

# Diversidade, riqueza e abundância da mirmecofauna em áreas sob cultivo orgânico e convencional

*Diversity, richness and abundance of ant fauna in agricultural areas submitted to organic and conventional cultivation*

Milene Andrade **ESTRADA**<sup>1</sup>; Ângela Alves de **ALMEIDA**<sup>2</sup>; André Barbosa **VARGAS**<sup>3</sup> & Fábio Souto **ALMEIDA**<sup>2,4</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a riqueza, a diversidade, a abundância e a composição da fauna de formigas em oito propriedades rurais com cultivo orgânico e oito com cultivo convencional, no município de Paraíba do Sul (RJ). Instalaram-se em cada área cultivada 15 armadilhas tipo *pitfall* para a coleta das formigas. Amostraram-se 48 espécies de formigas no total, pertencentes a sete subfamílias e 23 gêneros. A riqueza nos cultivos convencionais foi de 29, e nos cultivos orgânicos, 38. Os valores médios de riqueza e diversidade de espécies e a abundância média foram maiores nas áreas com cultivo orgânico do que nos cultivos convencionais. O número de espécies cultivadas, a profundidade de cobertura vegetal morta e a temperatura estiveram entre as variáveis que mais afetaram a mirmecofauna. A composição de espécies de formigas variou significativamente entre áreas com cultivo convencional e orgânico (ANOSIM,  $R = 0,6099$ ,  $p < 0,01$ ). Os resultados corroboram a realidade de que a prática da agricultura orgânica constitui uma alternativa relevante aos cultivos convencionais, por promover a manutenção da biodiversidade local.

**Palavras-chave:** biodiversidade; fatores ambientais; insetos.

## ABSTRACT

The study aimed to evaluate the richness, diversity, abundance and composition of the ant fauna in eight farms with organic cultivation and eight with conventional cultivation, in Paraíba do Sul, Rio de Janeiro State. In each cultivated area, 15 traps of pitfall type were installed. A total of 48 ant species were sampled, belonging to seven subfamilies and 23 genera. Twenty-nine ant species were sampled in conventional crops and 38 species in organic crops. The mean ant species richness and diversity and mean abundance were higher in organic cultivation areas than in conventional crops. The number of cultivated species, depth of mulching and temperature were among the variables that most affected the ant fauna. The composition of ant species varied significantly between areas with conventional and organic cultivation (ANOSIM,  $R = 0,6099$ ,  $p < 0,01$ ). The results corroborate the reality that the practice of organic agriculture constitutes a relevant alternative to conventional crops, for promoting the maintenance of local biodiversity.

**Keywords:** biodiversity; environmental factors; insects.

Recebido em: 4 jul. 2018

Aceito em: 29 jun. 2019

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Ciências do Meio Ambiente (DCMA), Instituto Três Rios (ITR), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – CEP 25802-100, Três Rios, RJ, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), Campus Oezio Galotti, Volta Redonda, RJ, Brasil.

<sup>4</sup> Autor para correspondência: fbio\_almeida@yahoo.com.br.

## INTRODUÇÃO

O agronegócio é uma das bases da economia brasileira (MAPA, 2015), contudo suas atividades causam impactos ambientais negativos (CUNHA *et al.*, 2008; SANTOS, 2010). Assim, pesquisadores sugerem a adoção de práticas agrícolas menos danosas ao meio ambiente e à saúde humana (FREITAS *et al.*, 2014; NODARI & GUERRA, 2015). Nesse sentido, a agricultura orgânica surge como uma importante alternativa à agricultura convencional.

Caracterizada pela ausência de organismos geneticamente modificados e a não utilização de agrotóxicos, a agricultura orgânica também não emprega radiações ionizantes e adubos sintéticos que sejam danosos ao meio ambiente e à saúde humana, buscando ainda benefícios sociais e econômicos (SILVA *et al.*, 2010). Além disso, entre as características da agricultura orgânica se destacam os cuidados com o uso do solo, preservando suas características estruturais e mantendo a cobertura morta (FAVARATO *et al.*, 2017). Outro ponto importante é o maior número de plantas cultivadas em relação às áreas de cultivo convencional (KAMIYAMA *et al.*, 2011; SANTOS, 2016). Sistemas de cultivo mais preocupados com a conservação dos solos e da fauna associada podem contribuir para a manutenção da biodiversidade sem comprometer a produtividade (ARMBRECHT *et al.*, 2005; DELABIE *et al.*, 2007; GOMES *et al.*, 2012).

Os insetos, de modo geral, são tidos como grandes responsáveis por perdas e danos à agricultura (GALLO *et al.*, 2002). Eles constituem a maior parcela da biodiversidade do planeta, e muitas espécies são abundantes em agroecossistemas convencionais e orgânicos (GALLO *et al.*, 2002). Entre os insetos encontrados em áreas cultivadas, destacam-se as formigas, pois apresentam elevada abundância e riqueza de espécies nesses ambientes; algumas são conhecidas pragas agrícolas, incluindo as formigas-cortadeiras do gênero *Atta* (GALLO *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2008), enquanto outras exercem funções benéficas aos cultivos, como as formigas predadoras dos gêneros *Ectatomma*, *Odontomachus* e *Pachycondyla* (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Nas áreas agrícolas, as formigas podem ser afetadas pelos tratamentos culturais, como o uso de inseticidas, que causam sua mortalidade, a de suas presas e de seus inimigos naturais (ZANETTI *et al.*, 2003). São afetadas também por variações na disponibilidade de alimentos, na estrutura da vegetação (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; GOMES *et al.*, 2010a; MARTINS *et al.*, 2011), na temperatura e na intensidade luminosa local (CERDÁ *et al.*, 2002). As características da cobertura morta também podem influenciar a mirmecofauna, pois representam recursos de nidificação e alimento (VARGAS *et al.*, 2007; BRAGA *et al.*, 2010). Outros fatores importantes na estruturação das comunidades de formigas são o tamanho do hábitat e a distância entre as áreas de cultivo e os fragmentos florestais (GOMES *et al.*, 2010b), pois as espécies de formigas podem colonizar as áreas cultivadas a partir dos remanescentes florestais.

Como são indicadoras de biodiversidade (SILVA & BRANDÃO, 1999; FREITAS *et al.*, 2006), as formigas podem ser utilizadas como organismos-modelo para avaliar as variações da diversidade biológica em cultivos orgânicos e convencionais, além de serem úteis para verificar a influência de características das áreas cultivadas sobre a riqueza, a diversidade, a abundância e a composição de espécies. Tais informações são importantes para avaliar a contribuição dos cultivos orgânicos para a proteção da diversidade biológica e, conseqüentemente, para a proteção dos benefícios proporcionados pela biodiversidade. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a diversidade, a riqueza, a abundância e a composição de espécies de formigas em áreas com cultivo orgânico e convencional. Também foram estudados os fatores que influenciam a mirmecofauna nas áreas cultivadas. As seguintes hipóteses foram testadas: 1) em áreas com cultivo orgânico há maior riqueza, diversidade e abundância de formigas do que em áreas com cultivo convencional; 2) a composição da fauna de formigas varia entre áreas com cultivo convencional e orgânico; 3) as características das áreas cultivadas influenciam a mirmecofauna.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Paraíba do Sul (estado do Rio de Janeiro), cujo território apresenta 580,525 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). O clima da região é classificado como subtropical úmido a subúmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso (ALVARES *et al.*, 2013). Entre os mais frequentes tipos de solo da região estão o argissolo e o latossolo (NASCIMENTO & MACHADO, 2009). O município situa-se no bioma mata atlântica, mas apenas 25,54% do seu território está coberto por florestas nativas e mais de 75% dos remanescentes florestais têm menos que cinco hectares (SILVÉRIO NETO, 2014). Nos últimos cinco anos tem sido observado um crescimento no número de produtores de alimentos orgânicos no município, em virtude do aumento do consumo de alimentos saudáveis que vem se consolidando junto com a preocupação quanto ao manejo sustentável dos recursos naturais (CARDOSO & GARRIDO, 2014).

