

Ninhos de *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo na Mata Atlântica?

Marina V. de Oliveira¹ <https://orcid.org/0000-0003-0226-3165>
Eder Cleyton B. de França² <https://orcid.org/0000-0002-5158-5358>
Rodrigo M. Feitosa³ <https://orcid.org/0000-0001-9042-0129>
Maria Elizabeth F. Correia⁴ <https://orcid.org/0000-0003-1919-6659>
Jarbas M. Queiroz² <https://orcid.org/0000-0002-4175-1834>

1. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rod. BR-465, Km 7, 23890-000 Seropédica, RJ, Brasil. (marinav.deoliveira@gmail.com)
2. Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR-465, Km 7, 23890-000 Seropédica, RJ, Brasil.
3. Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, Jardim América, 81531-970, Curitiba, PR, Brasil.
4. Laboratório de Fauna do Solo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/Agrobiologia, Rod. BR-465, Km 7, 23891-000, Seropédica, RJ, Brasil.

Recebido 10 abril 2017

Aceito 23 março 2018

Publicado 11 June 2018

DOI 10.1590/1678-4766e2018009

ABSTRACT. Can nests of *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) affect the structure of soil arthropods assemblage in Atlantic Forest? Leaf-cutting ants are considered dominant herbivores in the Neotropical region and, therefore, the studies about their multiple effects on other organisms and ecosystem process are relevant. The present study aims to determine if *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) nests can affect the soil arthropods assemblage structure in an Atlantic forest fragment. Also, so as to determine the probable mechanisms that explain a possible modification in the arthropods fauna structure were tested two hypothesis: I) Litter Hypothesis: *A. sexdens* reduce the litter availability in the nest proximities; II) Abiotic Factors Hypothesis: *A. sexdens* modifies the microclimatic conditions around of its nidification site, producing a increasing of temperature and luminosity and reduction in relative air humidity. The study was conducted at the Reserva Ecológica de Guapiaçu, near Rio de Janeiro city, Brazil. We collected litter samples, at intervals of eight meters from edge of *A. sexdens* nests, along a linear transect of 32 meters, for the extraction of arthropods assemblage and to study the litter structure. We also measured the air and soil temperature, the luminosity and the air relative humidity where we collected the litter samples. We didn't detect any effect of nest presence on richness, abundance and composition of soil arthropods in the forest fragment studied. Probably, these result was influenced because of *A. sexdens* nests studied don't affect the litter availability and the microclimatic conditions around them. Thus, we conclude that the multiple effects that leaf-cutting ants can have on forest may be species dependent.

KEYWORDS. Leaf-cutting ants, ecosystem engineers, soil fauna.

RESUMO. As formigas-cortadeiras são consideradas os herbívoros dominantes da Região Neotropical e, portanto, estudos a respeito dos seus múltiplos efeitos sobre outros organismos e processos ecossistêmicos são relevantes. O presente estudo tem como objetivo determinar se ninhos de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo em um fragmento de Mata Atlântica. Além disso, a fim de determinar os prováveis mecanismos que explicam a possível modificação na estrutura da fauna de artrópodes, foram testadas duas hipóteses: I) Hipótese da Serrapilheira: *A. sexdens* reduz a disponibilidade de serrapilheira nas proximidades do ninho; II) Hipótese dos Fatores Abióticos: *A. sexdens* modifica as condições microclimáticas ao redor do seu sítio de nidificação causando aumento da temperatura e luminosidade e redução da umidade relativa do ar. O estudo foi conduzido na Reserva Ecológica de Guapiaçu, junto à cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Coletamos amostras de serrapilheira a intervalos de oito metros da borda dos ninhos de *A. sexdens*, ao longo de um transecto linear de 32 metros, para extração da assembleia de artrópodes e para estudar a estrutura da serrapilheira. Também medimos as temperaturas do ar e do solo, a luminosidade e a umidade relativa do ar onde coletamos as amostras de serrapilheira. Não detectamos qualquer efeito da presença do ninho sobre a riqueza, abundância e composição de artrópodes do solo no fragmento florestal estudado. Esse resultado foi provavelmente influenciado pelo fato de que os ninhos de *A. sexdens* estudados não afetam a disponibilidade de serrapilheira e as condições microclimáticas ao seu redor. Assim, concluímos que os múltiplos efeitos que as formigas-cortadeiras podem ter em uma floresta devem ser dependentes da espécie.

PALAVRAS-CHAVE. Formigas-cortadeiras, engenheiros de ecossistemas, fauna de solo.

Nas florestas tropicais grande quantidade da biomassa vegetal viva torna-se matéria orgânica morta (MOM) (FITTKAU & KLINGE, 1973; ORGIAZZI *et al.*, 2016), que sustenta uma abundante e rica teia alimentar composta pelos invertebrados do solo e micro-organismos (Teia Alimentar

Marrom – TAM) (*sensu* KASPARI & YANOVIK, 2009). Embora os solos das florestas tropicais possuam elevada acidez e baixa carga nutricional, essas características são compensadas pela eficiente reciclagem de nutrientes executada em sua grande parte pelos organismos da TAM (TONHASCA JR., 2005). Esse

processo contribui para a manutenção das florestas tropicais, que embora sejam detentoras de grande diversidade vegetal, também são muito ameaçadas pelos impactos humanos (MYERS *et al.*, 2000). Desta forma, estudos sobre a abundância e diversidade de organismos que compõem a TAM são de relevante importância para compreensão dos processos de ciclagem de nutrientes nesses ecossistemas (LAVELLE, 1997).

As formigas-cortadeiras, gêneros *Atta* Fabricius, 1804 e *Acromyrmex* Mayr, 1865 (Formicidae: Myrmicinae), destacam-se por seus impactos sobre a comunidade vegetal (DELLA & SOUZA, 2011), sendo consideradas como os herbívoros dominantes na Região Neotropical (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). No entanto, as formigas-cortadeiras não são importantes apenas sob a ótica da herbivoria, visto que atuam nos ecossistemas de formas múltiplas, inclusive como engenheiros de ecossistemas (LEAL *et al.*, 2014). Organismos considerados engenheiros de ecossistemas são definidos como os organismos que direta ou indiretamente modulam a disponibilidade de recursos por modificá-los física e/ou quimicamente (JONES *et al.*, 1994).

As atividades das formigas-cortadeiras como engenheiras de ecossistemas incluem a remoção de plantas e de serrapilheira na superfície do ninho (STEPHAN *et al.*, 2015), fator que influencia no estabelecimento das espécies vegetais (MOLOFSKY & AUGSPURGER, 1992). Em estudos com ninhos de *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) (Formicidae: Myrmicinae), registrou-se diminuição significativa na quantidade de serrapilheira dos pontos mais distantes aos mais próximos do ninho (MEYER *et al.*, 2013). As formigas-cortadeiras também podem ser responsáveis pela alteração do ambiente microclimático ao redor do ninho. Ao reduzir a biomassa foliar das plantas, alteram a entrada de luz no sub-bosque da floresta, conforme detectado por MEYER *et al.* (2011) em estudo com ninhos de *A. cephalotes*. Na literatura há indícios de que essas alterações interferem na estrutura da comunidade vegetal (FARJI-BRENER & ILLES, 2000), no entanto, não há clareza no que diz respeito como a assembleia dos demais artrópodes do solo responde a essas alterações.

Dentre as espécies de formigas-cortadeiras do gênero *Atta*, *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Formicidae: Myrmicinae) se destaca pela sua abundância e ampla distribuição no Brasil. *Atta sexdens* apresenta distribuição neotropical, estendendo-se desde o México e América Central até o Paraguai, e assim como as demais espécies do gênero, constrói ninhos grandes e repletos de câmaras no solo (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Em relação aos seus impactos, os ninhos influenciam as propriedades físicas e químicas do solo, uma vez que há diminuição da resistência do solo à penetração e aumento de sua macroporosidade, bem como aumento da concentração de nutrientes, particularmente nas regiões das câmaras de refugio, fatores que interagem de forma benéfica com a comunidade vegetal (MOUTINHO *et al.*, 2003).

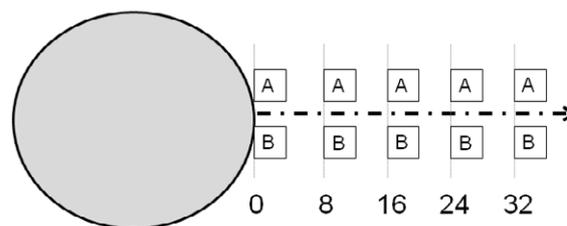
O presente estudo tem como objetivo determinar se ninhos de *A. sexdens* podem afetar a estrutura da assembleia de artrópodes do solo em um fragmento de Mata Atlântica. Além disso, a fim de determinar os prováveis mecanismos que explicam a possível modificação na estrutura da fauna

de artrópodes, foram testadas duas hipóteses: I) Hipótese da Serrapilheira: *A. sexdens* reduz a disponibilidade de serrapilheira nas proximidades do ninho, o que alteraria a estrutura da assembleia de artrópodes, visto que a serrapilheira serve como fonte de alimento e habitat para nidificação (ORGIAZZI *et al.*, 2016); II) Hipótese dos Fatores Abióticos: *A. sexdens* modifica as condições microclimáticas ao redor do seu sítio de nidificação (MEYER *et al.*, 2011), causando um aumento da temperatura e luminosidade e uma redução da umidade relativa do ar, o que afetaria a estrutura da assembleia de artrópodes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e coleta de dados. O estudo foi conduzido na Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), situada no município de Cachoeiras de Macacu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (22°27'14.8608"S, 42°46'12.9678"W). A vegetação da reserva consiste em uma floresta ombrófila permeada por algumas áreas de pastagens sob atividades de restauração florestal; sua formação estende-se desde "formação de Terras baixas" à "formação Montana", devido ao gradiente altitudinal local, que varia de 30 m a 2.000 m (VELOSO *et al.*, 1991). A temperatura média da região é 23,1 °C, enquanto a pluviosidade anual é 1.307 mm (CLIMATE-DATE.ORG, 2015).

