

## ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS EPIGEIAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UM CACAUAL E REMANESCENTE DE FLORESTA DA AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL

*José Raimundo Maia dos Santos<sup>1</sup>, Cléa dos Santos Ferreira Mariano<sup>2</sup>, Luiza Carla Barbosa Martins<sup>3</sup>, Lucimeire de Souza Ramos Lacau<sup>4</sup>, Ivan Cardoso do Nascimento<sup>5</sup>, Wesley Duarte da Rocha<sup>1,6</sup>, Jacques Hubert Charles Delabie<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>CEPLAC/CEPEC/Laboratório de Mirmecologia, Caixa Postal 07, km 22 Rod. Ilhéus/Itabuna, 45600-970 Itabuna, BA, Brasil. email: jrmaya2@hotmail.com, jacques.delabie@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), km. 16 rod Ilhéus-Itabuna, 45662-900 Ilhéus, BA, Brasil, camponotu@hotmail.com; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Estudos Superiores de Caxias - UEMA/CESC - Departamento de Química e Biologia. Praça Duque de Caxias, s/n, Morro do Alecrim, Caxias, MA, Brasil. luizamartinsuema@hotmail.com; <sup>4</sup>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Departamento de Estudos Básicos e Instrumentais (DEBI), 45700-000 Itapetinga, Bahia, Brasil. fflormiga@hotmail.com; <sup>5</sup>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Zoologia de Invertebrados, 45200-000 Jequié, Bahia, Brasil. icardoso@hotmail.com; <sup>6</sup>Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade (LEEB), 31270-901 - Belo Horizonte, MG, Brasil. wd.darocho@gmail.com

Foi comparada a assembleia de formigas de um cacau com a de uma área de floresta Amazônica. Cada área foi amostrada com um número equivalente de armadilhas pitfall (50) e Winkler (50). Foram coletadas 198 espécies de formigas nas duas áreas, distribuídas em 37 gêneros de nove subfamílias. A armadilha Winkler mostrou-se mais eficiente, na obtenção de formigas menores da serapilheira, tanto na Floresta como no cacau, contribuindo com 84,2% das espécies inventariadas para a mata e 78,1% para o cacau, enquanto o pitfall contribuiu com 34,9% das espécies da mata e 52,6% do cacau. As assembleias de formigas amostradas com o extrator de Winkler, em ambas as áreas, apresentaram maior similaridade entre si do que as amostradas com as armadilhas pitfall. Os resultados encontrados corroboram com estudos realizados no sudeste da Bahia que apontam a grande similaridade que existe entre a mirmecofauna de remanescentes florestais da Mata Atlântica e do cacau, sendo a riqueza desta última, uma das mais elevadas do mundo para um sistema agroflorestal.

**Palavras-chave:** Formigas da serapilheira, sistema agroflorestal, armadilha pitfall, armadilha de Winkler, diversidade, *Theobroma cacao*.

**Epigeic ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in a cacao plantation and in a forest remnant in Eastern Amazonia, Brazil.** The ant assemblage which lives in a cocoa plantation was compared with that one of a forest parcel of the Amazonia Forest. Each area was sampled using an equivalent number of pitfall (50) and Winkler (50) traps. We collected 198 ant species in both areas, distributed in 37 genera and nine subfamilies. The Winkler trap was more efficient in sampling of litter ants of small size, in both the forest and cocoa plantation, contributing to 84.2% of the surveyed species in the forest area and 78.1% in the cocoa plantation, while the pitfall trap contributed to 34.9% of the surveyed species in the forest and 52.6% in the cocoa plantation. The ant fauna sampled with the Winkler extractor in both areas showed a greater similarity to each other than with the pitfall traps. Our results corroborate studies in southeastern Bahia pointing to the great similarity that exists between the ant fauna of forest remnants of the Atlantic rain forest biome and the cocoa plantations, and the richness of the latter, one of the highest in the World recorded for an agroforestry system.

**Key words:** Leaf-litter ants, agroforestry, pitfall trap, Winkler trap, diversity, *Theobroma cacao*.

## Introdução

As formigas são insetos onipresentes nas florestas tropicais (Hölldobler e Wilson, 1990), apresentando diversidade e biomassa superiores a de outros grupos de animais nos diferentes tipos de ambientes (Hölldobler e Wilson, 1994). Estima-se, por exemplo, que as formigas, juntamente com os térmitas, representem três quartos da biomassa da fauna do solo numa floresta tropical (Tobin, 1995) e quatro vezes a de todos os vertebrados juntos (Hölldobler e Wilson, 1994). É possível encontrar formigas em todos os estratos de todos os habitats terrestres, desde o solo até o dossel (Basset et al., 2002; Longino et al., 2002; Vasconcelos e Delabie, 2000; Delabie et al. 2007; Basset et al. 2012). Aproximadamente 50% das formigas encontradas em florestas tropicais podem estar associada à serapilheira (Silva et al., 2007), onde dominam e apresentam elevada riqueza genérica e específica (Agosti et al. 2000; Delabie et al., 2007). Além disso, elas também representam, junto com outros grupos de invertebrados, o segmento da fauna que sustenta o equilíbrio ecológico dos ambientes tropicais (Delabie e Fowler, 1995; Delabie et al., 2007). Em função da diversidade do grupo, de sua grande plasticidade comportamental e densidade populacional elevada as formigas exercem importante papel na dinâmica dos ambientes (Hölldobler e Wilson, 1990). Isso reflete no fluxo de energia e biomassa dos ecossistemas terrestres e na evolução na estrutura de comunidades dos ecossistemas (Tobin, 1995).

A mirmecofauna pertencente a diferentes países cobertos pela Floresta Amazônica já foi investigada (Wilson, 1987; La Polla et al., 2007; Delabie et al., 2009; Groc et al., 2009, 2014). No Brasil, desde o inventário pioneiro de Mann (1916) realizado em diferentes localidades da Amazônia, diversos estudos sobre formigas já foram realizados, como por exemplo, nos estados do Acre (Oliveira et al., 2009; Miranda et al., 2012ab), Amapá (Oliveira et al., 1995), Amazonas (Vasconcelos e Delabie, 2000; Vasconcelos et al., 2001, 2003; Floren e Linsenmair, 2005; Souza et al., 2012), Mato Grosso (Silveira et al., 2012), Pará (Souza et al., 2007; Santos et al., 2008; Lisboa, 2009) e Roraima (Souza et al., 2012).

A Amazônia brasileira também é depositária de significativa parte da diversidade genética do cacauero

(*Theobroma cacao* L., Malvaceae), espécie nativa nas matas de terra firme e nas várzeas dos principais rios da região (Motamayor et al., 2008). Essa espécie vegetal, hoje, encontra-se também cultivada em vários municípios do Estado do Pará e dos demais estados da Amazônia (CEPLAC-DEPEA, 1985), assim como em outras regiões dos trópicos úmidos (Rice e Greenberg, 2000; Somarriba et al., 2001, 2004; Delabie et al., 2007; Tschardt et al., 2012). As plantações de cacaueros são sombreadas por árvores plantadas ou árvores do dossel original que são conservadas após o raleamento da mata (Sambuichi e Haridasan, 2007; Schroth et al., 2011). Exceto pelos dados apresentados por um estudo de insetos associados ao cultivo do cacauero em Rondônia, o qual apresenta informações sobre a mirmecofauna (Trevisan et al., 2011), não existe estudo sobre esse grupo de insetos no sistema agroflorestal cacauero na Amazônia brasileira. No entanto, o agrossistema cacauero é tido, assim como alguns cafezais mantidos em sombreamento (Perfecto et al., 1996; Philpott et al., 2006), como um dos modelos de agricultura conservacionista apresentando efeitos positivos na manutenção e recomposição da diversidade biológica, principalmente em paisagens empobrecidas pelas atividades humanas (Moguel e Toledo, 1999; Restima et al., 2001; Donald, 2004; Philpott e Armbrecht, 2006; Delabie et al., 2007; Cassano et al., 2008; Schroth et al., 2011).

O objetivo desse trabalho foi realizar o levantamento da fauna de formigas que vivem na superfície do solo e na serapilheira em dois ambientes da Amazônia Oriental, no norte do Pará: cacauero sombreado e uma área de floresta de terra firme. Também avaliamos a riqueza e composição de espécies de formigas comparando duas técnicas de coleta (armadilha do tipo pitfall e extrator de Winkler) nesses mesmos ambientes.

## Material e Métodos

**Área de estudo:** As formigas foram amostradas em outubro de 2004 nas áreas experimentais da Estação de Recursos Genéticos José Haroldo [ERJOH] (sede: 01°22'S 48°18'O), CEPLAC, município de Marituba, estado do Pará, Amazônia Oriental brasileira. O cacauero possui 60 hectares e a

área de reserva de floresta 290 hectares (Gama et al., 2005) e são distantes entre si cerca de um quilômetro. O clima é do tipo floresta tropical úmida, de acordo com a classificação de Köppen (1936). A temperatura média anual da área é de 25,9°C (22,4°C - 31,4°C) e as precipitações somam 3.012 mm por ano, com um mínimo de 60 mm de chuva durante o mês mais seco do ano (Silva et al., 2006).

***Delimitação experimental:*** A metodologia utilizada seguiu o protocolo utilizado para estudos da diversidade de Formicidae (Agosti et al., 2000), empregando-se o extrator de Winkler e armadilhas de tipo “pitfall” (Bestelmeyer et al., 2000; Guénard e Lucky, 2011; Sabu et al., 2011). Em cada área foram demarcados cinco transectos paralelos de 500 metros e separados por intervalos de 100 metros. Com o intuito de minimizar o efeito da borda, a coleta foi iniciada após percorrer 100 metros no sentido borda-interior da área de coleta. Em cada transecto, foi coletado um total de 20 amostras (10 amostras de armadilhas do tipo pitfall e 10 amostras usando o extrator de Winkler), respeitando um intervalo de 50 m entre pontos de amostragem sucessivos. Em cada ponto foi amostrado um metro quadrado de serapilheira e, a uma distância de três metros, foi instalada uma armadilha de tipo pitfall que permaneceu no campo por 24 horas.

O material biológico coletado foi pré-triado no Laboratório da ERJOH e acondicionado em álcool 70%. A montagem e a identificação das formigas foram realizadas no Laboratório de Mirmecologia do CEPLAC/CEPEC, em Ilhéus, Bahia, onde se encontra depositada na coleção do mesmo (CPDC). A nomenclatura segue a proposta por Bolton (2014).

***Análises dos dados:*** Os dados foram analisados utilizando o estimador de riqueza Chao2 e o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), ambos determinados com o auxílio do programa EstimateS, versão 8.2 (Colwell, 2006). O índice de similaridade de Jaccard foi usado para comparadas as quatro séries de material biológico, duas técnicas de coleta utilizadas em cada um dos dois sítios de estudo.

Uma análise de variância com um Modelo Linear Generalizado (GLM) foi utilizada para avaliar o efeito do ambiente (Floresta e Cacau) e das técnicas de coleta (pitfall e Winkler) utilizadas. Em seguida, uma

análise residual foi realizada de modo a avaliar a adequação dos dados para a distribuição de probabilidade assumida, como também a adequação de distribuição do erro (Crawley, 2007). O modelo completo com as duas variáveis explicativas foi simplificado por omissão de variável não significativa. A curva de rarefação com intervalo de confiança a 95% também foi calculada, sendo realizadas 1.000 permutações aleatórias, e desenhada de forma a observar as eventuais diferenças entre as duas técnicas de coleta. As técnicas (pitfall e Winkler) e os ambientes (cacau e floresta) foram utilizados como variáveis explicativas. Essas análises foram realizadas usando o programa estatístico R (R Development Core Team, 2014).

Uma análise permutação de variância multivariada (PERMANOVA, Anderson, 2001), foi usada para testar a influência das técnicas de coleta na composição de espécies de formigas, usando a distância de Jaccard e 999 permutações. PERMANOVA é uma permutação ANOVA, desenvolvida para testar a resposta simultânea de uma ou mais variáveis para um ou mais fatores. A função ‘Adonis’ no pacote *vegan* (Oksanen et al., 2013) foi usada para PERMANOVA. Uma análise de ordenação (NMDS) foi empregada para representar os resultados da análise PERMANOVA, utilizando uma matriz de Jaccard para a ordenação. As análises foram realizadas usando o programa R (R Core Team 2014).

## Resultados

Foi amostrado um total de 198 espécies/morfoespécies de formigas utilizando as técnicas de extrator de Winkler e armadilha pitfall nas duas áreas, sendo 146 espécies na floresta e 114 espécies no cacau. As espécies/morfoespécies estão representadas em 51 gêneros, distribuídos nas seguintes subfamílias: Myrmicinae (130 espécies), Ponerinae (29), Formicinae (15), Dolichoderinae (5), Ecitoninae (2), Ectatomminae (11), Pseudomyrmecinae (3), Proceratiinae (2) e Amblyoponinae (1) (Tabela 1). Myrmicinae e Ponerinae representam 80% do total de espécies amostradas. Os gêneros com a maior riqueza foram *Pheidole* (n=38), *Solenopsis* e *Strumigenys* (11), *Hypoconer* (9) e *Nylanderia* e *Apterostigma* (8) (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de espécies com frequência de ocorrência de formigas epigeias coletadas por armadilhas pitfall e de Winkler num cacaual e em uma área de floresta, Estação CEPLAC/ERJOH, Marituba, Pará, Brasil, outubro de 2004

Subfamília/espécie	Cacaual		Floresta	
	Pitfall	Winkler	Pitfall	Winkler
<b>Amblyoponinae</b>				
<i>Prionopelta antillana</i> Forel, 1909		1		8
<b>Dolichoderinae</b>				
<i>Azteca</i> sp.1	1			
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894		3		2
<i>Dolichoderus quadridenticulatus</i> (Roger, 1862)		1		
<i>Linepithema</i> sp.1	1			
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)		1		
<b>Ecitoninae</b>				
<i>Eciton burchelli</i> (Westwood, 1842)	1			
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	1		1	
<b>Ectatomminae</b>				
<i>Ectatomma brunneum</i> Fr. Smith, 1858	1			
<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894			19	1
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1791)			1	
<i>Gnamptogenys haenschi</i> Emery, 1902			2	
<i>Gnamptogenys horni</i> Santschi, 1929	5	20	2	7
<i>Gnamptogenys rastrata</i> (Mayr, 1866)	1			
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Fr. Smith, 1858)	4			
<i>Gnamptogenys moelleri</i> (Forel, 1912)			3	2
<i>Gnamptogenys prox. perspicax</i>		3		1
<i>Gnamptogenys tortuolosa</i> (Fr. Smith, 1858)			2	1
<i>Typhlomyrmex</i> sp.4				4
<b>Formicinae</b>				
<i>Brachymyrmex brevicornis</i> Emery, 1906	2			
<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874				1
<i>Camponotus atriceps</i> (Fr. Smith, 1858)	2			
<i>Camponotus fastigatus</i> Roger, 1863		1		
<i>Camponotus femoratus</i> (Fabricius, 184)				1
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	3			
<i>Camponotus</i> sp.1	1			
<i>Nylanderia</i> sp.1		9	2	14
<i>Nylanderia</i> sp.2		1		
<i>Nylanderia</i> sp.3	7	19	1	4
<i>Nylanderia</i> sp.5		1		4
<i>Nylanderia</i> sp.6	2	10		
<i>Nylanderia</i> sp.7		1		
<i>Nylanderia</i> sp.8	1		2	
<i>Nylanderia</i> sp.9			1	
<b>Myrmicinae</b>				
<i>Acromyrmex coronatus</i> (Fabricius, 1804)	1	2		
<i>Acanthognathus brevicornis</i> M.R. Smith, 1944				1
<i>Apterostigma madidiense</i> Weber, 1938		3		
<i>Apterostigma peruvianum</i> W.M.Wheeler, 1925		5		
<i>Apterostigma</i> sp.2				1
<i>Apterostigma</i> sp.3				1
<i>Apterostigma</i> sp.4				1
<i>Apterostigma</i> sp.5				1
<i>Apterostigma</i> sp.6				1
<i>Apterostigma urichii</i> Forel, 1893		1		

Continuação Tabela 1.

<i>Basiceros disciger</i> (Mayr, 1887)				2
<i>Carebara coeca</i> (Fernandez, 2004)				1
<i>Carebara</i> sp.2				1
<i>Carebara urichi</i> (W.M.Wheeler, 1922)		1		1
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	1			
<i>Cephalotes</i> sp. clade Fiebrigi		1		
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr, 1862		1		
<i>Crematogaster erecta</i> Mayr, 1866	8	32		3
<i>Crematogaster longispina</i> Emery, 1890				1
<i>Crematogaster sotobosque</i> (Longino, 2003)	1	4	2	19
<i>Crematogaster sumichrasti</i> Mayr 1870				1
<i>Crematogaster tenuicula</i> (Forel, 1904)			1	3
<i>Crematogaster wardi</i> Longino 2003	1	5		6
<i>Cyphomyrmex laevigatus</i> Weber, 1938				4
<i>Cyphomyrmex major</i> Forel 1901	1			
<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1965	1	6		13
<i>Cyphomyrmex</i> prox. <i>foxi</i>	1	2	1	4
<i>Cyphomyrmex</i> grupo <i>Rimosus</i> sp.4				17
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894		1		
<i>Hylomyrma immanis</i> Kempf, 1973		2		10
<i>Lachnomyrmex pilosus</i> Weber, 1950				2
<i>Megalomyrmex ayri</i> Brandão, 1990				1
<i>Megalomyrmex gnomus</i> Kempf, 1970				1
<i>Megalomyrmex goeldii</i> Forel, 1912		2		
<i>Megalomyrmex</i> grupo <i>Pusillus</i> sp.1				1
<i>Megalomyrmex</i> grupo <i>Pusillus</i> sp.2				1
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1852)		1		
<i>Mycocepurus goeldii</i> Forel, 1893	3	5		
<i>Mycocepurus obsoletus</i> Emery, 1913				1
<i>Myrmicocrypta</i> sp.1			1	
<i>Myrmicocrypta</i> sp.2				1
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> (Fernández, 2003)			1	1
<i>Octostruma balzani</i> (Emery, 1894)		1		4
<i>Octostruma betschi</i> Perrault, 1988		4		24
<i>Octostruma jheringhi</i> (Emery, 1887)				1
<i>Octostruma rugiferum</i> (Mayr, 1887)				4
<i>Octostruma</i> sp.1				6
<i>Octostruma</i> sp.2				2
<i>Pheidole cramptoni</i> Wheeler, 1916				9
<i>Pheidole fimbriata</i> Roger, 1863			1	2
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886	1			
<i>Pheidole midas</i> Wilson, 2003				2
<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908			2	
<i>Pheidole puttemansi</i> Forel, 1911	28	3		
<i>Pheidole radoszkowskii</i> (Mayr, 1884)	3	3	8	5
<i>Pheidole scalaris</i> Wilson, 2003	1	4	1	7
<i>Pheidole scolioceps</i> Wilson, 2003				1
<i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.4	1	1		
<i>Pheidole</i> grupo <i>Flavens</i> sp.5				3
<i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.6			1	
<i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.8			1	
<i>Pheidole</i> grupo <i>Diligens</i> sp.9				4
<i>Pheidole</i> grupo <i>Flavens</i> sp.11				2
<i>Pheidole</i> grupo <i>Flavens</i> sp.13				3
<i>Pheidole</i> grupo <i>Fallax</i> sp.15			1	4
<i>Pheidole</i> grupo <i>Fallax</i> sp.16	1		1	1

Continuação Tabela 1.

<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.17	1	1		
<i>Pheidole</i> grupo Flavens sp.18		1		1
<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.19			2	
<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.20			1	
<i>Pheidole</i> grupo Tristis sp.24		1	1	
<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.27	3	2		1
<i>Pheidole</i> grupo Diligens sp.29				1
<i>Pheidole</i> prox. calimana	4	14	2	21
<i>Pheidole</i> grupo Flavens sp.33				11
<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.35	12	13	2	
<i>Pheidole</i> grupo Tristis sp.36				2
<i>Pheidole</i> grupo Fallax sp.39			1	
<i>Pheidole</i> grupo Tristis sp.40			1	
<i>Pheidole</i> grupo Tristis sp.101		2		2
<i>Pheidole</i> grupo Diligens sp.102	2			
<i>Pheidole</i> sp.104				1
<i>Pheidole</i> grupo Flavens sp.105				4
<i>Pheidole</i> grupo Diligens sp.106				1
<i>Pheidole</i> grupo Flavens sp.107		2		3
<i>Pheidole termitobia</i> Forel, 1901			1	1
<i>Rhopalothrix</i> sp.1			1	
<i>Rogeria besucheti</i> Kugler, 1994		30		3
<i>Rogeria ciliosa</i> Kugler, 1994				1
<i>Rogeria germaini</i> Emery, 1894		3		
<i>Rogeria lirata</i> Kugler, 1994		12		
<i>Rogeria</i> prox. <i>besucheti</i>		1		4
<i>Rogeria</i> sp.1				1
<i>Rogeria</i> sp.7		1		
<i>Sericomyrmex bondari</i> Borgmeier, 1937	1			
<i>Sericomyrmex</i> sp.1		1		1
<i>Sericomyrmex</i> sp.2		1		1
<i>Sericomyrmex</i> sp.3	1			
<i>Sericomyrmex</i> sp.4		1		
<i>Sericomyrmex</i> sp.6	1			1
<i>Solenopsis globularia</i> (Fr. Smith, 1858)		1		
<i>Solenopsis saevissima</i> (Fr. Smith, 1855)	22	12	6	9
<i>Solenopsis</i> sp.2		2		
<i>Solenopsis</i> sp.3	1	7		14
<i>Solenopsis</i> sp.5	1	1		1
<i>Solenopsis</i> sp.6				2
<i>Solenopsis</i> sp.10				1
<i>Solenopsis</i> sp.12	2	29		15
<i>Solenopsis</i> sp.13	3	3		
<i>Solenopsis</i> sp.15		1		1
<i>Solenopsis</i> sp.21		11		10
<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier,1954)				1
<i>Strumigenys beebei</i> (W. M. Wheeler, 1915)				4
<i>Strumigenys cosmostela</i> (Kempf, 1975)				12
<i>Strumigenys crassicornis</i> Mayr,1887		8		1
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr,1887		2		38
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery,1890		6		
<i>Strumigenys elongata</i> Roger, 1863		2		7
<i>Strumigenys ruta</i> Bolton, 2000		21		12
<i>Strumigenys schulzi</i> Emery, 1894		1		2
<i>Strumigenys subedentata</i> Mayr,1887		2	1	6
<i>Strumigenys trudifera</i> Kempf & Brown, 1969				4



Continuação Tabela 1.

<i>Trachymyrmex cornetzi</i> Forel, 1912		1		3
<i>Trachymyrmex farinosus</i> Emery, 1894				2
<i>Trachymyrmex</i> sp.1			5	
<i>Trachymyrmex</i> sp.2			1	
<i>Trachymyrmex</i> sp.4				1
<i>Trachymyrmex</i> sp.5	1			
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	2	7		2
<i>Wasmannia</i> sp.1		1		
<b>Ponerinae</b>				
<i>Anochetus bispinosus</i> (Fr. Smith, 1858)	1		2	5
<i>Anochetus diegensis</i> Forel, 1912		6	1	21
<i>Anochetus horridus</i> Kempf, 1964		3		2
<i>Anochetus</i> sp.1				2
<i>Dinoponera gigantea</i> (Perty, 1833)	19		5	
<i>Hypoponera foreli</i> Mayr, 1887			4	23
<i>Hypoponera opacior</i> (Forel, 1893)	1	4		1
<i>Hypoponera</i> sp.1				7
<i>Hypoponera</i> sp.2				5
<i>Hypoponera</i> sp.3		17		2
<i>Hypoponera</i> sp.4		1	2	16
<i>Hypoponera</i> sp.6				17
<i>Hypoponera</i> sp.7	2	37	5	16
<i>Hypoponera</i> sp.10		7		
<i>Leptogenys arcuata</i> Roger, 1861	1	3		
<i>Leptogenys dasygyna</i> W.M. Wheeler, 1923	2	1		1
<i>Leptogenys</i> sp.1	1	11		
<i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1883)	10	17	5	1
<i>Neoponera apicalis</i> (Latreille, 1802)		9		
<i>Neoponera verenae</i> (Forel, 1922)		11		
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1891	3	12	4	4
<i>Odontomachus biumbonatus</i> Brown, 1976			2	2
<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2		
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905		1		5
<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	9	1	41	
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	5	8	11	14
<i>Pseudoponera stigma</i> (Fabricius, 1804)				2
<i>Rasopone arhuaca</i> (Forel, 1901)	2	1		
<i>Rasopone ferruginea</i> (Fr. Smith, 1858)				3
<b>Proceratiinae</b>				
<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954		16		11
<i>Probolomyrmex</i> sp.1		4		
<b>Pseudomyrmecinae</b>				
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901)	1			
<i>Pseudomyrmex</i> grupo Pallidus sp.1	1			
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)				1
<b>Total de espécies/ambiente/método</b>	<b>60</b>	<b>89</b>	<b>51</b>	<b>123</b>
<b>Total de espécies por ambiente</b>	<b>114</b>		<b>146</b>	

O extrator de Winkler, quando comparado com a armadilha de pitfall, permitiu a amostragem de maior riqueza tanto ao nível genérico, quanto específico, nos dois ambientes estudados (Tabela 2). Os valores esperados para riqueza (número de espécies observadas, estimadas, número médio de espécies por amostra, número de espécies exclusivas da série amostral) foram em todos os casos maiores com o uso da armadilha de Winkler na área de floresta (Tabela 2). O índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) apresentou maiores valores para amostragens realizadas com extrator de Winkler, tanto para a área de floresta ( $H' = 4,24$ ), quanto para o cacau (3,87) (Tabela 2).

A curva de rarefação para as duas técnicas de coleta combinadas evidenciou uma riqueza maior em espécies de formigas em relação a cada técnica tomada individualmente, para ambos os ambientes, demonstrando a complementaridade dos dois métodos de coleta (Figura 1). No entanto, a curva de rarefação com as amostras de Winkler apresenta uma maior riqueza de espécies comparada à armadilha pitfall, não havendo sobreposição dos intervalos de confiança para as duas técnicas nos ambientes estudados.

Do mesmo modo, os números estimados (Chao 2) de espécies de formigas para a área de floresta foram  $178,3 \pm 21,5$  e  $69,0 \pm 9,7$ , para as técnicas de Winkler e pitfall, respectivamente. Para o cacau, esses valores

Tabela 2. Análise faunística das assembleias de formigas num cacau e em uma área de floresta, Estação CEPLAC/ERJOH, Marituba, Pará, Brasil, outubro de 2004. Número de subfamília, gêneros e espécies observadas; riqueza estimada (Chao 2); Índice de Diversidade Shannon-Weaver ( $H'$ )

	Cacau		Floresta	
	Pitfall	Winkler	Pitfall	Winkler
Nº de subfamílias	7	7	5	8
Nº de gêneros	29	34	21	40
Nº de espécies observadas [nobs]	60	89	51	123
Riqueza estimada [nest]	111,7	128,8	69,0	178,3
*Eficiência da amostragem	53,7	69,1	73,9	69,0
Nº médio de espécies por amostra	4,0	10,3	3,6	12,0
Nº de espécies exclusivas da serie amostral	19	21	17	57
$H'$	3,43	3,87	3,21	4,24

\*[100\*nobs/nest]

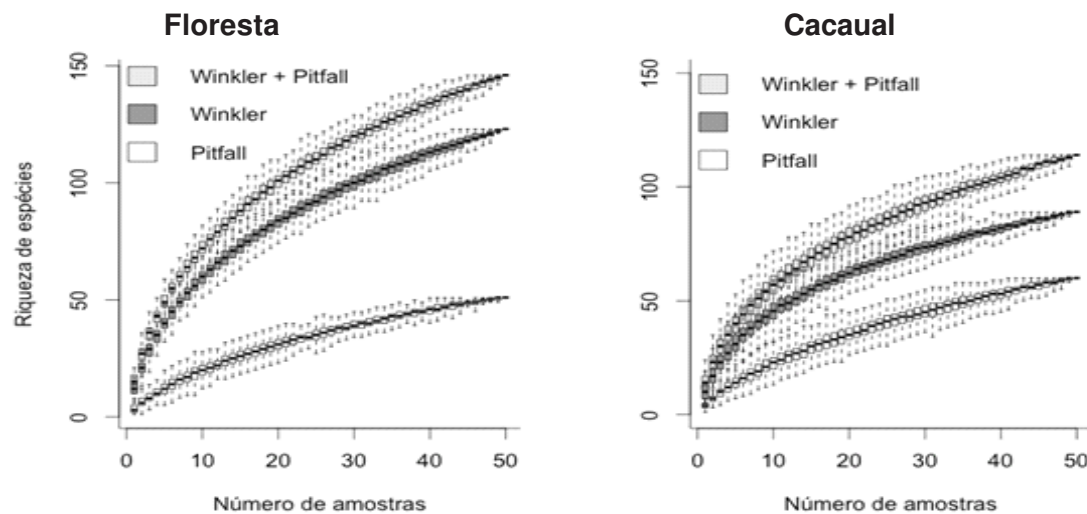


Figura 1. Curvas de rarefação para cada técnica, além da combinação das duas: Floresta e cacau. Estação CEPLAC/ERJOH, Marituba, Pará, Brasil, outubro de 2004.



foram  $128,8 \pm 18,7$  e  $111,7 \pm 25,0$ , respectivamente (Tabela 2). Observa-se que mais de 50% da riqueza esperada foi efetivamente amostrada em todos os casos, e que o extrator de Winkler possibilitou a obtenção de aproximadamente 69% da fauna esperada, tanto na área de floresta quanto no cacau (Tabela 2).

A riqueza de espécies de formigas associada aos meios amostrados difere significativamente entre técnicas utilizadas, ao menos para o estudo com o extrator de Winkler ( $p < 0,0001$ ; Figura 1), pois quando foram comparados os resultados das amostragens por pitfall, não houve diferença entre as áreas para riqueza de espécies ( $p > 0,05$ ; Figura 1). Por sua vez, a análise PERMANOVA evidenciou a dissimilaridade das espécies de formigas amostradas na comparação das diferentes técnicas, Winkler e pitfall, e dos ambientes, floresta e cacau (Tabela 3, Figura 2).

Tabela 3. Análise PERMANOVA da composição de espécies de formigas coletadas no cacau e na área de floresta, Estação CEPLAC/ERJOH, Marituba, Pará, Brasil, outubro de 2004, com auxílio das técnicas de Winkler e pitfall

Fatores	Permanova $r^2$	P
Áreas	0,09	<0.001
Técnicas	0,22	<0.001

## Discussão

O número total de espécies de formigas coletado através das técnicas de Winkler e pitfall, tanto para a área de floresta (146 espécies) quanto para o cacau (114), pode ser considerado elevado em função do esforço de coleta. Em relação ao bioma Amazônico, no entanto, outros estudos baseados em esforços de amostragem bem mais amplos geograficamente ou temporalmente, claramente apontam uma riqueza parecida ou mais elevada de espécies (Majer e Delabie, 1994; Vasconcelos e Delabie, 2000; Souza et al., 2012). O padrão observado (subfamília Myrmicinae e gênero *Pheidole* predominantes) é similar em diferentes comunidades de Formicidae analisadas para a Região Neotropical (Kalif et al., 2001; Delabie et al., 2007; Calcaterra et al., 2010). A predominância do gênero *Pheidole* era esperada, uma vez que esse gênero hiperdiverso é o mais rico em espécies de toda a Região Neotropical (Wilson 2003).

Nosso estudo não confirma os resultados de trabalhos recentes sobre as comunidades de formigas epigeias na Amazônia que, surpreendentemente, aponta uma maior eficácia na amostragem por pitfall comparada à técnica de Winkler (Souza et al., 2012). Essa última técnica demonstrou de fato ser mais

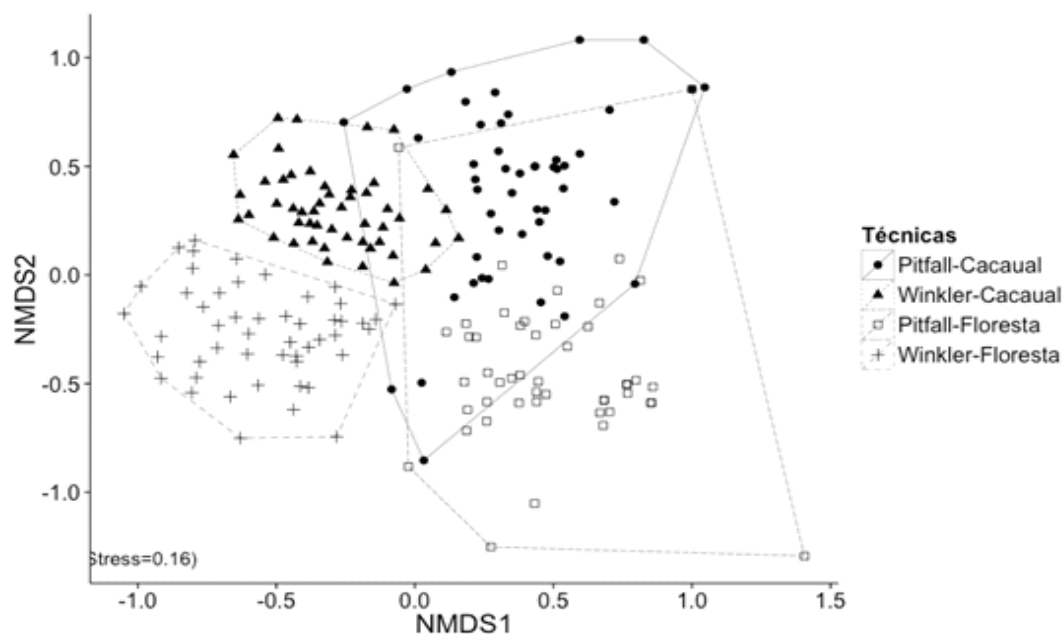


Figura 2. Composição de espécies de formigas presentes num cacau e numa área de floresta. Estação CEPLAC/ERJOH, Marituba, Pará, Brasil, outubro de 2004. Cada símbolo representa a técnica utilizada e a área estudada. Os polígonos representam os agrupamentos das formigas formados pela dissimilaridade da composição de espécies existente entre as técnicas e as áreas.

eficiente na amostragem da fauna de formigas epigeias tanto na área de floresta quanto no cacau, quando comparada com a amostragem por pitfall em ambas as áreas. A maior riqueza de espécies observadas com extrator de Winkler se deve ao método de amostragem extremamente eficiente na coleta de formigas diminutas da serapilheira (Guénard e Lucky, 2011; Sabu et al., 2011), estrato que comprovadamente abriga a parcela mais importante da mesofauna terrestre (Benson e Harada, 1988; Ward, 2000). Esse método de coleta contribuiu para capturar espécies que forrageiam na camada de folhas mortas caídas na superfície do solo, mas também as que são residentes nesse estrato que oferece numerosas oportunidades de nidificação. Por sua vez, a armadilha pitfall coleta com maior eficácia as grandes espécies que forrageiam na superfície do solo (Agosti et al., 2000).