### COLETA DE DADOS

A amostragem da fauna de formigas foi realizada, nos meses de abril e maio de 2016, em pequenas propriedades rurais: oito delas com cultivo orgânico e outras oito com cultivo convencional. Entre as propriedades com cultivo orgânico, uma adotou essa prática havia cerca de um ano, e as restantes, havia pelo menos dois anos. Na caracterização das propriedades como produtoras de alimentos orgânicos, empregou-se a definição presente no artigo 1.º da Lei Federal n.º 10.831 de 2003: “Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização e a proteção do meio ambiente” (BRASIL, 2003). Segundo os agricultores, nessas áreas não eram utilizados inseticidas químicos sintéticos para o controle de pragas. Somente uma propriedade usava o óleo da planta popularmente conhecida como nim (*Azadirachta indica* A. Juss) no controle de insetos. Entre os agrotóxicos empregados nas áreas sob cultivo convencional estavam: Danimen (contra ácaros, tripes, lagartas, moscas-das-frutas, pulgões e traças); Karate (contra lagartas, percevejos e traças); Kocide (fungicida); Lannate (contra pulgões e lagartas); Mirex-s (contra formigas-cortadeiras); Nativo (fungicida); Premio (contra traças e lagartas) e Polygram (herbicida).

Nas propriedades com cultivo orgânico, o número de espécies de plantas cultivadas variou de quatro até 42, enquanto nas propriedades com cultivo convencional foram utilizadas monoculturas e policultivos com até seis espécies cultivadas (tabela 1).

**Tabela 1** – Espécies cultivadas e nome popular nas áreas com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016.

Nome científico	Nome popular	Orgânico	Convencional
<i>Persea americana</i> Mill.	abacate	x	
<i>Cucurbita</i> sp.	abóbora	x	
<i>Cucurbita</i> sp.	abobrinha	x	
<i>Malpighia glabra</i> L.	acerola	x	
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	aipim	x	x
<i>Apium graveolens</i> L.	aipo	x	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	alecrim	x	
<i>Lactuca sativa</i> L.	alface	x	
<i>Ocimum canum</i> L.	alfavaca	x	
<i>Allium porrum</i> L.	alho-poró	x	
<i>Ruta graveolens</i> L.	arruda	x	
<i>Musa paradisiaca</i> L.	banana	x	
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	batata-doce	x	
<i>Beta vulgaris</i> L.	beterraba	x	
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> Plenck.	brócolis	x	
<i>Plectranthus barbatus</i> Andr.	boldo	x	
<i>Diospyros kaki</i> L.f.	caqui	x	
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf.	capim-limão	x	
<i>Allium cepa</i> L.	cebola	x	
<i>Allium schoenoprasum</i> L.	cebolinha	x	
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	chuchu	x	
<i>Andropogon nardus</i> L.	citronela	x	
<i>Brassica oleracea</i> L.	couve	x	
<i>Lippia alba</i> (Mill) N. E. Brown	erva-cidreira	x	
<i>Pimpinella anisum</i> L.	erva-doce	x	x
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	feijão	x	
<i>Annona muricata</i> L.	graviola	x	
<i>Mentha</i> sp.	hortelã	x	
<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott	inhame	x	
<i>Syzygium cumini</i> (L.)	jamelão	x	
<i>Solanum gilo</i> Raddi.	jiló		x
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	laranja	x	x
<i>Citrus limon</i> Osbeck	limão	x	
<i>Carica papaya</i> L.	mamão	x	x
<i>Ocimum basilicum</i> L.	manjeriço	x	
<i>Passiflora edulis</i> Sims	maracujá	x	x
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.)	melancia	x	
<i>Zea mays</i> L.	milho	x	
<i>Capsicum annuum</i> L.	pimentão	x	x
<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	x	
<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	quiabo	x	x
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.	repolho	x	x
<i>Eruca sativa</i> Mill.	rúcula	x	
<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott.	taioba	x	
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	tangerina	x	
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	tomate	x	x

Na área cultivada de cada propriedade rural, instalaram-se 15 armadilhas de solo do tipo *pitfall* a dez metros de distância entre si. Buscou-se alocar as armadilhas na região central da porção de cada propriedade utilizada para os cultivos. As armadilhas foram compostas por copos de polietileno de 300 ml com 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Estes foram enterrados no solo até a borda (7,2 cm de diâmetro) e preenchidos com 100 ml de solução de álcool 70% como líquido conservante, permanecendo 48 horas ativos no campo, de acordo com Almeida *et al.* (2007). Após esse tempo, as formigas amostradas foram armazenadas em potes identificados, contendo solução de álcool 70%, e transportadas para o laboratório de Gestão Ambiental/ITR/UFRRJ, onde foram minuciosamente triadas. Posteriormente, houve a fixação das formigas em via seca e a separação em morfoespécies. Para a identificação das formigas em nível de gênero, empregaram-se chaves dicotômicas propostas em Baccaro *et al.* (2015). A identificação no nível de espécie, quando possível, foi realizada pela utilização de chaves de identificação específicas para cada gênero e pela comparação com espécimes previamente identificados.

Obtiveram-se, ao lado de cada armadilha, a profundidade da cobertura morta, coletada com a ajuda de uma régua graduada, a luminosidade e a temperatura do ar, verificadas, respectivamente, com um luxímetro e um termômetro alocados sob o solo no horário entre 7h30 e 9h. Por meio de coordenadas geográficas coletadas no campo e lançadas no Programa Google Earth Pro, encontraram-se os polígonos das áreas cultivadas e o seu tamanho. Também foi medida a distância da área cultivada para o remanescente florestal mais próximo com área maior ou igual a 0,5 ha.

## ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar a eficiência da amostragem da fauna de formigas e comparar a riqueza de espécies total entre propriedades rurais sob cultivo orgânico de alimentos e sob cultivo convencional, foram obtidas curvas de acumulação de espécies, método Mao Tau, com ajuda do programa PAST (HAMMER *et al.*, 2001). Nessa análise, a riqueza total de espécies é considerada significativamente diferente quando não se observa sobreposição entre os intervalos de confiança das duas curvas de acumulação de espécies (GOMES *et al.*, 2013). As abundâncias das espécies de formigas foram verificadas pelas frequências de ocorrência nas armadilhas (ESTRADA *et al.*, 2014). A normalidade dos dados foi averiguada com o Teste de Lilliefors. O Teste t foi utilizado para apurar se a riqueza média, a diversidade média e a abundância média de formigas diferiram significativamente entre cultivos orgânicos e convencionais.