Durante o percurso de trilhas da reserva, selecionamos dez ninhos adultos e ativos de *A. sexdens*. Foram extraídas dez amostras pareadas de serrapilheira de 0,25 m² (totalizando 100 amostras) ao longo de um transecto linear de 32 m, sendo cada par de amostras coletado em intervalos de oito metros (totalizando cinco intervalos), a partir da borda do ninho (adaptação de MEYER *et al.*, 2013) (Fig. 1). No par de amostras, utilizamos a primeira amostra (Fig. 1, quadrados A) para a obtenção dos organismos, enquanto a segunda amostra objetivou a análise da serrapilheira (Fig. 1, quadrados B). Adicionalmente, em cada distância em que amostramos a serrapilheira, foram feitas medidas de luminosidade, temperatura do ar e do solo e umidade do ar,



BORDA DA FLORESTA

Fig. 1. Esquema representativo do experimento de avaliação do impacto dos ninhos de *A. sexdens* (Linnaeus, 1758) na Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ, Brasil. O círculo representa o ninho da espécie em estudo. Os quadrados (A e B) correspondem às dez amostras de serrapilheira de 0,25 m² a intervalos de 8 m a partir da borda do ninho (0, 8, 16, 24 e 32 m), dispostas ao longo de um transecto linear (seta tracejada).

sempre no mesmo intervalo de tempo. A fim de homogeneizar possíveis efeitos de borda, o transecto linear foi estabelecido paralelamente à borda da floresta ou interrupção na cobertura vegetal (clareira, córregos, por exemplo) mais próxima (*sensu* MEYER *et al.*, 2013) (Fig. 1). As amostras de serrapilheira, bem como das variáveis de luminosidade, temperatura e umidade foram obtidas no período de 2 a 9 de fevereiro de 2016.

Procedemos com a extração dos organismos amostrados em cada distância (total = 50 amostras) pelo método de Winkler (BESTELMEYER *et al.*, 2000). No laboratório, o material obtido foi triado, a partir do qual separamos as formigas dos outros artrópodes. As formigas foram morfoespeciadas, montadas, identificadas e depositadas nas Coleções Entomológicas Costa Lima (UFRRJ) e Padre Jesus Santiago Moure (UFPR). Posteriormente, consultando-se a literatura, categorizamos as espécies identificadas em guildas tróficas (SILVA & BRANDÃO, 2010; SUGUITURU *et al.*, 2015). As morfoespécies obtidas em cada amostra foram registradas como dados de presença e ausência. As espécies arborícolas amostradas foram excluídas das análises, visto que sua ocorrência se dá em galhos e folhas que eventualmente caem das árvores, não sendo representativas para os objetivos deste estudo, bem como espécies exóticas que podem ser provenientes de contaminação da amostra em laboratório, como *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793).

Para as amostras dos demais artrópodes, registramos a abundância dos organismos nos seguintes grupos taxonômicos: Araneae, Acari, Chilopoda, Collembola, Coleoptera (principalmente Staphylinidae), Diplopoda, Hemiptera, Isopoda, Opiliones, Pseudoscorpionida e Symphyla. Os dípteros adultos foram desconsiderados por eventuais contaminações durante a preparação e triagem das amostras. Os isópteros (Blattodea: Isoptera) foram contabilizados como dados de presença e ausência. Os demais artrópodes não classificados nos grupos anteriormente mencionados foram registrados em 'Outros'. Os grupos taxonômicos foram baseados na classificação de ORGIAZZI *et al.* (2016).

Após coletarmos as amostras de serrapilheira nas distâncias supracitadas (N = 50), as armazenamos individualmente em sacos de papel identificados (ninho-distância). Em laboratório, secamos as amostras em estufas a 60 °C durante 48 horas e em seguida as acondicionamos em sacos pretos fechados, sendo retiradas apenas no instante da triagem, a fim de manter o material seco.

As medidas de análise da serrapilheira foram de natureza quantitativa e qualitativa. Na análise quantitativa, pesamos as amostras de serrapilheira, registrando o peso seco em gramas total e de cada uma de suas frações – folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e refugo (material muito particulado, que não permite caracterização). Adicionalmente na fração galhos, tomamos ao acaso dez galhos de cada amostra e registramos a abundância daqueles perfurados. Na análise qualitativa, foram analisadas as frações folhas e galhos, para a obtenção de dados de heterogeneidade. Na fração folhas, classificamos

as amostras em morfoespécies pelas características da forma e superfície do limbo, bem como tipo de nervura de cada folha. Cada morfoespécie vegetal somente pôde ser definida e contada dentro de cada amostra se as folhas apresentassem mais de 50% de sua superfície íntegra (*sensu* SILVA *et al.*, 2011). Na fração galhos, tomamos os mesmos dez galhos selecionados anteriormente de cada amostra e medimos seus diâmetros com um paquímetro digital.

Em cada ponto amostrado, medimos a intensidade de luz que chega ao solo, a temperatura e a umidade do ar, utilizando um termo-higrômetro e luxímetro digital portátil e a temperatura do solo com um termômetro digital (tipo espeto) a dois centímetros de profundidade da superfície. A fim de padronizar a amostragem, tomamos as medidas somente no período entre 9 horas e 11 horas da manhã e o registro dos dados foi feito após 10 segundos do acionamento do equipamento.

Análise de dados. Para o Teste do padrão geral da influência dos ninhos de *A. sexdens* sobre a assembleia de artrópodes, fizemos a análise com um modelo linear de efeitos mistos (CRAWLEY, 2007), utilizando o pacote NLME (PINHEIRO *et al.*, 2013). Para esse modelo, consideramos a distância como fator fixo, categórico e independente, o ninho como fator aleatório e as variáveis da assembleia de artrópodes como as variáveis dependentes. As variáveis da assembleia de artrópodes nesse modelo foram a abundância total de artrópodes e riquezas de grupos de artrópodes, de espécies de formigas, de gêneros e de guildas tróficas de formigas. Adicionalmente, testamos se havia diferença na composição da assembleia de artrópodes entre as distâncias, analisando as variáveis de composição de espécies, gêneros e guildas de formigas e composição de grupos de artrópodes, relacionando-as à variável independente distância em uma Análise de Similaridade (ANOSIM).

Na Hipótese da Serrapilheira, a fim de testar o efeito da distância dos ninhos de *A. sexdens* sobre a composição da serrapilheira, repetimos o procedimento acima descrito apenas mudando as variáveis dependentes. Neste caso, as variáveis dependentes relacionadas à serrapilheira incluem as “variáveis quantitativas da serrapilheira” – a massa de serrapilheira total (g), a massa de folhas (g), a massa de galhos (g), abundância relativa de galhos perfurados e as “variáveis qualitativas da serrapilheira” – a riqueza de folhas e o coeficiente de variação do diâmetro dos galhos (%).

Na Hipótese dos Fatores Abióticos, a fim de testar o efeito dos ninhos de *A. sexdens* sobre os fatores abióticos, repetimos o procedimento descrito anteriormente, alterando apenas as variáveis dependentes. Para este modelo, as variáveis abióticas fortemente correlacionadas (*sensu* FILHO & JÚNIOR, 2009) foram retiradas da análise. As variáveis dependentes foram a temperatura do ar e do solo (°C) e a luminosidade (Lux).

Os modelos mistos e a análise de Correlação de Pearson foram analisados no software R (versão 3.2.0; The R Foundation for Statistical Computing, 2015), enquanto a ANOSIM foi desenvolvida no software PAST (HAMMER *et al.*, 2001). Os dados foram testados quanto à homocedasticidade

das variâncias, através do teste de Bartlett e à normalidade dos resíduos, através do teste de Shapiro-Wilk. Por meio desses testes constatou-se que os dados provenientes de todas variáveis independentes testadas apresentaram variâncias homogêneas e distribuição normal e dessa forma optou-se pela realização de modelos lineares. Quando necessário, os dados foram transformados para atenderem às condições para as análises paramétricas (*sensu* GOTELLI & ELLISON, 2011).

RESULTADOS

Coletamos um total de 3.074 espécimes de artrópodes, exceto formigas e cupins (dados de presença e ausência), classificados em 12 táxons, sendo os mais abundantes, em ordem decrescente, Acari, Collembola, Isopoda e Diplopoda (Tab. I). Quanto às formigas, coletamos 63 morfoespécies, classificadas em 26 gêneros, sendo as mais frequentes, em ordem decrescente, *Solenopsis* sp. 1, *Strumigenys denticulata* Mayr, 1887, *Rogeria scobinata* Kugler, 1994 e *Solenopsis* sp. 3 (Tab. II). Das 32 espécies identificadas de formigas, 28 puderam ser classificadas de acordo com a sua guilda trófica – cultivadoras de fungo, onívoras ou predadoras, visto que nem todas as espécies têm sua ecologia conhecida (Tab. III).

No Teste do Padrão geral, obtivemos que os ninhos de *A. sexdens* não afetaram significativamente as variáveis de abundância, riqueza e composição da assembleia de artrópodes (Tabs IV, V), exceto a variável composição de gêneros de formigas ($R= 0,0809$, $p= 0,0153$; Tab. V). No entanto, ao explorar a substituição de gêneros em cada uma das distâncias, não encontramos qualquer padrão ecológico (distribuição de predadoras, gêneros exclusivos e mais frequentes em dada distância, etc.) que justificasse a diferença estatística encontrada.

No teste da Hipótese da Serrapilheira, verificamos que os ninhos de *A. sexdens* não afetaram significativamente a serrapilheira em qualquer de suas variáveis quantitativas ou qualitativas (Tab. VI). No teste da Hipótese dos Fatores Abióticos, os ninhos de *A. sexdens* não influenciaram

significativamente as variáveis abióticas de luminosidade e temperatura do solo, mas afetaram a variável de temperatura do ar, que apresentou temperatura significativamente menor na borda do ninho em relação ao interior da mata [distâncias (d) – d0: média= 28,41±1,52; d8: média= 29,20±1,67; d16: média= 29,55±1,53; d24: média=29,70±1,75; d32: média= 30,01±1,93] (Tab. VI).

DISCUSSÃO

A fauna de artrópodes do solo registrada exibiu padrões de abundância e riqueza similares a estudos anteriores em ambientes tropicais. Na assembleia de artrópodes, os grupos mais abundantes foram Acari e Collembola, que detiveram juntos a maior parcela da abundância total de artrópodes coletada (exceto formigas e cupins), assim como em outros estudos em florestas tropicais (aprox. 31% em BURGESS *et al.*, 1999; aprox. 91% em WIWATWITAYA & TAKEDA, 2005). Em relação às formigas, a riqueza de espécies superou o esperado com esforço similar (DELABIE *et al.*, 2000), colocando em questão a necessidade de amostras de 1 m², que implicam em um maior impacto de coleta sobre as assembleias locais e mais tempo para os procedimentos de triagem e preparação do material em laboratório. Ou então, que estaríamos diante de uma assembleia excepcionalmente rica em espécies. Quanto à diversidade funcional da mirmecofauna, das 28 espécies que puderam ser classificadas de acordo com suas guildas tróficas, 15 eram predadoras. Estudos apontam que a dominância dessa guilda parece estar relacionada à diversidade da comunidade vegetal, que propicia uma serrapilheira mais heterogênea e com maior abundância de presas (STAAB *et al.*, 2014). As formigas do gênero *Strumigenys* corresponderam a um terço da riqueza de predadoras amostrada, sendo *S. denticulata* a segunda espécie mais frequente nas amostras.

Ao testarmos o padrão geral do possível efeito dos ninhos de *A. sexdens* sobre a assembleia de artrópodes, não encontramos evidências de um efeito significativo e consistente dos ninhos sobre a assembleia de artrópodes em

Tab. I. Assembleia de artrópodes nas amostras em cinco distâncias a partir da borda dos dez ninhos de *A. sexdens* (Linnaeus, 1758) (valores totais), em ordem decrescente de abundância dos táxons, na Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ, Brasil. *O táxon Isoptera está representado em dados de ocorrência.

Táxons	Distâncias a partir da borda do ninho (m)					Total
	0	8	16	24	32	
Acari	308	292	382	298	302	1582
Collembola	85	96	126	77	48	432
Isopoda	14	32	63	42	15	166
Diplopoda	11	30	30	56	27	154
Outros Coleoptera	26	17	24	32	15	114
Araneae	24	17	27	17	24	109
Hemiptera	15	15	20	26	24	100
Pseudoscorpiones	28	10	22	18	9	87
Staphylinidae	5	10	13	7	1	36
(Coleoptera)						
Symphyla	2	2	8	15	4	31
Opiliona	0	4	1	1	1	7
Chilopoda	0	2	1	3	1	7
Outros	60	41	51	60	37	249
Total	578	568	768	652	508	3074
Isoptera*	3	2	2	1	1	9

Tab. II. Lista de ocorrência das morfoespécies da assembleia de formigas nas amostras em cinco distâncias a partir da borda dos ninhos de *A. sexdens* (Linnaeus, 1758), ordenada a partir das mais frequentes, Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ, Brasil.

Morfoespécies	Distâncias amostradas da borda no ninho (m)					Total
	0	8	16	24	32	
<i>Solenopsis</i> sp. 1	6	7	9	5	5	32
<i>Strumigenys denticulata</i>	2	6	5	6	2	21
<i>Rogeria scobinata</i>	2	4	2	4	2	14
<i>Solenopsis</i> sp. 3	3	1	3	3	3	13
<i>Hypoponera</i> sp. 1	0	2	3	4	2	11
<i>Pachycondyla striata</i>	2	0	3	3	1	9
<i>Solenopsis</i> sp. 2	3	2	1	2	1	9
<i>Hypoconera distinguenda</i>	2	2	1	2	0	7
<i>Wasmannia auropunctata</i>	2	0	2	1	2	7
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	0	1	1	0	4	6
<i>Carebara brevipilosa</i>	2	1	2	0	1	6
<i>Hypoconera</i> sp. 6	1	1	2	2	0	6
<i>Pheidole</i> sp. 1	1	2	1	2	0	6
<i>Nylanderia</i> sp. 2	1	0	2	2	0	5
<i>Strumigenys subdentata</i>	2	1	0	2	0	5
<i>Wasmannia affinis</i>	2	1	1	1	0	5
<i>Hypoconera</i> sp. 2	0	0	1	2	1	4
<i>Odontomachus opaciventris</i>	0	1	1	1	1	4
<i>Pheidole</i> aff. <i>flavens</i>	1	1	0	2	0	4
<i>Pheidole subarmata</i>	1	2	0	0	1	4
<i>Solenopsis</i> sp. 4	1	1	2	0	0	4
<i>Strumigenys eggers</i>	2	2	0	0	0	4
<i>Wasmannia lutzii</i>	0	1	0	1	2	4
<i>Cyphomyrmex</i> aff. <i>hamulatus</i>	0	0	1	2	0	3
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	1	0	1	1	0	3
<i>Gnamptogenys striatula</i>	0	0	0	1	2	3
<i>Anochetus mayri</i>	0	1	1	0	0	2
<i>Brachymyrmex</i> sp. 3	1	0	0	0	1	2
<i>Carebara</i> sp. 1	0	0	0	1	1	2
<i>Carebara urichi</i>	1	0	0	0	1	2
<i>Linepithema neotropicum</i>	0	0	1	1	0	2
<i>Mycocepurus smithii</i>	0	1	0	1	0	2
<i>Myrmicocrypta</i> sp. 1	1	0	0	0	1	2
<i>Odontomachus haematodus</i>	1	1	0	0	0	2
<i>Sericomyrmex</i> sp. 1	0	1	0	0	1	2
<i>Sericomyrmex</i> sp. 2	1	1	0	0	0	2
<i>Strumigenys</i> aff. <i>louisiane</i>	0	0	1	1	0	2
<i>Strumigenys</i> aff. <i>louisiane</i> 1	0	1	1	0	0	2
<i>Acanthognathus</i> aff. <i>brevicornis</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Acromyrmex niger</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Anochetus</i> sp. 1	0	0	1	0	0	1
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	0	0	0	1	0	1
<i>Brachymyrmex</i> sp. 4	0	0	0	0	1	1
<i>Camponotus renggeri</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Cyphomyrmex peltatus</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Cyphomyrmex strigatus</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Ectatoma permagnum</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Gnamptogenys mediatrice</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Hypoconera</i> sp. 3	1	0	0	0	0	1
<i>Hypoconera</i> sp. 4	0	0	0	1	0	1
<i>Hypoconera</i> sp. 5	1	0	0	0	0	1
<i>Megalomyrmex drifti</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Mycetarotes paralelus</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Myocephurus goeldii</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	0	0	1	0	0	1

Tab. II. Cont.

Morfoespécies	Distâncias amostradas da borda no ninho (m)					
	0	8	16	24	32	Total
<i>Nylanderia</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Octostruma rugifera</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Odontomachus meinerti</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole fimbriata</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Sericomyrmex</i> sp. 3	0	0	0	0	1	1
<i>Solenopsis</i> sp. 5	1	0	0	0	0	1
<i>Strumigenys elongata</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Strumigenys trinidadenses</i>	0	0	1	0	0	1

Tab. III. Lista de espécies da assembleia de formigas na Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ, Brasil e sua classificação quanto às guildas tróficas.

Espécies	Guilda trófica
<i>Anochetus mayri</i> Emery, 1884	Predadoras
<i>Carebara brevipilosa</i> Fernández, 2004	Predadoras
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)	Predadoras
<i>Gnamptogenys mediatrice</i> Brown, 1958	Predadoras
<i>Hypoponera distinguenda</i> (Emery, 1890)	Predadoras
<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961	Predadoras
<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	Predadoras
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	Predadoras
<i>Odontomachus opaciventris</i> Forel, 1899	Predadoras
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	Predadoras
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr, 1887	Predadoras
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	Predadoras
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863	Predadoras
<i>Strumigenys subdentata</i> Mayr, 1887	Predadoras
<i>Strumigenys trinidadensis</i> Wheeler, 1922	Predadoras
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	Onívoras
<i>Ectatoma permagnum</i> Forel, 1908	Onívoras
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	Onívoras
<i>Linepthea neotropicum</i> Wild, 2007	Onívoras
<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863	Onívoras
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	Onívoras
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	Onívoras
<i>Acromyrmex niger</i> Smith F., 1858	Cultivadoras de fungo
<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1966	Cultivadoras de fungo
<i>Cyphomyrmex strigatus</i> Mayr, 1887	Cultivadoras de fungo
<i>Mycetarotes paralellus</i> (Emery, 1906)	Cultivadoras de fungo
<i>Mycocetopus goeldii</i> Forel, 1893	Cultivadoras de fungo
<i>Mycocetopus smithii</i> (Forel, 1893)	Cultivadoras de fungo
<i>Octostruma rugifera</i> (Mayr, 1887)	?
<i>Rogeria scobinata</i> Kugler, 1994	?
<i>Wasmannia affinis</i> Santschi, 1929	?
<i>Wasmannia luzzi</i> Forel, 1908	?

qualquer dos parâmetros verificados. Apesar da composição de gêneros de formigas ter variado significativamente entre as distâncias, não conseguimos detectar qualquer padrão ecológico, como, por exemplo, evidência de especialização em micro-habitat (SILVA & BRANDÃO, 2010), que em nosso estudo corresponderia à predominância de determinados gêneros de formigas associados a uma distância específica. Observamos também que os gêneros restritos a dada distância em relação ao ninho são de baixa frequência; assim, não há como descartar que suas ocorrências tenham sido ao acaso. Ou ainda, que a ocorrência dos gêneros nessa configuração deva-se a outros fatores estruturadores de suas assembleias, como a competição (BEGON *et al.*, 2007), que não dependeriam da presença dos ninhos de *A. sexdens* para atuar.

A Hipótese da Serrapilheira, que testou o efeito dos ninhos de *A. sexdens* sobre a serrapilheira, não foi corroborada. Diferentemente do efeito obtido com ninhos de *A. cephalotes* (MEYER *et al.*, 2013), os ninhos de *A. sexdens* não afetaram a quantidade de serrapilheira em suas proximidades. Estudos indicam que as formigas-cortadeiras apresentam padrões distintos na construção de ninhos e no forrageamento, reduzindo diferentemente a serrapilheira (FORTI *et al.*, 2011). Um estudo que comparou a redução de serrapilheira por colônias de *A. cephalotes* e *A. sexdens* encontrou que enquanto *A. cephalotes* reduziu cerca de três vezes a quantidade de serrapilheira, *A. sexdens* a reduziu apenas cerca de 1,6 vezes, mas neste último caso não foi estatisticamente significativo (Francisco C. Lima Jr e Inara R. Leal, dados não publicados).

A segunda hipótese proposta, a Hipótese dos Fatores Abióticos, testou os efeitos dos ninhos de *A. sexdens* sobre condições abióticas e também não foi corroborada. Os ninhos não causaram variações significativas tanto na luminosidade quanto

Tab. IV. Teste do Padrão Geral. Resultados da análise com um modelo linear misto.

Fator Fixo	Fator Aleatório	Variáveis dependentes	Graus de Liberdade(1)	Graus de Liberdade(2)	F	p
Distância	Ninho	Abundância total de artrópodes	4	36	1,0407	0,3998
Distância	Ninho	Riqueza de grupos de artrópodes	4	36	0,7305	0,5771
Distância	Ninho	Riqueza de espécies de formigas (transformação raiz quadrada(dados+1))	4	36	1,4778	0,2293
Distância	Ninho	Riqueza de gêneros de formigas	4	36	0,9903	0,4253
Distância	Ninho	Riqueza de guildas de formigas(transformação raiz quadrada(dados+1))	4	36	0,5755	0,6822

Tab. V. Teste do Padrão Geral. Resultados da Análise de Similaridade (ANOSIM) considerando as variáveis de composição da assembleia de artrópodes na Reserva Ecológica de Guapiaçu, RJ, Brasil. Valores significativos ($p < 0,05$) estão em negrito.

Variável independente	Variáveis dependentes	R	p	Comparações par a par
Distância	Composição de grupos de artrópodes	0,0417	0,9366	–
Distância	Composição de espécies de formigas	0,0071	0,3899	–
Distância	Composição de gêneros de formigas	0,0809	0,0153	0x8: $p=0,1797$; 0x16: $p=0,7958$; 0x24: $p=0,2114$; 0x32: $p=0,1263$; 8x16: $p=0,5518$; 8x24: $p=0,33$; 8x32: $p=0,01$; 16x24: $p=0,6277$; 16x32: $p=0,0095$; 24x32: $p=0,0021$
Distância	Composição de guildas de formigas	0,0289	0,1486	–

Tab. VI. Testes da Hipótese da Serrapilheira e da Hipótese dos Fatores Abióticos. Resultados da análise com modelos lineares mistos. Valores significativos ($p < 0,05$) estão em negrito.

HIPÓTESE DA SERRAPILHEIRA						
Fator Fixo	Fator Aleatório	Variáveis dependentes	Graus de Liberdade(1)	Graus de Liberdade(2)	F	p
Distância	Ninho	Serrapilheira Total (g)	4	36	0,6864	0,6061
Distância	Ninho	Massa de folhas (g) (transformação raiz quadrada(dados+1))	4	36	0,3794	0,8218
Distância	Ninho	Massa de galhos (g) (transformação raiz quadrada(dados+1))	4	36	1,2591	0,3039
Distância	Ninho	Abundância relativa de galhos perfurados	4	36	0,8044	0,5305
Distância	Ninho	Coefficiente de variação no diâmetro dos galhos (%)	4	36	0,9918	0,4245
Distância	Ninho	Riqueza de folhas	4	36	0,4224	0,7914
HIPÓTESE DOS FATORES ABIÓTICOS						
Fator Fixo	Fator Aleatório	Variáveis dependentes	Graus de Liberdade(1)	Graus de Liberdade(2)	F	p
Distância	Ninho	Luminosidade (lux) (transformação log(dados+1))	4	36	0,214	0,9289
Distância	Ninho	Temperatura do ar (°C)	4	36	4,852	0,0031*
Distância	Ninho	Temperatura do solo (°C)	4	36	1,09	0,3763

*Teste de Tukey: D0 -D16: $p=0,047$, D0 - D24: $p=0,018$, D0 - D32: $p=0,002$ (D=Distância) Médias: D0=28,41; D8= 29,20; D16=29,55; D24=29,70; D32= 30,01

na temperatura do solo. Houve um efeito significativo sobre a variável temperatura do ar, no entanto, esse resultado também se opôs ao esperado, uma vez que no ponto mais próximo do ninho registrou-se a menor temperatura. Considerando-se também que *A. sexdens* difere de *A. cephalotes* quanto à remoção de vegetação e de serrapilheira sobre e ao redor dos ninhos (STEPHAN *et al.*, 2015), as alterações abióticas resultantes desse comportamento podem ter um padrão diferente daquele observado por MEYER *et al.* (2011) (ver também CORRÊA *et al.*, 2016). Portanto, estudos com diferentes espécies de formigas-cortadeiras podem resultar em outros padrões ainda não abordados sobre suas interações com os demais artrópodes.

De acordo com este estudo, observamos que *A. sexdens* não afeta a assembleia de artrópodes das imediações de seus ninhos e que isso pode se dever ao fato de seus ninhos não alterarem significativamente a serrapilheira e o microclima. A ausência de efeitos da presença dos ninhos sobre os organismos componentes da TAM sugere que o manejo de *A. sexdens* em áreas reflorestadas (MORESSI *et al.*, 2007), como é efetuado na região onde este estudo foi

realizado, não afetaria uma parte da comunidade responsável pela reciclagem da matéria orgânica. Entretanto, estudos anteriores já ressaltaram a importância das formigas-cortadeiras para a estrutura física e química dos solos em florestas tropicais (MOUTINHO *et al.*, 2003). Concluímos ainda que os múltiplos efeitos das formigas-cortadeiras nas florestas (LEAL *et al.*, 2014) podem ser dependentes da espécie de cortadeira e que estudos detalhados sobre o comportamento de forrageamento de *A. sexdens* no interior de florestas podem ajudar a compreender melhor seu papel nesses ecossistemas.

Agradecimentos. Agradecemos aos administradores da Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA), Nicholas Locke e Rachel Locke, que autorizaram a realização da pesquisa na área e ao coordenador de pesquisa da REGUA, Jorge Bizarro, pelo suporte logístico proporcionado. A Roberto Oliveira, técnico do Laboratório de Fauna de Solo (EMBRAPA/Agrobiologia), pelo auxílio técnico na análise da serrapilheira. Ao PIBIC-CNPq pela bolsa concedida a ECBF e à CAPES pela bolsa a MVO. À Inara Leal por sugestões durante o planejamento da pesquisa de campo e à Daniela Rodrigues e a Jayme Santangelo pelas sugestões feitas em versão prévia do artigo. Aos revisores anônimos por sua valiosa colaboração durante o processo de revisão do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. & HARPER, J. L. 2007. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4ed. Porto Alegre, Artmed. 752p.
- BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; BRANDÃO, C. R. F.; BROWN JR., W. L.; DELABIE, J. H. C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution, p. 122-144.
- BURGESS, N. D.; PONDER, K. L. & GODDARD, J. 1999. Surface and leaf-litter arthropods in the coastal forest of Tanzania. **African Journal of Ecology** **37**:355-365.
- CLIMATE-DATA.ORG. 2015. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/location/33704/>>. Acessado em 25 agosto 2015.
- CORRÊA, M. M.; SILVA, P. S. D.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. & LEAL, I. R. 2016. Foraging activity of leaf-cutting ants changes light availability and plant assemblage in Atlantic forest. **Ecological Entomology** **41**:442-450.
- CRAWLEY, M. J. 2007. **The R Book**. Silwood Park, Wiley. 942p.
- DELABIE, J. H. C.; FISHER, B. L.; MAJER, J. D. & WRIGHT, I. W. 2000. Sampling effort and choice of methods. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press, p. 145-154.
- DELLA, T. M. C. & SOUZA, D. J. 2011. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. *In*: DELLA, T. M. C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, UFV, p. 13-26.
- FARJI-BRENER, A. G. & ILLES, A. E. 2000. Do leaf-cutting ant nests make "bottom-up" gaps in neotropical rain forest?: a critical review of the evidence. **Ecological Letters** **3**:219-227.
- FILHO, D. B. F. & Júnior, J. A. S. 2009. Desvendando os mistérios do Coeficiente de Pearson (r). **Revista Política Hoje** **18**(1):115-146.
- FITTKAU, E. J. & KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica** **5**:2-14.
- FORTI, L. C.; MOREIRA, A. A.; ANDRADE, A. P. P.; CASTELLANI, M. A. & CALDATO, N. 2011. Nidificação e arquitetura de ninhos de formigas-cortadeiras. *In*: DELLA, T. M. C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, UFV, p. 102-121.
- GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2011 **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre, ARTMED. 510p.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T. & RIAN, P. D. 2001. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Version 2.17c. **Palaeontologia Electronica** **4**(1):1-9.
- Hölldobler, B. & WILSON, E. O. 1990. **The Ants**. Cambridge, Harvard University Press. 732p.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H. & SHACHAK, M. 1994. Organisms as Ecosystem Engineer. **Oikos** **69**:373-386.
- KASPARI, M. & YANOVIK, S. P. 2009. Biogeochemistry and the structure of tropical brown food webs. **Ecology** **90**:3342-3351.
- LAVELLE, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research** **21**:93-132.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R. & TABARELLI, M. 2014. The multiple impacts of leaf-cutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. **Biotropica** **46**(5):1-13.
- MEYER, S. T.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & WIRTH, R. 2011. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. **Ecological Entomology** **36**:14-24.
- MEYER, S. T.; NEUBAUER, M.; SAYER, E. J.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & WIRTH, R. 2013. Leaf-cutting ants as ecosystem engineers: topsoil and litter perturbations around *Atta cephalotes* nests reduce nutrient availability. **Ecological Entomology** **38**:497-504.
- MOLOFSKY, J. & AUGSPURGER, C. K. 1992. The effect of leaf litter on early seedling establishment in tropical forest. **Ecology** **73**:68-77.
- MORESSI, M.; MORAES NETO, A.; CREPALDI, R. A.; CARBONARI, V.; DEMÉTRIO, M. F. & SILVESTRE, R. 2007. Eficiência do controle mecânico de formigas cortadeiras (*Atta laevigata*) no reflorestamento com espécies nativas. **O Biológico** **69**(supl. 2):471-473.
- MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. C. & DAVIDSON, E. A. 2003. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. **Ecology** **84**:1265-1276.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**:853-858.
- ORGIAZZI, A.; BARDGETT, R. D.; BARRIOS, E.; BEHAN-PELLETIER, V.; BRIONES, M. J. I.; CHOTTE, J.-L.; DE DEYN, G. B.; EGGLETON, P.; FIERER, N.; FRASER, T.; HEDLUND, K.; JEFFERY, S.; JOHNSON, N. C.; JONES, A.; KANDELER, E.; KANEKO, N.; LAVELLE, P.; LEMANCEAU, P.; MIKO, L.; MONTANARELLA, L.; MOREIRA, F. M. S.; RAMIREZ, K. S.; SCHEU, S.; SINGH, B. K.; SIX, J.; VANDER PUTTEN, W. H. & WALL, D. H. 2016. **Global Soil Biodiversity Atlas**. Luxembourg, European Commission. 176p.
- PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D. & R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. **Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**. R package, v. 3.1 – 108.
- SILVA, P. S. D.; BIEBER, A. G. D.; CORRÊA, M. M. & LEAL, I. R. 2011. Do leaf-litter attributes affect the richness of leaf-litter ants? **Neotropical Entomology** **40**:542-547.
- SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs** **80**:107-124.
- STAAB, M.; SCHULDT, A.; ASSMANN, T. & KLEIN, A.-M. 2014. Tree diversity promotes predator but not omnivore ants in a subtropical Chinese forest. **Ecological Entomology** **39**:637-647.
- STEPHAN, J. G.; WIRTH, R.; LEAL, I. R. & MEYER, S. T. 2015. Spatially heterogeneous nest-clearing behavior coincides with rain event in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera:Formicidae). **Neotropical Entomology** **44**:123-128.
- SUGUITURU, S. S.; MORINI, M. S. C.; FEITOSA, R. M. & SILVA, R. R. 2015. **Formigas do Alto Tietê**. Bauru, Canal 6. 458p.
- TONHASCA JR., A. 2005. **Ecologia e História Natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, Interciência. 197p.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 124p.
- WIWATWITAYA, D. & TAKEDA, H. 2005. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. **Ecological Research** **20**:59-70.