O sistema de cultivo do cacau parece não influenciar a manutenção da diversidade de formigas que vivem ao nível do solo, na comparação com a área vizinha de floresta. No entanto, diferenças estruturais entre as comunidades de formigas do cacau e da floresta foram colocadas em evidência na serapilheira (Figura 2). Qualitativamente, essas diferenças parecem dever-se à diminuição da diversidade ou da frequência de ocorrência de alguns grupos de Myrmicinae (gêneros *Crematogaster* e *Pheidole*, além de algumas formigas que criam fungos, principalmente) e de pequenas Ponerinae (gêneros *Anochetus* e *Hypoponera*) (Tabela 1).

Características relacionadas ao manejo do cultivo dos cacauzeiros ajudam a compreender essas diferenças: 1) a roçagem contribui na diminuição da cobertura vegetal perto do solo (vegetação “rasteira”) impactando as espécies de formigas residentes da serapilheira que dependem de recursos disponíveis no meio. A intensificação de práticas agrícolas em agrossistemas está diretamente relacionado ao declínio de diversidade local (Perfecto et al., 1996), e nas comunidades de formigas pode afetar sua estrutura e, conseqüentemente, comprometer um importante papel funcional (ex. controle de pragas) (Philpott e Armbrrecht, 2006); 2) outras práticas fitossanitárias comuns em plantações de cacauzeiros, tais como aplicação de fungicidas e inseticidas, apesar de não terem sido documentadas na época da amostragem, podem também contribuir e/ou eliminar outros recursos usados pelas formigas residentes da serapilheira, tais como fungos e pequenos artrópodes.

Apesar das diferenças apontadas, nossos resultados corroboram outros estudos realizados nos cacauais do Sudeste da Bahia por nossa equipe (ver a síntese em Delabie et al., 2007), onde se constata que o agrossistema cacauzeiro possui uma mirmecofauna com uma riqueza de espécies que se aproxima quantitativamente à de uma floresta, evidenciando a extrema importância do sistema agroflorestal para conservação da biodiversidade.

## Agradecimentos

Ao pessoal da Estação de Recursos Genéticos José Haroldo (ERJOH-CEPLAC) de Marituba pelas facilidades de campo e laboratório oferecidas, à FAPESB, FAPEMIG e CNPq pela concessão de bolsas. A Marina Beirão pelo suporte na formatação gráfica. Esse estudo recebeu auxílios dos projetos 048/2003 e 011/2009 do Programa PRONEX SECTI-FAPESB/CNPq.

## Literatura Citada

- AGOSTI, D. et al. 2000. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, USA, Smithsonian Institution. 280p.
- ANDERSON, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- BASSET, Y. et al. 2002. Methodological advances and limitations in canopy entomology. *In: Basset, Y. et al. ed. Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge, UK, Cambridge University Press. pp. 7-16.
- BASSET, Y. et al. 2012. Arthropod diversity in a tropical forest. *Science* 338 (1481): 1481-1484.
- BENSON, W. W.; HARADA, A. Y. 1988. Local diversity of tropical ant faunas (Hymenoptera, Formicidae). *Acta Amazônica (Brasil)* 18: 275-289.
- BESTELMEYER, B. T. et al. 2000. Field techniques for the study of ground-living ants: an overview, description, and evaluation. *In: Agosti, D. eds. Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington, USA, Smithsonian Institution, pp. 122-144.
- BOLTON, B. 2014. *AntWeb: Ants of Bolton World Catalog*. Available from: <http://www.antweb.org/page.do?name=world>. Accessed 17 December 2014.

- CALCATERRA, L. A. et al. 2010. Ground ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in the Iberá Nature Reserve, the largest wetland of Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 103: 71-83.
- CASSANO, C. R. et al. 2008. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18: 577-603.
- CEPLAC-DEPEA. 1985. Informe de Pesquisas 1985, Setor de Bibliografia e Documentação, Bélem.
- COLWELL, R. K. 2006. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>..
- CRAWLEY, M. 2007. *Statistical Computing: an introduction to data analysis using S-plus*. London, John Wiley and Sons. 772p.
- DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H. G. 1995. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. *Pedobiologia* 39: 423-433.
- DELABIE, J. H. C. et al. 2007. 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* 16 : 2359-2384.
- DELABIE J. H. C. et al. 2009. Ants as biological indicators of Wayana Amerindians land use in French Guiana. *Comptes Rendus Biologies* 332 : 673-684.
- DONALD, P. F. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology* 18 : 17-37.
- FLOREN, A. ; LINSEMAIR, K. E. 2005. The importance of primary tropical rain forest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example. *Ecosystems* 8: 559-567.
- GAMA, J. R. V. et al. 2005. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. *Revista Árvore (Brasil)* 29: 607-616.
- GUÉNARD, B.; LUCKY, A. 2011. Shuffling leaf litter samples produces more accurate and precise snapshots of terrestrial arthropod community composition. *Environmental Entomology* 40: 1523-15
- GROC, S. et al. 2009. Baseline study of the leaf-litter ant fauna in a French Guianese Forest. *Insect Conservation and Diversity* 2 : 183-193.
- GROC, S. et al. 2014. Leaf-litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in a pristine Guianese rainforest: stable functional structure versus high species turnover. *Myrmecological News* 19 : 43-51
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. 732p.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. 1994. *Journey to the ants: a story of scientific exploration*. Belknap Press, Harvard University Press. 228 p.
- KALIF, K. A. B. et al. 2001. The effect of logging on the ground-foraging ant community in Eastern Amazonia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36 : 215-219.
- KÖPPEN, W. 1936. *Das Geographisches system der Klimate*. Handbuch der Klimatologie. Ed: Köppen, W., Geiger, W. ed., Berlin, Gebrüder Bornträger. v.3.
- LAPOLLA, J. S. et al. 2007. Leaf litter ant diversity in Guyana. *Biodiversity and Conservation* 16: 491-510.
- LISBOA, P. L. B. 2009. *Caxiuanã. Desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia*. Belém, PA, Museu Paraense Emílio Goeldi . 671p.
- LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology* 83: 689-702.
- MAJER, J. D.; J. H. C. DELABIE. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas, in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux* 41: 343-359.
- MANN, W. M. 1916. The Stanford expedition to Brazil, 1911, John C. Branner, Director. *The ants of Brazil*. *Bulletin of Comparative Zoology* 60 (11): 399-490.
- MIRANDA, P. N. et al. 2012a. Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Eastern Acre, Amazon, Brazil. *Check List* 8(4): 722-730.
- MIRANDA, P. N. et al. 2012b. A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em floresta tropical no Estado do Acre. *Revista Árvore (Brasil)* 37 (1): 163-173.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- MOTAMAYOR, J. C. et al. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). *PlosOne* 3: 3311.
- OKSANEN, J. et al. 2013. *Vegan: community Ecology Package*. <[cran.r-project.org/package=vegan](http://cran.r-project.org/package=vegan)>. Accessed in October, 2013.
- OLIVEIRA, M. A. et al. 1995. A fauna de formigas em povoamentos de eucalipto e mata nativa no Estado do Amapá. *Acta Amazonica (Brasil)* 25: 117-126.
- OLIVEIRA, M. A. et al. 2009. Ant diversity in an area of the Amazon Forest in Acre, Brazil. *Sociobiology* 54: 243-267.
- PERFECTO, I. et al. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46:598-608.

- PHILPOTT, S. M.; ARMBRECHT, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31:369-377.
- PHILPOTT, S. M.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 2006. Effects of management system and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation* 15: 139-155.
- R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. <http://www.R-project.org>. Accessed in October, 2012.
- RESTIMA, R. ; PARRISH, J. D. ; MCLARNEY, W. 2001. The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in southeastern Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53 : 185-193.
- RICE, R. A.; GREENBERG, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 255-264.
- SABU, T. K. et al. 2011. A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science* 11: Article 28.
- SAMBUICHI, R. H. R. ; HARIDASAN, M. 2007. Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. *Biodiversity Conservation* 16: 3681-3701.
- SANTOS, J. C.; DELABIE, J. H. C.; FERNANDES, G. W. 2008. A 15-years post evaluation of the fire effects on ant community in an area of Amazonian forest. *Revista Brasileira de Entomologia* 52:82-87.
- SCHROTH, G. et al. 2011. Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 20:1335-1354.
- SILVA, G. R.; SILVA Jr, M. L.; MELO, V. S. 2006. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. *Acta Amazonica*, (Brasil) 36:151-158.
- SILVA, C. J. et al. 2007. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazônica* 37:543-548.
- SILVEIRA, J. M. et al. 2012. Responses of leaf-litter ant communities to tropical forest wildfires vary with season. *Journal of Tropical Ecology* 28:515-518.
- SOMARRIBA, E.; BEER, J.; MUSCHLER, R. G. 2001. Research methods for multistrata agroforestry systems with coffee and cacao: Recommendations from two decades of research at CATIE. *Agroforestry Systems* 53:195-203.
- SOMARRIBA, E. et al. 2004. Biodiversity conservation in Neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. In: Schroth, G. et al . eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington. pp. 198-226.
- SOUZA, J. L. P. et al. 2007. Diversidade de espécies dos gêneros de *Crematogaster*, *Gnamptogenys* e *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) e complementaridade dos métodos de coleta durante a estação seca numa estação ecológica no estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica* (Brasil) 37: 649-656.
- SOUZA, J. L. P. et al. 2012. Trade-offs between complementarity and redundancy in the use of different sampling techniques for ground-dwelling ant assemblages. *Applied Soil Ecology* 56: 63-73.
- TOBIN, J. E. 1995. Ecology and diversity of tropical forest canopy ants. In: Lowman, M.D.; Nadkarni, N.M. ed. *Forest Canopies*. San Diego, California, Academic Press. pp.129-147.
- TREVISAN, O. et al. 2011. Manejo integrado das pragas do cacauero do Estado de Rondônia. Porto Velho, RO, CEPLAC. 35p.
- TSCHARNTKE, T. et al. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and process - eight hypotheses. *Biological Reviews* 87: 661-685.
- VASCONCELOS, H. L.; DELABIE, J. H. C. 2000. Ground ant communities from Central Amazonia forest fragments. In: Agosti, D. eds. *Sampling ground-dwelling ants: Case studies from the World's rain forests*. Perth, Australia, Curtin University School of Environmental Biology Bulletin, nº 18. pp. 59-70.
- VASCONCELOS, H. L.; CARVALHO, K. S.; DELABIE, J. H. C. 2001. Landscape modifications and ant communities. In: Bierregaard Jr., R. O. et al. eds. *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven, Connecticut, USA, Yale University Press. pp.199-207.
- VASCONCELOS, H. L.; MACEDO, A. C. C.; VILHENA, J. M. S. 2003. Influence of topography on the distribution of ground-dwelling ants in an Amazonian forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38:115-124.
- WARD, P. S. 2000. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. In: Agosti, D. eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London, Smithsonian Institution Press. pp. 99-121.
- WILSON, E. O. 1987. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forest: A first assessment. *Biotrópica* 19: 245-251.
- WILSON, E. O. 2003. *Pheidole* in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus. Cambridge, Massachusetts, USA, Harvard University Press. 794p. ●