Com o programa PAST também se conduziu uma ordenação multidimensional não métrica (NMDS), empregando-se as características das áreas cultivadas para obter a sua correlação com os escores da NMDS (HAMMER *et al.*, 2001). A medida de similaridade foi a distância euclidiana. A direção e o comprimento dos vetores na NMDS indicaram a correlação das características das áreas cultivadas com a composição das comunidades de formigas (ESTRADA *et al.*, 2014). Para verificar se a composição de espécies nos cultivos orgânicos diferiu significativamente da observada nos cultivos convencionais, foi utilizada a ANOSIM, com o auxílio do Programa PAST.

Com a regressão linear passo a passo (*stepwise*), método progressivo, foi possível averiguar se a riqueza, a diversidade e a abundância da mirmecofauna foram influenciadas pelos seguintes fatores: profundidade de cobertura morta, luminosidade, tamanho da área cultivada, número de espécies cultivadas, distância para o fragmento florestal mais próximo e o sistema de cultivo (orgânico ou convencional). A variável sistema de cultivo foi transformada em variável *Dummy*, recebendo os valores de 0 (cultivo orgânico) ou 1 (cultivo convencional) (MISSIO & JACOBI, 2007).

A abundância das espécies de formigas foi determinada pela frequência de ocorrência nas armadilhas. Para o estudo da diversidade de espécies, fez-se uso do Índice de Shannon, também utilizando a frequência de cada espécie nas amostras como um indicativo de sua abundância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coletaram-se 48 espécies de formigas no total, pertencentes a sete subfamílias e 23 gêneros (tabela 2). A subfamília com maior número de espécies foi Myrmicinae (22 espécies), seguida de Formicinae (10 espécies) e Ponerinae e Dolichoderinae (quatro espécies cada). O gênero que apresentou maior riqueza foi *Camponotus* (nove espécies), seguido de *Pheidole* e *Solenopsis*, com cinco espécies cada.

**Tabela 2** – Frequência das espécies de formigas nas armadilhas e nas áreas com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016.

Subfamílias/espécies	Convencional		Orgânico	
	Amostras	Áreas	Amostras	Áreas
<b>Dolichoderinae</b>				
<i>Dolichoderus</i> sp.1	0	0	1	1
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	1	1	3	2
<i>Dorymyrmex</i> sp.2	10	2	54	7
<i>Linepithema</i> sp.1	1	1	2	2
<b>Dorylinae</b>				
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	0	0	2	2
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)	1	1	0	0
<i>Neivamyrmex</i> sp.1	0	0	1	1
<b>Ectatomminae</b>				
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	0	0	9	4
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	10	6	5	4
<i>Gnamptogenys</i> sp.1	0	0	2	1
<b>Formicinae</b>				
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	1	1	1	1
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	3	2	4	2
<i>Camponotus depressus</i> Mayr, 1866	0	0	2	2
<i>Camponotus maculatus</i> (Fabricius, 1782)	0	0	2	2
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	1	1	9	4
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	11	5	7	4
<i>Camponotus</i> sp.1	0	0	1	1
<i>Camponotus</i> sp.2	1	1	0	0
<i>Camponotus</i> sp.3	1	1	0	0
<i>Camponotus</i> sp.4	1	1	0	0
<b>Myrmicinae</b>				
<i>Acromyrmex</i> sp.1	0	0	1	1
<i>Acromyrmex</i> sp.2	3	2	0	0
<i>Acromyrmex</i> sp.3	0	0	1	1
<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (Linnaeus, 1758)	4	2	17	5
<i>Cephalotes</i> sp.1	0	0	1	1
<i>Crematogaster</i> sp.1	1	1	6	4
<i>Crematogaster</i> sp.2	0	0	3	3
<i>Crematogaster</i> sp.3	1	1	0	0
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1	0	0	3	1
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	0	0	4	2
<i>Myocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	1	1	1	1

Continua...

Continuação da tabela 2

Subfamílias/espécies	Convencional		Orgânico	
	Amostras	Áreas	Amostras	Áreas
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884	6	3	36	8
<i>Pheidole</i> sp.1	1	1	5	1
<i>Pheidole</i> sp.2	11	3	6	2
<i>Pheidole</i> sp.3	3	1	1	1
<i>Pheidole</i> sp.4	3	2	0	0
<i>Pogonomyrmex abdominalis</i> Santschi, 1929	2	2	13	4
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	5	5	3	3
<i>Solenopsis</i> sp.1	1	1	1	1
<i>Solenopsis</i> sp.2	1	1	0	0
<i>Solenopsis</i> sp.3	0	0	1	1
<i>Solenopsis</i> sp.4	1	1	0	0
<b>Ponerinae</b>				
<i>Neoponera</i> sp.1	0	0	3	3
<i>Neoponera obscuricornis</i> (Emery, 1890)	0	0	2	1
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892	0	0	3	3
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858	0	0	3	2
<b>Pseudomyrmecinae</b>				
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	1	1	0	0
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	5	3	36	7

A subfamília Myrmicinae é frequentemente citada como a mais rica em espécies em levantamentos realizados na região neotropical (CORRÊA *et al.*, 2006; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009; ILHA *et al.*, 2009). Isso ocorre por ser a subfamília de formigas mais diversificada e por conter espécies com variados hábitos alimentares e de nidificação e adaptadas para habitar vários tipos de ambientes (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; FLECK *et al.*, 2015). Formicinae, a segunda subfamília mais frequente, apresenta espécies comuns em ambientes abertos, semelhantes às áreas do presente estudo (ALMEIDA *et al.*, 2007; ILHA *et al.*, 2009).

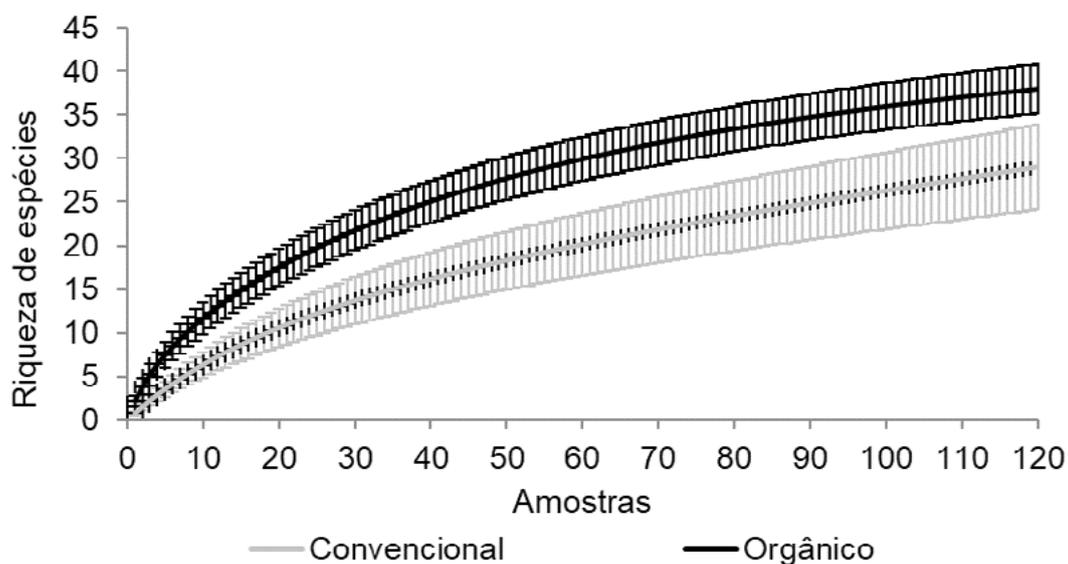
*Camponotus*, *Pheidole* e *Solenopsis* geralmente são os gêneros que possuem maior riqueza em áreas antropizadas, mas também estão presentes em ambientes preservados, principalmente por conta da tolerância de algumas espécies dos gêneros às variações das condições ambientais (CORRÊA *et al.*, 2006; FREIRE *et al.*, 2012).

*Camponotus* é um gênero diverso e agrega muitas espécies tolerantes a ambientes antropizados, incluindo agroecossistemas (CORRÊA *et al.*, 2006). O gênero *Pheidole* é amplamente distribuído no Brasil, ocorrendo em ambientes com diferentes níveis de antropização, o que apoia o resultado encontrado (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; BACCARO *et al.*, 2015). Nesse gênero predominam espécies onívoras, porém também há várias espécies predadoras epigeicas e generalistas (BACCARO *et al.*, 2015). Formigas do gênero *Solenopsis* são comuns em áreas alteradas como as de cultivo (FONSECA & DIEHL, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2007; SOARES *et al.*, 2010). Tais características justificam a riqueza desses gêneros nas áreas de cultivo orgânico e convencional.

Ninhos de formigas do gênero *Solenopsis* são comuns em diversas áreas cultivadas, e espécies desse gênero atuam muitas vezes como predadoras (ALMEIDA *et al.*, 2007). Cabe ressaltar a elevada abundância de *Dorymyrmex* sp.2, *Pheidole radoszkowskii* Mayr, 1884 e *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855), sobretudo nos cultivos orgânicos. Espécies generalistas como algumas pertencentes a esses gêneros possuem características biológicas e ecológicas que favorecem a exploração de ambientes alterados, como áreas cultivadas, por tolerarem as limitações para nidificação nesses ambientes (FOWLER *et al.*, 1994). A presença de três espécies do gênero *Acromyrmex* e de *Atta sexdens rubropilosa* (Linnaeus, 1758) foi expressiva principalmente em áreas sob cultivo orgânico. Tais espécies são conhecidas popularmente como cortadeiras e estão entre os principais insetos-

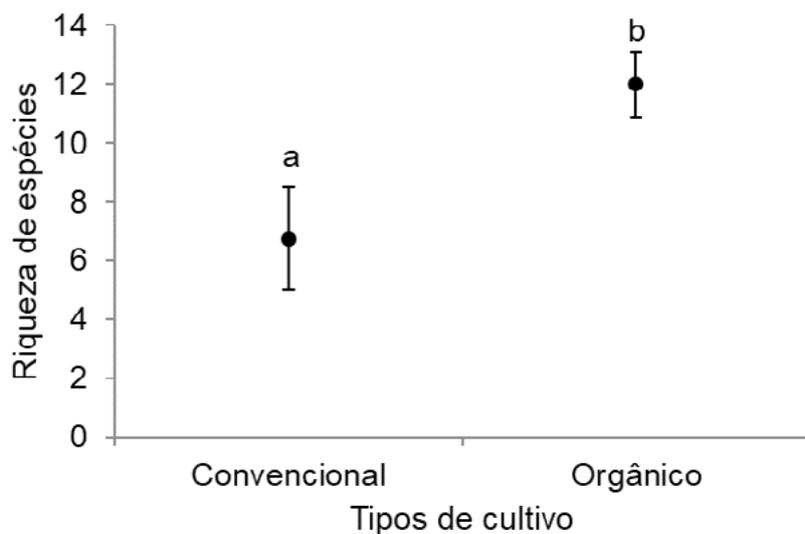
praga de diversas plantas cultivadas (ZANETTI *et al.*, 2003). Possivelmente esse resultado é devido à não adoção de inseticidas sintéticos nas áreas sob cultivo orgânico.

Coletaram-se 29 espécies de formigas nos cultivos convencionais e 38 espécies nos cultivos orgânicos (tabela 1). Pela análise das curvas de acumulação de espécies, observa-se que a riqueza total de formigas foi significativamente maior nos cultivos orgânicos do que nos convencionais (figura 1). Além disso, constata-se que as curvas não atingiram a assíntota, demonstrando que o esforço amostral não foi suficiente para coletar todas as espécies de formigas nas áreas estudadas. Em estudos sobre comunidades de formigas, as curvas de acumulação de espécies raramente chegam a ficar paralelas ao eixo x, em função do elevado número de espécies da família Formicidae, da distribuição espacial agregada dos ninhos (SANTOS *et al.*, 2006) e pelo expressivo número de espécies raras. A adoção de um maior esforço amostral, contudo, poderia ter ocasionado uma amostragem mais completa da mirmecofauna das propriedades avaliadas.

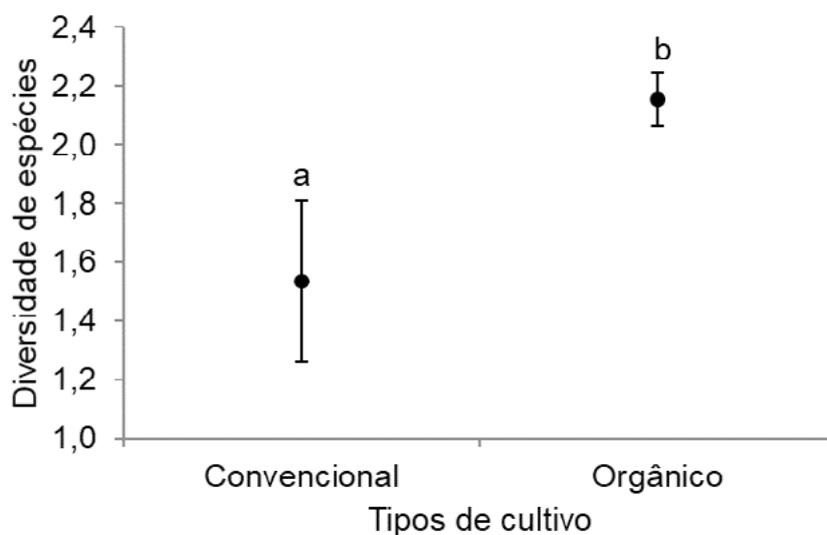


**Figura 1** – Curvas de acumulação de espécies (Mao Tau) para a riqueza de espécies de formigas em cultivos convencionais e orgânicos, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016.

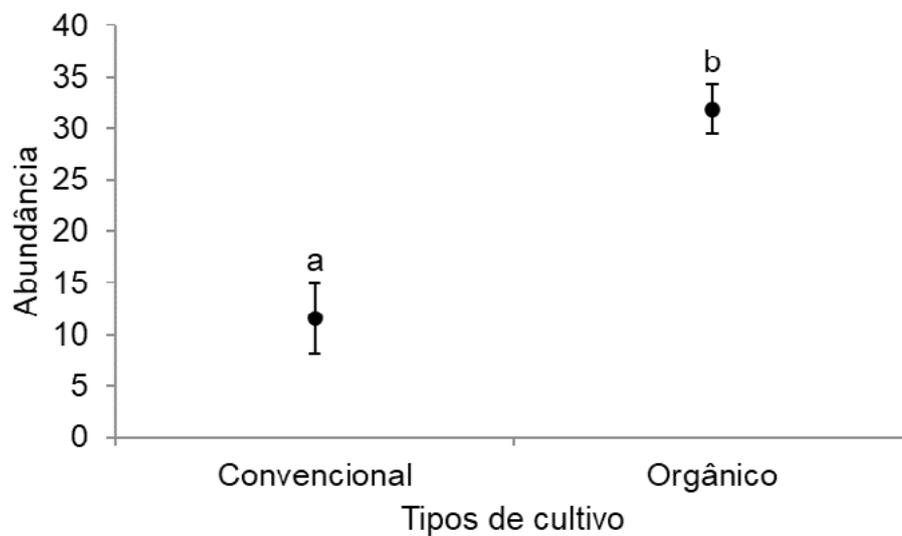
A riqueza média de formigas foi significativamente maior nas áreas com cultivo orgânico do que nos cultivos convencionais (Teste t;  $p < 0,02$ ; figura 2). O mesmo foi observado para a diversidade de espécies (Teste t;  $p = 0,05$ ; figura 3) e para a abundância de formigas (Teste t;  $p < 0,01$ ; figura 4). Assim, a hipótese de que as áreas sob cultivo orgânico possuem maior riqueza, diversidade e abundância de formigas do que as áreas sob cultivo convencional foi corroborada pelos resultados. Outros estudos constataram resultados similares em comparações da fauna de formigas (MASONI *et al.*, 2017) e de outros artrópodes em áreas sob cultivo orgânico e convencional (CAPRIO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017). As características dos cultivos orgânicos proporcionam melhores condições para a mirmecofauna em geral do que as dos cultivos convencionais. Entre as características dos cultivos orgânicos que provavelmente ocasionaram tal variação na riqueza, diversidade e abundância de espécies de formigas estão o tipo de manejo do solo adotado, que geralmente visa manter a estrutura do solo, a aplicação limitada de pesticidas, a presença frequente de cobertura morta e o geralmente elevado número de espécies cultivadas (KAMIYAMA *et al.*, 2011; SANTOS, 2016). A menor variação de fatores abióticos, como a temperatura e a umidade, o aumento da variabilidade de alimentos e de nichos para nidificação proporcionados pelo acréscimo de espécies de plantas cultivadas e a maior presença de cobertura morta/serapilheira criam condições para a existência de maior riqueza e diversidade de espécies de formigas (MARTINS *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2013).



**Figura 2** – Riqueza de espécies de formigas (média ± erro padrão) por área com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Letras diferentes sobre os pontos indicativos das médias assinalam diferença significativa pelo Teste t a 5% de probabilidade.



**Figura 3** – Diversidade de espécies de formigas (média ± erro padrão) – Índice de Shannon – em áreas com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Letras diferentes sobre os pontos indicativos das médias apontam diferença significativa pelo Teste t a 5% de probabilidade.



**Figura 4** – Abundância de formigas (média ± erro padrão) em áreas com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Letras diferentes sobre os pontos indicativos das médias demonstram diferença significativa pelo Teste t a 5% de probabilidade.

A distância para a floresta mais próxima, a luminosidade e o tamanho da área cultivada não foram significativamente diferentes entre cultivos convencionais e orgânicos (tabela 3). Por outro lado, o número de espécies cultivadas e a profundidade de cobertura morta foram expressivamente maiores nas áreas com cultivo orgânico. A temperatura do ar foi significativamente maior nos cultivos convencionais. É comum agricultores que adotam a agricultura orgânica manterem policultivos, por potencializar as interações ecológicas benéficas para as plantas cultivadas, incluindo a regulação de populações de insetos danosos aos cultivos (GOMES *et al.*, 2012). Além disso, a manutenção da cobertura morta é uma prática comum na agricultura orgânica quando comparada com a agricultura convencional (FAVARATO *et al.*, 2017). É possível que a maior temperatura do ar ao nível do solo observada nas áreas com cultivo convencional esteja relacionada com a estrutura da vegetação e da cobertura morta, pois um solo menos sombreado e com pouca cobertura morta pode apresentar uma maior temperatura (OLIVEIRA *et al.*, 2005; COELHO *et al.*, 2013).

**Tabela 3** – Variáveis (média ± erro padrão) obtidas nas áreas com cultivo convencional e orgânico, no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Letras diferentes após as médias na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste t a 5% de probabilidade.

Variáveis	Convencional	Orgânico
Distância para a floresta mais próxima (m)	97,63 ± 24,60 a	136,78 ± 44,67 a
Luminosidade (lux)	900,56 ± 136,20 a	1079,7 ± 36,81 a
Número de espécies cultivadas	2,25 ± 0,67 a	19,25 ± 4,82 b
Profundidade de cobertura morta (cm)	0,98 ± 0,38 a	2,42 ± 0,40 b
Tamanho da área cultivada (ha)	0,74 ± 0,41 a	0,95 ± 0,11 a
Temperatura (°C)	31,23 ± 1,36 a	27,06 ± 0,53 b

A profundidade de cobertura morta foi a variável que mais influenciou a riqueza de formigas nas áreas cultivadas, explicando mais de 55% da variação no número de espécies nos cultivos (tabela 4). Quando a profundidade de cobertura morta, o tipo de cultivo (orgânico ou convencional), a temperatura, o número de espécies cultivadas, a luminosidade e a distância para o fragmento florestal mais próximo foram inseridos no mesmo modelo matemático, explicaram significativamente cerca de 71% da variação na riqueza de espécies de formigas nos cultivos ( $p = 0,04$ ).

A profundidade de cobertura morta também foi a variável que mais influenciou a diversidade de espécies de formigas (tabela 5). O modelo matemático contendo a profundidade de cobertura morta, o tipo de cultivo e a temperatura do ar explicou aproximadamente 49% da variação da diversidade de espécies de formigas nas áreas cultivadas.

A abundância de formigas foi influenciada principalmente pelo tipo de cultivo, e o número de espécies cultivadas constituiu a segunda variável independente mais importante (tabela 6). Todas as variáveis independentes em conjunto explicaram cerca de 84% da variação da abundância de formigas nas áreas cultivadas, sendo, portanto, significativas.

**Tabela 4** – Regressão múltipla passo a passo (*stepwise*) com a riqueza de espécies de formigas (variável dependente) e as variáveis independentes (tipo de cultivo – TC; temperatura do ar – T; profundidade de cobertura morta – P; luminosidade – L; tamanho da área cultivada – TA; número de espécies cultivadas – NE; distância para a floresta mais próxima – DF) no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; F = Estatística F (de Fisher ou Fisher-Snedecor), razão entre a variância explicada e a não explicada; p = probabilidade de significância.

Variáveis independentes	$R^2$	Varição $R^2$	F	p
P	0,557	0,557	17,60	< 0,01
P, TC	0,585	0,028	9,15	< 0,01
P, TC, T	0,611	0,026	6,27	0,01
P, TC, T, NE	0,618	0,008	4,45	0,02
P, TC, T, NE, L	0,618	0,000	3,24	0,05
P, TC, T, NE, L, DF	0,714	0,096	3,75	0,04
P, TC, T, NE, L, DF, TA	0,714	0,000	2,86	0,08

**Tabela 5** – Regressão múltipla passo a passo (*stepwise*) com a diversidade de espécies de formigas (variável dependente) e as variáveis independentes (tipo de cultivo – TC; temperatura do ar – T; profundidade de cobertura morta – P; luminosidade – L; tamanho da área cultivada – TA; número de espécies cultivadas – NE; distância para a floresta mais próxima – DF) no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; F = Estatística F (de Fisher ou Fisher-Snedecor), razão entre a variância explicada e a não explicada; p = probabilidade de significância.

Variáveis independentes	$R^2$	Varição $R^2$	F	p
P	0,459	0,459	11,88	< 0,01
P, TC	0,476	0,018	5,91	0,01
P, TC, T	0,489	0,013	3,83	0,04
P, TC, T, NE	0,499	0,010	2,73	0,08
P, TC, T, NE, L	0,574	0,075	2,69	0,09
P, TC, T, NE, L, TA	0,576	0,003	2,04	0,16
P, TC, T, NE, L, TA, DF	0,633	0,057	1,97	0,18

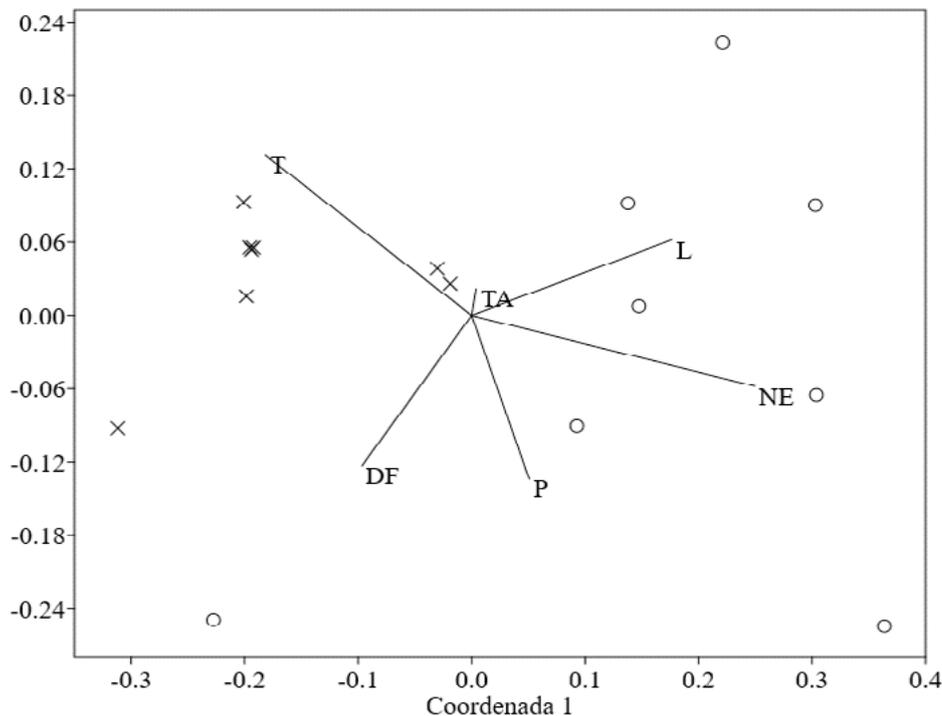
**Tabela 6** – Regressão linear passo a passo (*stepwise*) com a abundância de formigas (variável dependente) e as variáveis independentes (tipo de cultivo – TC; temperatura do ar – T; profundidade de cobertura morta – P; luminosidade – L; tamanho da área cultivada – TA; número de espécies cultivadas – NE; distância para a floresta mais próxima – DF) no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016. Legenda:  $R^2$  = coeficiente de determinação; F = Estatística F (de Fisher ou Fisher-Snedecor), razão entre a variância explicada e a não explicada; p = probabilidade de significância.

Variáveis independentes	$R^2$	Varição $R^2$	F	p
TC	0,632	0,632	23,99	< 0,01
TC, NE	0,689	0,575	14,40	< 0,01
TC, NE, T	0,734	0,446	11,02	< 0,01
TC, NE, T, P	0,776	0,421	9,51	< 0,01
TC, NE, T, P, L	0,779	0,032	7,05	0,01
TC, NE, T, P, L, DF	0,837	0,583	7,72	< 0,01
TC, NE, T, P, L, DF, TA	0,840	0,029	6,01	0,01

O uso de inseticidas sintéticos nos cultivos convencionais impacta negativamente a fauna de formigas (COUTO *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2010), mas outras características também influenciam esse aspecto. A profundidade de cobertura morta está relacionada com a oferta de locais para nidificação e alimento para diversas espécies de formigas, além de afetar outros organismos, especialmente artrópodes, que são presas das formigas (VARGAS *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2011). Outros autores também relacionaram o aumento da abundância da cobertura morta em agroecossistemas ou da serapilheira em habitats naturais com o acréscimo na riqueza e diversidade de formigas (VARGAS *et al.*, 2007). Além da abundância da cobertura morta, o incremento da sua diversidade de componentes pode ser importante, por ocasionar o aumento da oferta de nichos para a mirmecofauna (GOMES *et al.*, 2013). Essa diversidade de componentes na cobertura morta provavelmente é maior nos cultivos orgânicos, por possuírem maior número de espécies cultivadas. O aumento do número de espécies de plantas cultivadas também representa maior diversidade de nichos ecológicos para as formigas arborícolas (FERNANDES *et al.*, 2012). A temperatura do ar e a luminosidade podem influenciar a atividade das formigas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990), contudo, dessas duas variáveis, a temperatura apresentou os efeitos mais pronunciados. Outros autores observaram maior riqueza de espécies em áreas com maiores temperaturas (ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009), o que não corrobora os presentes resultados, pois a riqueza de espécies de formigas foi maior nos cultivos orgânicos, que tiveram menor temperatura. Temperaturas muito baixas podem reduzir a atividade, a velocidade de desenvolvimento e a reprodução dos insetos (ALMEIDA & GONÇALVES, 2009; ALBUQUERQUE & DIEHL, 2009). Porém temperaturas muito altas e grande incidência de luz solar podem ter o mesmo efeito (ANDERSEN, 2000), o que explica, em parte, a menor riqueza de espécies de formigas nas áreas com maior temperatura.

O tamanho das áreas cultivadas e a distância para a floresta natural mais próxima tiveram efeitos inexpressivos sobre a riqueza, a diversidade e a abundância de formigas. No caso do tamanho da área cultivada, tal fato pode ter sido consequência da pequena variação nos tamanhos das áreas.

Dez espécies de formigas foram exclusivas dos cultivos convencionais e 19 foram exclusivas dos cultivos orgânicos. Assim, observou-se que a composição de espécies de formigas variou significativamente entre as áreas com cultivo convencional e orgânico (figura 5; ANOSIM,  $R = 0,6099$ ,  $p < 0,01$ ). A temperatura do ar esteve correlacionada com a composição de espécies nos cultivos convencionais, enquanto a luminosidade, o número de espécies cultivadas e a profundidade de cobertura morta estiveram relacionados com a composição de espécies nos cultivos orgânicos. Desse modo, a composição da mirmecofauna também foi influenciada pelo sistema de cultivo e pelas características das áreas cultivadas.



**Figura 5** – Ordenação multidimensional não métrica com a distância euclidiana para a fauna de formigas de áreas com cultivo convencional (X) e orgânico (O), no município de Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, nos meses de abril e maio de 2016 (Stress = 0,1208). Legenda: temperatura do ar – T; profundidade de cobertura morta – P; luminosidade – L; tamanho da área cultivada – TA; número de espécies cultivadas – NE; distância para a floresta mais próxima – DF.

As atividades antrópicas provocam a redução da biodiversidade global, ameaçando os processos ecológicos, a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, a qualidade de vida de populações humanas e a economia. A substituição de florestas nativas por áreas agrícolas é apontada como uma das principais causas de perda de diversidade biológica, por ocasionar a simplificação dos ecossistemas. Além disso, a utilização de agrotóxicos é uma prática danosa a muitas espécies e é muito frequente na agricultura convencional. Por outro lado, os resultados do presente estudo demonstram que as áreas sob cultivo orgânico, sem a utilização de inseticidas sintéticos, com elevado número de espécies de plantas cultivadas e com a manutenção da cobertura morta, podem manter uma considerável diversidade de espécies de formigas. Os resultados corroboram a realidade de que a prática da agricultura orgânica constitui uma alternativa relevante aos cultivos convencionais, pois promove a manutenção da biodiversidade local e causa menores impactos ambientais, além de promover maior segurança alimentar.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos produtores rurais que permitiram a realização da coleta de dados nas suas propriedades. O presente trabalho foi feito com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001, bolsa de estudo (mestrado) concedida à primeira autora deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Albuquerque, E. Z. & E. Diehl. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2009; 53: 398-403.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300014>.
- Almeida, F. S., J. M. Queiroz & A. Mayhé-Nunes. Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. *Floresta e Ambiente*. 2007; 14(1): 33-43.
- Almeida, F. S. & L. Gonçalves. Efeitos da temperatura na reprodução de *Dysdercus maurus* Distant, 1901 (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Revista Brasileira de Zoociências*. 2009; 11: 113-117.
- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, G. Mores, J. Leonardo & G. Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013; 22(6): 711-728.  
doi: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).
- Andersen, A. N. A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: Agosti, D., J. D. Majer, L. E. Alonso & T. R. Schultz (Eds.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press; 2000. p. 25-34.
- Armbrecht, I., L. Rivera & I. Perfecto. Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology*. 2005; (19)3: 897-907.
- Baccaro, F. B., R. M. Feitosa, F. Fernandez, I. O. Fernandes, T. J. Izzo, J. L. P. Souza & R. Solar. *Guia para os gêneros das formigas do Brasil*. Manaus: Inpa; 2015. 388 p.
- Braga, D. L., J. N. C. Louzada, R. Zanetti & J. Delabie. Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no sul da Bahia. *Neotropical Entomology*. 2010; 39(4): 464-469.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000400002>.
- Brasil. Lei n.º 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. 2003. [Acesso em: 12 out. 2018]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/L10.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm).
- Caprio, E., B. Nervo, M. Isaia, G. Allegro & A. Rolando. Organic versus conventional systems in viticulture: comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems*. 2015; 136: 61-69.  
doi: [10.1016/j.agsy.2015.02.009](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.009).
- Cardoso, N. F. S. & F. S. R. G. Garrido. Produção, consumo e a evolução da certificação de orgânicos nos municípios de Paraíba do Sul e Três Rios – RJ. *Espacios*. 2014; 35(12): 11.
- Cerdá, X., A. Dahbi & J. Retana. Spatial patterns, temporal variability, and the role of multi-nest colonies in a monogynous Spanish desert ant. *Ecological Entomology*. 2002; 27: 7-15.  
doi: <https://doi.org/10.1046/j.0307-6946.2001.00386.x>.
- Coelho, M. E. H., F. C. L. Freitas, J. L. X. L. Cunha, K. S. Silva, L. C. Grangeiro & J. B. Oliveira. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. *Planta Daninha*. 2013; 31(2): 369-378.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000200014>.
- Corrêa, M. M., W. D. Fernandes & I. R. Leal. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Mato-grossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. *Neotropical Entomology*. 2006; 35: 724-730.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600002>.
- Costa, E. C., M. D'Avila, E. B. Cantarelli, A. B. Murari & C. C. Manzoni. *Entomologia florestal*. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM; 2008. 240 p.
- Couto, P.H. M., M. S. Araújo, P.S. Rodrigues, T. M. C. Della Lucia, M. A. Oliveira & L. Bacci. Formigas como bioindicadores da qualidade ambiental em diferentes sistemas de cultivo da soja. *Revista Agrotecnologia*. 2010; 1: 11-20.  
doi: <http://dx.doi.org/10.12971/agrotec.v1i1.219>.
- Cunha, N. R. S., J. E. Lima, M. F. M. Gomes & M. J. Braga. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos cerrados, Brasil. *Revista de Estudos Regionais*. 2008; 46(2): 291-323.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032008000200002>.
- Delabie, J. H. C., B. Jahyny, I. C. Nascimento, C. S. F. Mariano, S. Lacau, S. Campiolo, M. S. Philpott & M. Leponce. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*. 2007; 16: 2359-2384.

- Estrada, M. A., R. E. Coriolano, N. T. Santos, L. R. Caixeiro, A. B. Vargas & F. S. Almeida. Influência de áreas verdes urbanas sobre a mirmecofauna. *Floresta e Ambiente*. 2014; 21(2): 162-169.  
doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.035>.
- Favarato, L. F., J. L. Souza & R. C. Cuarçoni. Efeitos múltiplos da cobertura morta do solo em cultivo orgânico de cenoura. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. 2017; 7(2): 24-30.
- Fernandes, T. T., R. R. Silva, D. R. Souza, N. Araújo & M. S. C. Morini. Undecomposed twigs in the leaf litter as nest-building resources for ants (Hymenoptera: Formicidae) in areas of the Atlantic Forest in the Southeastern region of Brazil. *Psyche: A Journal of Entomology*. 2012; 2012: 1-8.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/896473>.
- Fleck, M. D., E. B. Cantarelli & F. Granzotto. Registro de novas espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*. 2015; 25(2): 491-499.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818468>.
- Fonseca, R. C. & E. Diehl. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) epigéicas em povoamentos de *Eucalyptus* spp. (*Myrtaceae*) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2004; 48: 95-100.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262004000100016>.
- Fowler, H. G., M. N. Schlindwein & M. A. Medeiros. Exotic ants and community simplification in Brazil: a review of the impact of exotic ants on native ant assemblages. In: Williams, D. F. (Ed.). *Exotic ants: Biology, impact, and control of introduced species*. Boulder: Westview Press; 1994. p. 151-162.
- Freire, C. B., G. V. Oliveira, F. R. S. Martins, L. E. C. Souza, L. S. Ramos-Lacau & M. M. Correa. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 2012; 10(1): 131-134.
- Freitas, A. V. L., I. R. Leal, M. U. Prado & L. Iannuzzi. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: Rocha, C. F., H. Bergalo, M. Van Sluys & M. A. Alves (Eds.). *Biologia da conservação: essências*. São Carlos: Rima; 2006. p. 357-385.
- Freitas, J. P., M. C. S. Medeiros, J. A. L. Silva, F. E. Freitas & M. F. Silva Neto. Agroecologia como alternativa para mudanças de um estilo de agricultura convencional para uma agricultura de base familiar: o caso do assentamento Santo Antônio no município de Cajazeiras-PB. *Revista de Geografia Agrária*. 2014; 9(17): 436-468.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira Neto, R. P. L. Carvalho, G. C. Batista, E. Berti Filho, J. R. P. Parra, R. A. Zucchi, S. B. Alves, J. D. Vendramin, L. C. Marchini, J. R. S. Lopes & C. Omoto. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ; 2002. 920 p.
- Gomes, D. S., F. S. Almeida, A. B. Vargas & J. M. Queiroz. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. *Iheringia, Série Zoológica*. 2013; 103(2): 104-109.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212013000200004>.
- Gomes, F. B., L. J. Fortunato, A. L. V. Pacheco, L. H. Azevedo, N. Freitas & S. K. Homma. Incidência de pragas e desempenho produtivo de tomateiro orgânico em monocultivo e policultivo. *Horticultura Brasileira*. 2012; 30(4): 756-761.
- Gomes, J. B. V., A. C. Barreto, M. F. Michereff, W. C. L. Vidal, J. L. S. Costa, A. T. Oliveira-Filho & N. Curi. Relações entre atributos do solo e atividade de formigas em restingas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 2010a; 34: 67-78.
- Gomes, J. P., L. Iannuzzi & I. R. Leal. Resposta da comunidade de formigas aos atributos dos fragmentos e da vegetação em uma paisagem da floresta atlântica nordestina. *Neotropical Entomology*. 2010b; 39: 898-905.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600008>.
- Hammer, O., D. A. T. Harper & P. D. Ryan. PAST – Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001; 41(1): 1-9.
- Hölldobler, B. & E. O. Wilson. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press; 1990. 746 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. [Acesso em: 6 fev. 2017]. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330370>.
- Ilha, C., J. A. Lutinski, D. V. M. Pereira & F. R. M. Garcia. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da Bacia da Sanga Caramuru, município de Chapecó-SC. *Biotemas*. 2009; 22: 95-105.  
doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n4p95>.

- Kamiyama, A., I. C. Maria, D. C. C. Souza & A. P. D. Silveira. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. *Bragantia*. 2011; 70(1): 176-184.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000100024>.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015. [Acesso em: 4 out. 2015]. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>.
- Martins, L., F. S. Almeida, A. J. Mayhé-Nunes & A. B. Vargas. Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 2011; 9(2): 174-179.
- Masoni, A., F. Frizzi, C. Bruhl, N. Zocchi, E. Palchetti, G. Chelazzi & G. Santini. Management matters: a comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017; 246: 175-183.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.036>.
- Missio, F. & L. F. Jacobi. Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis. *Ciência e Natura*. 2007; 29(1): 111-135.
- Nascimento, E. L. M. & P. S. Machado. Café, impacto ambiental e paisagem: uma abordagem interdisciplinar. 2009. [Acesso em: 4 out. 2015]. Disponível em: <http://www.prefeitura.alemparaiba.org/pdf/2013/arquivos/Projeto/3Cafe.pdf>.
- Nodari, R. O. & M. P. Guerra. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. *Estudos Avançados*. 2015; 29(83): 183-207.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000100010>.
- Oliveira, D. M., F. S. Franco, M. N. Schlindwein, E. C. Leite & C. S. Branco. Mirmecofauna em agroecossistemas e sua função na transição agroecológica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2015; 10(3): 1-6.  
doi: [10.18378/rvads.v10i3.3161](https://doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3161).
- Oliveira, M. L., H. A. Ruiz, L. M. Costa & C. E. G. R. Schaefer. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2005; 9(4): 535-539.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400015>.
- Pereira, J. L., M. C. Picanço, A. A. Silva, E. C. Barros, R. S. Silva, T. V. Sgaldino & T. V. Marinho. Ants as environmental impact bioindicators from insecticide application on corn. *Sociobiology*. 2010; 54: 153-164.
- Santos, F. S. A importância da biodiversidade. *Revista Científica de Educação a Distância*. 2010; 2(2): 1-17.
- Santos, L. A. O., N. Naranjo-Guevara & O. A. Fernandes. Diversity and abundance of edaphic arthropods associated with conventional and organic sugarcane crops in Brazil. *Florida Entomologist*. 2017; 100(1): 134-144.  
doi: <https://doi.org/10.1653/024.100.0119>.
- Santos, M. S. Diagnóstico do cultivo orgânico e convencional e insetos associados no município de Paraíba do Sul-RJ. [Monografia de Graduação em Gestão Ambiental]. Três Rios: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2016.
- Santos, M. S., J. N. C. Louzada, N. Dias, R. Zanetti, J. H. C. Delabie & I. C. Nascimento. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da mata atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 2006; 96(1): 95-101.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212006000100017>.
- Silva, F. Q. P. O., C. A. L. Foschaches & D. O. Lima Filho. O perfil do consumidor de produtos orgânicos na cidade de Campo Grande-MS. *Anais. Semead – Seminários em Administração – Sustentabilidade Ambiental nas Organizações*. São Paulo; 2010. p. 1-20.
- Silva, R. R. & C. R. F. Brandão. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas*. 1999; 12(2): 55-73.  
doi: <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Silvério Neto, R. Caracterização espacial da cobertura florestal dos municípios da microrregião de Três Rios-RJ. [Monografia de Graduação em Gestão Ambiental]. Três Rios: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2014.
- Soares, S. A., W. F. Antonialli-Junior & S. E. Lima-Junior. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em dois ambientes no Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2010; 54(1): 76-81.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262010000100009>.

Stein, A., K. Gerstner & H. Kreft. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*. 2014; 17(7): 866-880.  
doi: <https://doi.org/10.1111/ele.12277>.

Vargas, A. B., A. J. Mayhé-Nunes, J. M. Queiroz, G. O. Souza & E. F. Ramos. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*. 2007; 6: 28-37.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000100004>.

Zanetti, R., V. Zanuncio, A. J. Mayhé-Nunes, A. G. B. Medeiros & A. S. S. Silva. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. *Revista Árvore*. 2003; 27(3): 387-392.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000300016>.