

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

JHONATAN ANDRÉS MUÑOZ GUTIÉRREZ

**TÁXONS SUPRAESPECÍFICOS (SUBFAMÍLIA E GÊNERO) COMO
ALTERNATIVA PARA A ESTIMAÇÃO DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE
FORMIGAS (HYMENOPTERA- FORMICIDAE) EM DIFERENTES ESTADOS
SUCESSIONAIS DA FLORESTA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL.**

**SÃO LUÍS
MARANHÃO-BRASIL**

2016

JHONATAN ANDRÉS MUÑOZ GUTIÉRREZ

Tecnólogo Agroambiental

Engenheiro Agropecuario

**TÁXONS SUPRAESPECÍFICOS (SUBFAMÍLIA E GÊNERO) COMO
ALTERNATIVA PARA A ESTIMAÇÃO DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE
FORMIGAS (HYMENOPTERA- FORMICIDAE) EM DIFERENTES ESTADOS
SUCESSIONAIS DA FLORESTA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para
obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau

Coorientador: Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie

**SÃO LUÍS
MARANHÃO-BRASIL
2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

JHONATAN ANDRÉS MUÑOZ GUTIÉRREZ

**TÁXONS SUPRAESPECÍFICOS (SUBFAMