29 - Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas

impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos

Fábio Souto Almeida
Jarbas Marçal Queiroz

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

ALMEIDA, FS., and QUEIROZ, JM. Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos. In: DELABIE, JHC., *et al.*, orgs. *As formigas poneromorfas do Brasil* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2015, pp. 437-446. ISBN 978-85-7455-441-9. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos

Fábio Souto Almeida, Jarbas Marçal Queiroz

Resumo

Os engenheiros de ecossistemas são espécies que influenciam a disponibilidade de recursos para outros organismos através das alterações que causam no estado de materiais orgânicos ou inorgânicos. Uma variedade muito grande de organismos pode agir como engenheiros de ecossistemas, mas o ser humano é, provavelmente, o mais importante devido à extensão e magnitude dos efeitos de suas atividades. Por outro lado, diversos insetos também são apontados como importantes engenheiros de ecossistemas e, entre eles, as formigas se destacam pela sua capacidade de alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Esses efeitos decorrem do hábito de muitas espécies de formigas construírem seus ninhos no solo. O movimento das partículas de solo realizado pelas formigas durante o processo de construção e manutenção dos ninhos, conhecido como bioturbação, afeta as características do solo, incluindo sua densidade, textura e composição química. Devido à abundância de ninhos e o tamanho das colônias, a quantidade de solo submetida à bioturbação é expressiva em vários ecossistemas. O fato das formigas construírem túneis e câmaras e processarem grande quantidade de matéria orgânica faz dos ninhos um ambiente

propício para vários outros organismos, sejam eles parasitas, predadores ou apenas inquilinos. Vivos ou mortos, vários artrópodes podem estar presentes nos ninhos das formigas poneromorfas, tais como cupins, dípteros, lepidópteros, aranhas, grilos e outras formigas. Na dieta de formigas poneromorfas há uma boa quantidade de material vegetal, sendo bem documentada a coleta de frutos e sementes por algumas espécies. O transporte para os ninhos pode facilitar a germinação e aumentar o recrutamento de plântulas sobre os ninhos ou nos arredores. Toda a movimentação das partículas do solo e a presença de maiores quantidades de matéria orgânica levam ao aumento das concentrações de vários nutrientes no solo dos ninhos das formigas, incluindo nitrogênio, fósforo e potássio. Os efeitos sobre a estrutura física do solo, aliado ao aumento das concentrações de vários nutrientes e o uso de frutos na dieta pelas formigas poneromorfas agem em conjunto para aumentar a diversidade de plantas nos arredores dos ninhos, como observado em ambientes de floresta. Sendo assim, essas formigas adquirem papel relevante em ecossistemas florestais e sua ausência pode afetar a diversidade de outros organismos associados aos seus ninhos e retardar o processo de sucessão

ALMEIDA, Fábio Souto; QUEIROZ, Jarbas Marçal. Formigas poneromorfas como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia, estrutura e fertilidade dos solos. In: DELABIE, Jacques H. C. et al. *As formigas poneromorfas do Brasil*. Ilhéus: Editus, 2015. p. 437-446.

ecológica. Assim, as formigas poneromorfas que nidificam no solo parecem ser elementos importantes para a manutenção do funcionamento dos ecossistemas. Entretanto, ainda é preciso avaliar se as alterações provocadas no solo perduram por longos períodos. Embora a importância dos engenheiros de ecossistemas seja amplamente reconhecida, as consequências da sua ausência ainda são pouco compreendidas. É necessário que

estudos futuros avaliem a influência da perda dos organismos que agem como engenheiros sobre o funcionamento dos ecossistemas. Por exemplo, diversos autores observaram que certas espécies de plantas podem estar associadas a ninhos de formigas e a perda dessas espécies de formigas poderia afetar negativamente as assembleias de plantas, podendo gerar efeitos negativos em cascata sobre os ecossistemas.

Abstract

Poneromorph ants as ecosystem engineers: impacts on the biology, structure and fertility of soil - Ecosystem engineers are species that influence the availability of resources to other species by altering the state of organic or inorganic materials. A large variety of organisms can act as ecosystem engineers, but the human being is, probably, the most important due to the extension and magnitude of the effects of its activities. On the other hand, several insects are pointed out as important ecosystem engineers and, among them, the ants stand out due to their capacity to alter physical, chemical, and biological properties of soils. These effects result from the habit shown by many ant species of building their nests in the soil. The movement of soil particles made by ants during the process of building and maintenance of nests, known as bioturbation, affects the characteristics of the soil, including its density, texture, and chemical composition. Due to the abundance of nests and size of colonies, the amount of soil affected by bioturbation is impressive in many ecosystems. The fact that ants build their tunnels and chambers and process a large amount of organic matter make the nests a suitable environment for several other organisms, be they parasites, predators, or just tenants. Dead or alive, several arthropods can be present in the nests of poneromorph ants, such as termites, dipterans, lepidopterans, spiders, crickets, and other ants. There is a good quantity of plant material in the diet of poneromorph ants; indeed, the collection of fruits and seeds by some species

is well-documented. The transportation of seeds and fruits to the nest can facilitate germination and increase the recruitment of seedlings on the nests or in their surroundings. The movement of soil particles and the presence of a large amount of organic matter increases the concentration of several nutrients in the soil of ant nests, including nitrogen, phosphorus, and potassium. The effects on the soil physical structure, allied with the increase in the concentration of several nutrients and the use of fruits in the diet of poneromorph ants, act together to increase the diversity of plants in the surroundings of nests, as observed in forest environments. Hence, these ants play an important role in forest ecosystems, and their presence can be important for the diversity of other organisms associated with their nests and can affect the process of ecological succession. Therefore, the poneromorph ants that nest in the soil seem to be key elements to the maintenance of ecosystem functioning. However, it is still necessary to assess whether the changes made in the soil persist for long periods. Although the importance of the ecosystem engineers is broadly recognized, the consequences of their absence are still poorly understood. Further studies should assess the influence of the loss of the organisms that act as engineers in ecosystem functioning. As an example, several authors have observed that some plant species can be associated with ant nests, and the loss of these ant species could negatively affect plant assemblages, and generate negative cascade effects on ecosystems.

Introdução

Os engenheiros de ecossistemas são espécies que influenciam a disponibilidade de recursos para outros organismos através das alterações que causam no estado de materiais bióticos ou abióticos (JONES et al., 1994). Todavia, existem discussões sobre quais são os organismos que devem ser chamados de engenheiros de ecossistemas e até sobre o próprio conceito de engenharia de ecossistemas. Para Reichman e Seabloom (2002), como a maioria dos organismos influencia o ambiente em que vivem, muitas discussões sobre os engenheiros de ecossistemas são banalizadas por categorizar qualquer mudança física no ambiente como engenharia, sem qualificar a natureza e o alcance das influências. Para Wilby (2002), o conceito de engenharia de ecossistemas deve indicar que interações ecológicas, como a herbivoria, não devem ser consideradas como atividades de engenharia de ecossistemas.

Segundo Jones et al. (1994), os engenheiros de ecossistemas se dividem em autogênicos e alo-gênicos. Ainda segundo os autores, os engenheiros autogênicos modificam o ambiente onde vivem com suas próprias estruturas físicas, seus próprios tecidos vivos ou mortos, como as árvores, por exemplo. Já os engenheiros alo-gênicos provocam alterações no ambiente ao modificarem a matéria viva ou morta através de meios mecânicos ou outros, como os castores e algumas formigas (JONES et al., 1994).

As árvores são exemplos de engenheiros autogênicos, pois suas estruturas criam habitats para diversos outros organismos (REIS; FONTOURA, 2009; BONNET et al., 2010; JUNQUEIRA et al., 2001). Uma boa parte da diversidade de animais e plantas provavelmente não existiria sem os habitats criados pelas estruturas das árvores. As plantas também agem como engenheiras de ecossistemas através da deposição de material morto (folhas, galhos, flores etc) sobre o solo, criando micro-habitats para diversos organismos e permitindo que outras espécies encontrem recursos importantes para viver (VARGAS et al., 2007). Já as algas dos gêneros *Porolithon* e *Lithophyllum* diminuem a força da água e protegem corais contra a ação das ondas, efeito conseguido com seu próprio corpo e pela cimentação de detritos (ANDERSEN, 1992). Moluscos também podem ser engenheiros de ecossistemas, pois suas conchas afetam a estrutura de habitats bentônicos por alterar sua heterogeneidade, influenciando a disponibilidade de recursos

para outros organismos. As conchas produzidas pelos moluscos podem ser utilizadas por outros organismos como refúgio contra predação, extremos de temperatura e a força da água (GUTIERREZ et al., 2003).

O ser humano é provavelmente o mais importante engenheiro alo-gênico, mas diversas outras espécies também têm essa característica. Herbívoros afetam a vegetação de várias maneiras, envolvendo tanto o efeito trófico quanto em outros tipos de interações. Wilby et al. (2001), em estudo realizado em Israel, observaram que a espécie *Hystrix indica* Kerr (Rodentia) (porco-espinho) escava o solo em busca de alimento, abrindo covas que acumulam sementes e outros materiais orgânicos e por isso contribui para o aumento da biomassa e riqueza de espécies de plantas nas covas. Já *Castor canadensis* Kuhl (Rodentia) (castor) corta troncos de árvores e utiliza para represar cursos de água, criando lagos. Wright et al. (2002) observaram, em estudo realizado nos Estados Unidos da América, que *C. canadensis* altera a distribuição e abundância de muitos organismos, inclusive aumentando o número de espécies de plantas herbáceas em cerca de 33%, quando comparado com áreas sem histórico de ocupação por castores.

Diversos insetos também são apontados como engenheiros de ecossistemas. Lill e Marquis (2003) e Vieira e Romero (2013), por exemplo, constataram que abrigos confeccionados por lagartas de lepidópteros em folhas são utilizados por diversas outras espécies de artrópodes, aumentando a riqueza e abundância de organismos nas plantas. Algumas espécies de cupins (Isoptera), ao construírem seus ninhos, influenciam as características do solo, afetando a disponibilidade de recursos para as plantas. Além disso, seus ninhos servem como abrigo para vários outros animais (ROSA, 2008). As formigas, por sua vez, possuem a capacidade de alterar as propriedades físicas e químicas do solo e podem influenciar a abundância e riqueza de diversos grupos de organismos (KING, 1977; FARJI-BRENER; GHERMANDI, 2000; NKEM, 2000; SCHULTZ; MCGLYNN, 2000; PASSOS; OLIVEIRA, 2004).

Formigas como engenheiras de ecossistemas

As formigas podem nidificar sobre plantas e na serapilheira, dentro de galhos e frutos e entre folhas e cascas de árvores (SOARES; SCHORDERER, 2001; GOMES et al., 2013). Todavia,

muitas espécies constroem ninhos no solo, local onde a rainha e a prole são mantidas sob proteção em câmaras subterrâneas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). O ninho construído no solo é uma estrutura defensiva contra inimigos naturais. Além disso, protege as formigas contra intempéries e mantém condições de temperatura e umidade favoráveis (SCHULTZ; MCGLYNN, 2000). Ao construir esses ambientes, com características diferenciadas em comparação com o meio externo, as formigas agem como engenheiros de ecossistemas, pois criam micro-habitats que podem ser utilizados por diversas espécies de animais e de outros organismos (JAFFÉ, 1993; GUTIERREZ et al., 2003). As formigas que constroem ninhos no solo podem ser classificadas como engenheiros de ecossistemas alogênicos, pois alteram o ambiente através de meios mecânicos e, assim, alteram a disponibilidade de recursos para outros organismos (JONES et al., 1994).

A influência que as formigas exercem sobre o solo ainda é pouco conhecida, incluindo os efeitos na textura, porosidade e densidade do solo, na ciclagem de nutrientes e nos processos hidrológicos (LOBRY DE BRUYN, 1999). Na construção dos ninhos, as formigas movem as partículas do solo com as mandíbulas (HOLE, 1981). O movimento das partículas do solo realizado pelas formigas, processo conhecido como bioturbação, afeta as características do solo, incluindo sua textura e a distribuição dos nutrientes (WANG et al., 1995). Assim, a avaliação dos efeitos das atividades das assembleias de formigas sobre as características do solo deve incluir a análise das taxas de bioturbação, que podem ser influenciadas pelas espécies que compõem a assembleia e pela densidade, tamanho e longevidade dos ninhos escavados no solo (LOBRY DE BRUYN, 1999). A quantidade de solo submetida à bioturbação é expressiva em vários ecossistemas, sendo de 350 a 420 Kg/ha/ano em uma estepe no sudeste da Austrália, por exemplo (BRIESE, 1982). Wang et al. (1995) constataram que a formiga *Lasius neoniger* Emery, uma das espécies da mirmecofauna mais abundante nas regiões temperadas da América do Norte, poderia revirar os 30 cm superiores do solo de uma área coberta por grama a cada 1.000 anos.

As consequências das atividades das formigas sobre a textura do solo são variadas e vão desde o enriquecimento de argila a um aumento de material grosseiro (LOBRY DE BRUYN, 1999). Para Nkem (2000), as atividades de bioturbação e

de forrageamento são duas das muitas maneiras que as formigas afetam as características do solo nos ninhos e em seu entorno. O autor observou em seu trabalho que o solo ao redor de montes de *Iridomyrmex greensladei* Shattuck, solos impactados pelas formigas, possuíam granulometria diferente dos locais não impactados pelas atividades. Já King (1977), comparando áreas de pastagem ao redor dos ninhos de *Lasius flavus* (F.) com ninhos da formiga, observou que os últimos apresentam um solo mais seco, com agregados menores, densidade menor e maiores extremos de temperatura.

As formigas que nidificam no solo também podem afetar a densidade de poros no solo. Seria esperado então que os canais ou galerias feitos pelas formigas contribuíssem para aumentar a aeração do solo e a infiltração da água, inclusive facilitando a recarga do lençol freático e diminuindo processos erosivos, através da diminuição do escoamento superficial. Também pode-se supor que os poros facilitariam o crescimento das raízes das plantas. Todavia, existem poucas evidências que confirmam esses fenômenos. Bioporos maiores que 1 mm de diâmetro têm sido apontados como responsáveis por esses benefícios (LOBRY DE BRUYN, 1999). Eldridge (1993) realizou estudo no semiárido da Austrália sob vegetação natural para avaliar a influência de ninhos de *Aphaenogaster barbigula* Wheeler sobre a infiltração da água. O estudo demonstrou que a água penetrou mais fundo no solo quando o diâmetro da entrada do ninho era maior. Lobry de Bruyn e Conacher (1994) constataram que os bioporos feitos por formigas em solos na Austrália possibilitaram que a infiltração da água fosse até seis vezes mais rápida. Já Denning et al. (1977) constataram que a condutividade do solo de ninhos de *Formica cinerea* Mayr é suficiente para a infiltração da precipitação máxima esperada durante um dia.

As formigas que constroem seus ninhos no solo alteram suas características ao revolvê-lo e ao levar material orgânico para sua alimentação no formigueiro (ALMEIDA, 2012). Briese (1982), estudando a assembleia de formigas de uma estepe no sudeste da Austrália, constatou que material animal e vegetal foi levado para os ninhos pelas formigas e misturado com o solo escavado, resultando no aumento da concentração de carbono, nitrogênio e fósforo na superfície do solo dos ninhos. Os resultados indicam que as atividades da mirmecofauna são importantes para a formação dos padrões de concentração de nutrientes do

solo. Nkem (2000) observou em seu trabalho que o solo ao redor de montes de *Iridomyrmex greensladei* Shattuck, solos impactados pelas formigas, apresentavam concentração de fósforo significativamente maior que os locais controle. Já Farji-Brenner; Ghermandi (2000) constataram que os solos em volta dos ninhos de *Acromyrmex lobicornis* Emery eram mais férteis e com maior capacidade de reter umidade do que os solos vizinhos. Culver e Beattie (1983) observaram algumas diferenças significativas entre o solo de ninhos de *Formica canadensis* Santschi e de locais sem ninho. Concentrações médias significativamente maiores de fósforo e potássio foram encontradas nos solos dos ninhos em comparação com solos de áreas sem ninho. Cammeraat et al. (2002) estudaram os efeitos da atividade de *Messor bouvieri* Bondroit sobre a fertilidade e propriedades estruturais do solo em um semiárido na Espanha. Observaram que o pH foi maior nos locais controle que nos ninhos e as concentrações de fósforo, magnésio, nitrogênio e potássio e a porcentagem de matéria orgânica foram maiores nos ninhos que em locais adjacentes, sendo que todas as diferenças foram significativas. Já Seaman e Marino (2003) encontraram concentração de nitrato significativamente maior nos montes de *Solenopsis invicta* Buren que em locais sem ninho. Também Folgarait et al. (2002) verificaram que os solos dos montes de *Camponotus punctulatus* Mayr foram mais férteis do que o solo vizinho. Todavia, existem trabalhos onde não é constatada a influência da assembleia de formigas nas características do solo. Gomes et al. (2010), por exemplo, observaram que os atributos do solo em ambientes de restinga sob diferentes coberturas vegetais, em Sergipe, eram mais influenciados pelas características da vegetação que pela composição da assembleia de formigas.

As formigas participam da decomposição da matéria orgânica na superfície do solo ou em câmaras dentro do solo (LOBRY DE BRUYN, 1999). Entretanto, o impacto das formigas sobre a ciclagem de nutrientes não é extensivamente documentado. Em um dos poucos estudos que investigaram diretamente essa questão, Petal e Kusinska (1994) analisaram as condições ambientais em ninhos de formigas e constataram que as condições no ninho eram favoráveis à mineralização da matéria orgânica.

Estudos recentes descobriram interações entre formigas e bactérias (SANTOS et al., 2004; STOLL et al., 2007), mas os efeitos dessas interações sobre as propriedades do solo ainda são

pouco conhecidos. Segundo Stadler et al. (2006), as formigas são conhecidas por modificar as propriedades físicas e químicas do solo e da serapilheira, especialmente nos seus ninhos. Os autores observaram que a atividade de *Formica polyctena* (Foerster), espécie dominante no estudo, tem um efeito sobre a atividade microbiana na camada de serapilheira, acelerando a decomposição.

Os resultados desses trabalhos demonstram que as formigas influenciam a disponibilidade de recursos para as plantas. Indicam também que os ninhos de algumas formigas podem ser locais mais propícios para o crescimento das plantas que locais sem ninhos, pois apresentam características favoráveis às plantas, como a maior fertilidade do solo.

Animais encontrados em ninhos de formigas poneromorfas

Dentre os animais que vivem nos ninhos de formigas, existem os que somente se aproveitam do habitat com condições relativamente constantes de temperatura e umidade (AGOSTI et al., 2000). Mas também existem espécies que se alimentam das formigas ou se aproveitam do seu trabalho, pois alguns roubam os alimentos das formigas ou fazem as formigas operárias lhes alimentar, sendo morfológicamente similares às formigas e possuindo odores parecidos com os das crias das formigas (JAFFÉ, 1993). Além disso, algumas espécies consomem os restos de alimento deixados pelas formigas ou os seus excrementos (JAFFÉ, 1993).

Vários animais são encontrados nos ninhos de formigas, principalmente artrópodes. Inclusive, existem algumas espécies de formigas que vivem nos ninhos construídos por outras espécies de formigas (VASCONCELLOS et al., 2004; PEIXOTO, 2006). Muitos artrópodes presentes nos ninhos são presas que foram capturadas pelas formigas (PEETERS et al., 1994; ANTONIALLI JR; GIANNOTTI, 2001). Como exemplo de presas encontradas nos ninhos pode-se citar cupins, dípteros, lepidópteros, aranhas, grilos, traças e outras formigas (ANTONIALLI JR; GIANNOTTI, 2001; PEETERS et al., 1994; VIEIRA et al., 2007). Por outro lado, muitas espécies são inquilinas (ANTONIALLI JR; GIANNOTTI, 2001; LAPOLA et al., 2003). Segundo Schultz; McGlynn (2000), artrópodes de vários táxons podem viver nos ninhos de formigas, incluindo Acari, Araeneae, Blattaria, Coleoptera, Collembola, Diptera, Diplopoda,

Homoptera, Hymenoptera, Isopoda, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera, Pseudoscorpionida, Psocoptera e Thysanura. Sanchez-Pinero; Gomez (1995) encontraram 23 táxons de artrópodes associados aos ninhos de *Messor bouvieri* Bondroit, incluindo Coleoptera, Neuroptera, Isopoda e Diplopoda. Segundo Jaffé (1993), além de invertebrados, como as aranhas, ácaros e coleópteros, espécies de vertebrados também são encontrados nos ninhos de formigas, pois existem espécies de cobras que

se alimentam de larvas de formigas e lagartixas e cobras que colocam ovos dentro dos ninhos.

Nos ninhos de formigas poneromorfas são encontradas diversas espécies de outros animais, que muitas vezes vivem nos ninhos como inquilinos (Tabela 29.I). Entre os táxons de animais que são encontrados com maior frequência nos ninhos de formigas poneromorfas estão Araneae, Gastropoda, Hemiptera, Isopoda, Isoptera, Orthoptera e outros Formicidae. Dez espécies de

TABELA 29.I – Organismos encontrados nos ninhos de formigas poneromorfas e a sua relação com elas

Espécies de formigas	Organismos encontrados nos ninhos	Relação	Referência
<i>Dinoponera lucida</i>	Araneae	Inquilino	Peixoto, 2006
	Chilopoda	Inquilino	
	Diplopoda	Inquilino	
	Gastropoda	Inquilino	
	Isopoda	Inquilino	
	Orthoptera	Inquilino	
	Formicidae: <i>Pheidole</i> sp.	Inquilino	
	Formicidae: <i>Dolichoderus imitator</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Neoponera unidentata</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Strumigenys elongata</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Gnamptogenys acuminata</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Mayaponera constricta</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Rasopone arhuaca</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Neoponera venusta</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Sericomyrmex</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Solenopsis virulens</i>	Inquilino	
<i>Dinoponera quadriceps</i>	Araneae: <i>Abapeba</i>	Inquilino	Vasconcellos et al., 2004
	Isoptera: <i>Embiratermes parvirostris</i>	Inquilino	
	Isoptera: <i>Anoplotermes</i>	Inquilino	
	Isoptera: <i>Aparatermes</i>	Inquilino	
	Gastropoda: <i>Leptinaria</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Pheidole</i>	Inquilino	
<i>Ectatomma edentatum</i>	Hemiptera: Cydnidae	Inquilino	Antoniali Jr. e Giannotti, 2001
	Formicidae: Myrmicinae	Inquilino/ Presa	
	Coleoptera: Anobiidae	Inquilino	
	Larvas de Diptera	Presa	
	Larvas de Lepidoptera	Presa	
	Isoptera: Termitidae	Inquilino/ Presa	
<i>Ectatomma brunneum</i>	Araneae	Presa	Lapola et al., 2003
	Isopoda	Inquilino	
<i>Ectatomma vizottoi</i>	Ácaros	Inquilino	Vieira et al., 2007
	Artrópodes	Presas	
	Isopoda	Inquilino	
<i>Harpegnathos saltator</i>	Diplopoda	Inquilino	Peeters et al., 1994
	Orthoptera	Presa	
	Traças	Presa	
	Araneae	Presa	
	Isopoda	Inquilino	
	Larvas de Diptera: Milichiidae	Inquilino	
<i>Leptogenys distinguenda</i>	Gastropoda: <i>Allopeas myrmekophilos</i>	Inquilino	Witte et al., 2002
<i>Pachycondyla striata</i>	Blattaria	Presa	Silva-Melo e Giannotti 2010
	Formicidae: <i>Solenopsis saevissima</i>	Inquilino	
	Formicidae: <i>Hypoponera</i> sp.	Inquilino	
	Larvas de Coleoptera	Inquilino	
	Diplopoda: <i>Pseudonannolene tricolor</i>	Inquilino	
	Isoptera: <i>Anoplotermes</i> sp.	Inquilino	

formigas foram encontradas como inquilinas em ninhos de *Dinoponera lucida* Emery, além de outros grupos de artrópodes e um gastrópode (PEIXOTO, 2006). Em ninhos de *Dinoponera quadriceps* Santschi também foram encontrados espécimes de Gastropoda (*Leptinaria*), além de três gêneros de Isopoda, um de Araneae e um de Formicidae, do gênero *Pheidole* (VASCONCELLOS et al., 2004). Witte et al. (2002) constataram que *Allopeas myrmekophilos* Janssen (Gastropoda, Pulmonata) produz uma substância que atrai a formiga *Leptogenys distinguenda* (Emery), que carrega os gastrópodes para o seu ninho. Peeters et al. (1994) encontraram isópodes e larvas de Diptera vivendo como inquilinos em ninhos de *Harpegnathos saltator* Jerdon.

Em ninhos de *Ectatomma edentatum* Roger foram encontrados hemípteros (Cydnidae), coleópteros, cupins e uma espécie de formiga da subfamília Myrmicinae vivendo como inquilinos (ANTONIALLI JR; GIANNOTTI, 2001). Hemípteros da família Cydnidae também foram observados nos ninhos de *Ectatomma opaciventre* Roger vivendo como inquilinos e são considerados não palatáveis pelas formigas em função de suas glândulas de odores, que são repulsivos (ANTONIALLI JR; GIANNOTTI, 1997). Cabe ressaltar que hemípteros da família Cydnidae também foram observados como inquilinos em formigueiros de *Acromyrmex rugosus* (F. Smith) (SOARES et al., 2006). Nos ninhos de *Ectatomma brunneum* F. Smith os inquilinos encontrados foram os isópodes e ácaros (LAPOLA et al., 2003) e nos ninhos de *Ectatomma vizottoi* Almeida foram isópodes e diplópodes (VIEIRA et al., 2007).

Assim, as formigas poneromorfas que nidificam no solo criam habitats para outras espécies de animais, especialmente outros artrópodes. Desse modo, suas atividades se tornam importantes para a manutenção da biodiversidade.

Efeitos das formigas poneromorfas sobre as propriedades físicas e químicas do solo

As formigas poneromorfas constroem seus ninhos principalmente no solo, embora algumas possam fazer em troncos caídos, na serapilheira e em árvores (JIMÉNEZ et al., 2007). Os ninhos não possuem estrutura muito complexa e as câmaras mais profundas de espécies de *Pachycondyla* e *Ectatomma* podem estar a cerca de 1 metro da superfície (e.g. ANTONIALLI JR; GIANNOTTI,

2001; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2009). Na construção dos ninhos, cada colônia de *P. striata* pode revolver, em média, 1,26 kg de solo de floresta (N=3) (SILVA-MELO; GIANNOTTI, 2010; PORTUGAL et al., 2010). Levando-se em conta que um hectare de floresta pode ter até 172 colônias (ALMEIDA, 2012), isso daria 216 kg/ha de solo revolvido por uma única espécie. Ao revolver o solo para construção dos ninhos, as formigas poneromorfas alteram sua estrutura. Passos e Oliveira (2004), por exemplo, constataram que a penetrabilidade do solo sobre ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) foi maior que em locais sem ninho.

A dieta de formigas poneromorfas pode ser bem variada; no entanto, alguns autores se referem às poneromorfas como formigas caçadoras (JÍMENEZ et al., 2007). De fato, muitas espécies de poneromorfas atuam como predadores, mas em alguns casos bem documentados, espécies de poneromorfas são vistas muito mais vezes agindo como coletoras do que como predadores (MEDEIROS; OLIVEIRA, 2009). Os itens alimentares coletados por essas formigas são principalmente artrópodes mortos, mas elas também podem coletar material vegetal. A coleta de frutos e sementes por *Pachycondyla striata* e *Odontomachus chelifer* é muito bem documentada (PASSOS; OLIVEIRA, 2002, 2004; ALMEIDA et al., 2013). Talvez o melhor fosse se referir às poneromorfas como formigas caçadoras e coletoras, ao invés de apenas caçadoras. O transporte para os ninhos e o processamento desses alimentos podem influenciar as características químicas e físicas dos solos dos ninhos. Além disso, o transporte de frutos e sementes pode facilitar a germinação e aumentar o recrutamento de plântulas sobre os ninhos ou nos arredores (PASSOS; OLIVEIRA, 2002, 2004).

Poucas espécies de formigas poneromorfas já foram estudadas em relação aos seus efeitos sobre a química do solo. Amostras de solo retiradas de ninhos de *Pachycondyla striata* encontrados em floresta de restinga no litoral paulista revelaram maiores concentrações de nitrogênio, fósforo, boro e ferro do que solos vizinhos (PASSOS; OLIVEIRA, 2002). Amostras de solo retiradas no mesmo local, mas de ninhos de *O. chelifer*, apresentaram concentrações significativamente maiores de cálcio, fósforo, potássio e matéria orgânica (PASSOS; OLIVEIRA, 2004). Além disso, houve menor concentração de alumínio e maior pH nessas amostras.

Os efeitos sobre a estrutura física do solo, aliado ao aumento das concentrações de vários

nutrientes e o uso de frutos na dieta pelas formigas poneromorfas podem agir em conjunto para aumentar a diversidade de plantas nos arredores dos ninhos, como observado em ambientes de floresta (ALMEIDA, 2012). Sendo assim, essas formigas adquirem papel relevante em ecossistemas de florestais e sua ausência pode retardar o processo de sucessão ecológica.

Perspectivas de estudos sobre formigas como engenheiras de ecossistemas

Existem poucos estudos que descrevem a influência dos engenheiros de ecossistemas em diferentes habitats (LILL; MARQUIS, 2003). Contudo, é possível que algumas questões sejam mais relevantes no momento e devem ser priorizadas como objeto de estudo. Uma dessas questões é apontada por Reichman; Seabloom (2002), que mencionam que a alteração física do meio ambiente realizada por organismos é generalizada, então as pesquisas mais produtivas neste momento teriam o objetivo de quantificar a força destas interações em sistemas ecológicos. Os autores sugerem investigar a existência de sistemas em que os impactos dos engenheiros de ecossistemas são particularmente fortes ou persistentes. No caso das formigas, estudos podem ser desenvolvidos com o intuito de avaliar se as alterações provocadas no solo são significativas nos ecossistemas e se perduram por longos períodos.

Pelas atividades dos engenheiros de ecossistemas aumentarem a complexidade estrutural do ambiente, esses organismos são apontados como importantes para a manutenção da diversidade biológica em vários habitats (WRIGHT et al., 2002). Todavia, os estudos sobre a importância desses organismos para a conservação da biodiversidade são escassos. A maioria dos trabalhos aborda os efeitos no ambiente físico e como esses efeitos influenciam as comunidades bióticas, mas não avaliam os efeitos negativos que podem ser gerados caso os engenheiros de ecossistemas sejam extintos de seus respectivos habitats. Assim, também são necessários estudos que avaliem a influência da perda de engenheiros de ecossistemas sobre a biodiversidade. Diversos autores observaram que certas espécies de plantas podem estar associadas a ninhos de formigas (KING, 1977; CULVER; BEATTIE, 1983; FOLGARAIT et al., 2002). A perda de espécies de formigas pode, então, afetar negativamente as assembleias de plantas e ocasionar a perda de biodiversidade.

Referências

- AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO L. E.; SHULTZ, T. R. 2000. **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 2000. 280p.
- ALMEIDA, F. S. **Formigas Como Engenheiras de Ecossistemas: Influência Sobre as Características Químicas do Solo e a Distribuição de Sementes e Plantas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012. 69p.
- ALMEIDA, F. S.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. The Importance of poneromorph ants for seed dispersal in altered environments. **Sociobiology**, v. 60, p. 229-235, 2013.
- ANDERSEN, R. A. Diversity of eukaryotic algae. **Biodiversity and Conservation**, v. 1, p. 267-292, 1992.
- ANTONIALI JR., W. F.; GIANNOTTI, E. Nest architecture and population dynamics of the Ponerinae ant *Ectatomma opaciventre* Roger (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Advanced Zoology**, v. 18, p. 64-71, 1997.
- ANTONIALI JR., W. F.; GIANNOTTI, E. Nest architecture and population dynamics of the Ponerine ant *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera, Formicidae). **Sociobiology**, v.38, 2001.
- BONNET, A.; CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; KOZERA, C. Diversidade e distribuição espacial de bromeliáceas epifíticas do altíssimo rio Tibagi – Paraná – Brasil. **Floresta**, v. 40, p. 71-80, 2010.
- BRIESE, D. T. The effect of ants on the soil of a semi-arid saltbush habitat. **Insectes Sociaux**, v. 29, p. 375-386, 1982.
- CAMMERAT, L. H.; WILLOTT, S. J.; COMPTON, S. G.; INCOLL, L. D. The effects of ants' nest on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain. **Geoderma**, v. 105, p. 1-20, 2002.
- CULVER, D. C.; BEATTIE, A. J. Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. **Ecology**, v. 64, p. 485-492, 1983.
- DENNING, J. L.; HOLE, F. D.; BOUMA, J. Effects of *Formica cinerea* on a wetland soil on West Blue Mound, WI. In: DEWIT, C. B.; SOLOWAY, E. (Eds.). **Wetlands Ecology: Values and Impacts**. Madison: Proc. Waubesa Conf. on Wetlands. University of Wisconsin, Madison, 1977. p. 276-287.

- ELDRIDGE, D. J. 1993. Effect of ants on sandy soils in semi-arid eastern Australia – local distribution of nest entrances and their effect on infiltration water. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, p. 509-518, 1993.
- FARJI-BRENER, A. G.; GHERMANDI, L. 2000. Influence of nests of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. **Journal of Vegetation Science**, v. 11, p. 453-460, 2000.
- FOLGARAIT, P. J.; PERELMAN, S.; GOROSITO, N.; PIZZIO, R.; FERNANDEZ, J. Effects of *Camponotus punctulatus* ants on plant community composition and soil properties across land-use histories. **Plant Ecology**, v. 163, p. 1-13, 2002.
- GOMES, D. S.; ALMEIDA, F. S.; VARGAS, A. B.; QUEIROZ, J. M. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 103, p. 104-109, 2013.
- GOMES, J. B. V.; BARRETO, A. C.; MICHEREFF FILHO, M.; VIDAL, W. C. L.; COSTA, J. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURTI, N. Relações entre atributos do solo e atividades de formigas em restingas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 67-78, 2010.
- GUTIERREZ, J. L.; JONES, C. G.; STRAYER, D. L.; IRIBARNE, O. O. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. **Oikos**, v. 101, p. 79-90, 2003.
- HOLE, F. D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v. 25, p. 75-112, 1981.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press, 1990. 733 p.
- JAFFÉ, K. **El mundo de las Hormigas**. Maracay: Editorial Equinoccio, 1993. 188p.
- JIMÉNEZ E.; FERNÁNDEZ F.; ARIAS T.M.; LOZANO-ZAMBRANO F. H. 2007. **Sistemática, Biogeografía y Conservación de las Hormigas Cazadoras de Colombia**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007. 622 p.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p. 373-386, 1994.
- JUNQUEIRA, L. K.; DIEHL, E.; DIEHL-FLEIG, E. 2001. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) visitantes de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 161-164, 2001.
- KING, T. J. The plant ecology of ant-hills in calcareous grassland: I. patterns of species in relation to ant-hills in southern England. **The Journal of Ecology**, v. 65, p. 235-256, 1977.
- LAPOLA, D. M.; ANTONIALLI JÚNIOR, W. F.; GIANNOTTI, E. Arquitetura de ninhos da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae) em ambientes alterados. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.177-188, 2003.
- LILL, J. T., MARQUIS, R. J. Ecosystem engineering by caterpillars increases insect herbivore diversity on white oak. **Ecology**, v. 84, p. 682-690, 2003.
- LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 425-441, 1999.
- LOBRY DE BRUYN, L. A.; CONACHER, A. J. The effect of ant biopores on water infiltration in soils in undisturbed bushland and in farmland in a semi-arid environment. **Pedobiologia**, v. 38, p. 193-207, 1994.
- MEDEIROS, F. N. S.; OLIVEIRA, P. S. Season-dependent foraging patterns: case study of a Neotropical forest-dwelling ant (*Pachycondyla striata*; Ponerinae). In: STEFAN JARAU; MICHAEL HRNCIR. (Org.). **Food Exploitation by Social Insects: Ecological, Behavioral, and Theoretical Approaches**. Boca Raton: Taylor; Francis Group, 2009. p. 81-95.
- NKEM, J. N.; LOBRY DE BRUYN, L. A.; GRANT, C. D.; HULUGALLE, N. R. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. **Pedobiologia**, v. 44, p. 609-621, 2000.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 517-528, 2002.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. **Oecologia**, v. 139, p. 376-382, 2004.
- PEETERS, C.; HÖLLDOBLER, B.; MOFFETT, M.; MUSTHAK ALI, T.M. "Wall-papering" and elaborate nest architecture in the ponerine ant *Harpegnathos saltator*. **Insectes Sociaux**, v. 41, p. 211-218, 1994.
- PEIXOTO, A.V. **Conhecimento Sobre a Bioecologia e o Comportamento de *Dinoponera lucida*, Emery (Formicidae: Ponerinae)**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Biológicas, 2006. 77f.

