagem rural onde estão inseridos os agroecossistemas é um mosaico de usos da terra que inclui áreas de cultivos anuais e perenes, fragmentos florestais, pastagens, campos em pousio, várzeas, campos abandonados e reflorestamentos. Agroecossistemas mais diversificados e com menor uso de pesticidas, inseridos em uma paisagem rica em elementos florestais, são mais apropriados para a conservação da biodiversidade e possivelmente para a conservação de espécies de formigas. Dentro deste cenário é possível esperar maiores benefícios advindos dos serviços ambientais que podem ser prestados pelas formigas, como controle de pragas nos cultivos, melhoria da fertilidade dos solos, dispersão de sementes e polinização. As regiões no Brasil sob o domínio da Mata Atlântica, cuja conservação da biodiversidade é prioritária, certamente irão conservar mais da biodiversidade se adotarem ações para implementar sistemas mais diversificados, como os sistemas agroflorestais, os cultivos orgânicos e aumentarem a extensão das áreas sobre a proteção de reservas privadas (as RPPNs). A certificação de produtos oriundos desses sistemas que conservam biodiversidade pode resolver os problemas da relação custo-benefício, conseguindo melhores preços que compensem as menores produtividades quando comparados com os sistemas convencionais de cultivos agrícolas. Aliar benefícios econômicos e sociais com conservação da

biodiversidade é sem dúvida um grande desafio para este milênio. As formigas, se bem compreendidas e estudadas, podem ser um exemplo para a utilização sustentável da biodiversidade em paisagens rurais.

Agradecimento

Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo: 476588/2006-5).

Referências bibliográficas

ALTSHULER, D.L. Novel interactions of nonpollinating ants with pollinators and fruit consumers in a tropical forest. **Oecologia**, v. 119, 600-606. 1999.

ALTIERI, M. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v.93, p. 1-24. 2002.

ALTIERI, M. Linking ecologists and traditional farms in the search for sustainably agriculture. **Frontiers in Ecology and Environment**, v.2, p. 35-42. 2004.

ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 97, p. 107-115. 2003.

AYRES, J.M.; FONSECA, G.A.B.; HYLANDS, A.B.; QUEIROZ, H.L.; PINTO, L.P.; MASTERSON, D.; CAVALCANTI, R.B. **Os Corredores Ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil**. Sociedade Civil Mamirauá. Belém. 2005. 256p.

BEGOSSI, A.; HANAZAKI, N.; PERONI, N.; SILVANO, R.A. Estudo de ecologia humana e etnobiologia: uma revisão sobre usos e conservação. In: ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; VAN SLUYS, M. & ALVES, M.A.S., **Biologia da Conservação: Essências**. Rima Editora: São Carlos. 2006. p. 537-562.

- BUCKLEY R. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.18, p.111-138. 1987.
- CACERES, D.M. Agrobiodiversity and technology in resource poor farm. **Interciencia**, v. 31, p. 403-410. 2006.
- CAMMERAAT, L.H.; WILLOTT, S.J.; COMPTON, S.G.; INCOLL, L.D. The effect of ant's nest on the physical, chemical and hydrological properties of rangeland soil in the semi-arid Spain. **Geoderma**, v.105, p. 1-20. 2002.
- CARROLL, C.R.; JANZEN, D.H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 231-257. 1973.
- CONCEIÇÃO, E.S.; DELABIE, J.H.C.; COSTA-NETO, A.O. A entomofilia do coqueiro em questão: avaliação do transporte de pólen por formigas e abelhas nas inflorescências. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 679-683. 2004.
- DEAN, W. **A Ferro e Fogo: A História da Destroção da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Cia das Letras. 2002. 484p.
- DELLALUCIA, M.T.C. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. In: FERNANDEZ, F. (Ed). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Acta Noturna. 2003. p. 337-349.
- ELIAS, M.; MACKAY, D. The unmanaged reproductive ecology of domesticated plants in traditional agroecosystems: an example involving cassava and a call for data. **Acta Oecologica**, v. 21, p. 223-230. 2000.
- EUBANKS, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, v. 21, p. 35-43. 2001.
- FOWLER, H.G.; BERNARDI, S.V.E.; DELABIE, J.H.C.; FORTI, L.C.; SILVA, V.P. Major ant problems of South America. In: VANDER MEER, R.K.; JAFFE, K.; CEDERO, A. (Org.). **Applied Myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westview Press. 1990. p. 3-14.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; JOHNSON, M.W.; REIMER, N.J. Impact of *Pheidole megacephala* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) on the biological control of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae). **Biological Control**, v. 15, p. 145-152. 1999.
- GUIMARÃES, P.R.; COGNI, R.; GALETTI, M.; PIZO, M.A. Parceria surpreendente. **Ciência Hoje**, v. 32, p. 68-70. 2002.
- HÖLLDOBLER B. & WILSON, E.O. The Ants. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press. 1990. 732p.
- HOLWAY, D.A.; LACH, L.; SUAREZ, A.V.; TSUTSUI, N.D. & CASE, T. J. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 181-233. 2002.
- IBARRA-NÚÑEZ, G. Prey analysis in the diet of some Ponerinae ants (Hymenoptera: Formicidae) and some web-building spiders (Araneae) in coffee plantations in Chiapas, Mexico. **Sociobiology**, v.37, p. 723-755. 2001.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 20 dez. 2006.
- KASPARI, M. A primer on ant ecology. In: AGOSTI D, MAJER JD, ALONSO, LE, SCHULTZ TR (eds.) **Ants, standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press. 2000. pp. 9-24.
- LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V.L.; PRADO, P.I. Conservation of terrestrial invertebrates and their habitats in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, p. 640-645. 2005.
- LOBRY DE BRUYN, A. Ant composition and activity in naturally vegetated and farmland environments

- on contrasting soil at Kellerberin, Western Australia. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 1043-1056. 1993.
- LOBRY DE BRUYN, A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 425-441. 1999.
- MORRIS, J. R.; STEIGMAM, K. L. Effects of polygyne fire ant invasion on native ants of a blackland prairie in Texas. **Southwestern Naturalist**, v.38, p.136-140, 1993.
- MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.C.; DAVIDSON, E.A. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. **Ecology**, v. 84, p. 1265-1276. 2003
- NKEM, J.N.; LOBRY DE BRUYN, A.; GRANT, C.D.; HULUGALLE, N.R. The impact of ant bioturbation and foraging activities on the surrounding soil properties. **Pedobiologia**, v. 44, p. 609-621. 2000.
- PAOLETTI, M.G.; PIMENTEL, D; STINNER, B. R.; STINNER, D. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v.40, p. 3-23. 1992.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. **Conservation Biology**, v. 16, p. 174-182. 2002.
- PERFECTO, I.; RICE, R.; GREENBERG, R.; VANDERVOOLT, M. Shade coffee as refuge of biodiversity. **BioScience**, v. 46, p. 598-608. 1996.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; MAS, A.; SOTO-PINTO, L. Biodiversity, yield and shade coffee certification. **Ecological Economics**, v.54, p. 435-446. 2005
- PHILPOTT, S.M.; ARMBRECHT, I. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. **Ecological Entomology**, v. 31, p. 369-377. 2006.
- PHILPOTT, S.M.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 139-155. 2006a.
- PHILPOTT, S.M.; UNO, S.; MALDONADO, J. The importance of ants and high shade management to coffee pollination and fruit weight in Chiapas, Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 487-501. 2006b.
- QUEIROZ, J.M.; OLIVEIRA, P.S. Tending ants protect honeydew-producing whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). **Environmental Entomology**, v. 30, p. 295-297. 2001.
- RADELOFF, V.C.; HAMMER, R.B.; STEWART, S.I. Rural and suburban sprawl in the U.S. midwest from 1940 to 2000 and its relation to forest fragmentation. **Conservation Biology**, v.19, p. 793-805. 2005.
- RADFORD, B.J.; KEY, A.J.; ROBERTSON, L.N. & THOMAS, G.A. Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield, and response to fertiliser in the semi-arid tropics. **Australian Journal Experimental Agriculture**, v. 35, p. 223-232. 1995.
- RIGBI, D.; CÁCERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, v.68, p. 21-40. 2001.
- ROSSI, M. N.; FOWLER, H. G. Predaceous ant fauna in new sugarcane fields in the state of São Paulo, Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 805-811. 2004.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.; BEDÊ, L. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v.19, p. 695-701. 2005
- VAN-MELE, P.; CUC, N.T.T. Farmers' perceptions and practices in use of *Dolichoderus thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) for biological control of pests of sapodilla. **Biological Control**, v. 20, p. 23-29. 2001.

VEIGA, J.E. O Brasil rural ainda não encontrou seu eixo de desenvolvimento. **Estudos Avançados**, v.15, p. 101-119. 2001.

WANG, D.; LOWERY, B., MCSWEENEY, K.; NORMAN, J.M. Spatial and temporal patterns of ant burrow openings as affected by soil properties and agricultural practices. **Pedobiologia**, v. 40, p. 201-211. 1996.

WOOD, D.; LINNE, J.M. Received wisdom in agricultural land use policy: 10 years on from Rio. **Land Use Policy**, v.22, p. 75-93. 2005

YOUNG, C.E.F. Socioeconomic causes of deforestation in the Atlantic Forest of Brazil. In: GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I.G. (eds.), **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press. 2003. p. 103-117.