- PETAL, J.; KUSINSKA, A. Fractional composition of organic matter in the soil of anthills and of the environment of meadows. **Pedobiologia**, v. 38, p. 493-501, 1994.
- PORTUGAL, A.F.; COSTA, O. D. V.; DA COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 575-585, 2010.
- REICHMAN, O. J.; SEABLOOM, E. W. Ecosystem engineering: a trivialized concept? Response from Reichman and Seabloom. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 17, p. 308, 2002.
- REIS, J. R. M.; FONTOURA, T. Diversidade de bromélias epífitas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Teimoso – Jussari, BA. **Biota Neotropica**, v.9, p. 73-79, 2009.
- ROSA, C. S. **Interações Entre Cupins (Insecta: Isoptera) e Termitófilos**. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa, Mestre em Ciências, 2008. 51p.
- SANCHEZ-PINERO; F.; GOMEZ, J. M. Use of ant-nest debris by darkling beetles and other arthropod species in an arid system in south Europe. **Journal of Arid Environments**, v. 31, p. 91-104, 1995.
- SANTOS, A. V.; DILLON, R. J.; DILLON, V. M.; REYNOLDS, S. E.; SAMUELS, R. I. Occurrence of the antibiotic producing bacterium *Burkholderia* sp. in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 239, p. 319-323, 2004.
- SCHULTZ, T. R.; MCGLYNN, T. P. The interactions of ants with other organisms. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO L.E.; SHULTZ, T.R. **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington and London, Smithsonian Institution Press, 2000. p. 35-44p.
- SEAMAN, R. E.; MARINO, P. C. Influence of mound building and selective seed predation by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) on an old-field plant assemblage. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 130, p. 193-201, 2003.
- SILVA-MELO, A.; GIANNOTTI, E. Nest architecture of *Pachycondyla striata* Fr. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae). **Insectes Sociaux**, v. 57, p. 17-22, 2010.
- SOARES, I. M. F.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SANTOS, A. A.; NASCIMENTO, I. C.; DELABIE, J. H. C. Caracterização de ninhos e tamanho de colônias de *Acromyrmex rugosus* (F. Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attini) em restingas de Ilhéus, BA, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 128-130, 2006.
- SOARES, S. M.; SCHOEREDER, J. H. Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in southeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 48, p. 280-286, 2001.
- STADLER, B.; SCHRAMM, A.; KALBITZ, K. Ant-mediated effects on spruce litter decomposition, solution chemistry, and microbial activity. **Soil Biology; Biochemistry**, v. 38, p. 561-572, 2006.
- STOLL, S.; GADAU, J.; GROSS, R.; FELDHAAR, H. Bacterial microbiota associated with ants of the genus *Tetraponera*. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 90, p. 399-412, 2007.
- VARGAS, A. B.; MAYHE-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; RAMOS, E. F. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 28-35, 2007.
- VASCONCELLOS, A.; SANTANA, G. G.; SOUZA, A. K. Nest spacing and architecture, and swarming of males of *Dinoponera quadricaps* (Hymenoptera, Formicidae) in a remnant of the Atlantic Forest in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 357-362, 2004.
- VIEIRA, A. S.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F.; FERNANDES, W.D. Modelo arquitetônico de ninhos da formiga *Ectatomma vizottoi* Almeida (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 489-493, 2007.
- VIEIRA, C.; ROMERO, G. Q. Ecosystem engineers on plants: indirect facilitation of arthropod communities by leaf-rollers at different scales. **Ecology**, v. 94, p. 1510-1518, 2013.
- WANG, D.; MCSWEENEY, K.; LOWERY, B.; NORMAN, J. M. Nest structure of ant *Lasius neoniger* Emery and its implications to soil modification. **Geoderma**, v. 66, p. 259-272, 1995.
- WILBY, A.; SHACHAK, M.; BOEKEN, B. 2001. Integration of ecosystem engineering and trophic effects of herbivores. **Oikos**, v. 92, p. 436-444, 2001.
- WILBY, A. Ecosystem engineering: a trivialized concept? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 17, p. 307, 2002.
- WITTE, V.; JANSSEN, R.; EPPENSTEIN, A.; MASCHWITZ, U. *Allopeas myrmekophilos* (Gastropoda, Pulmonata), the first myrmecophilous mollusk living in colonies of the ponerine army ant *Leptogenys distinguenda* (Formicidae, Ponerinae). **Insectes Sociaux**, v. 49, p 301-305, 2002.
- WRIGHT, J. P.; JONES, C. G.; FLECKER, A. S. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. **Oecologia**, v. 132, p. 96-101, 2002.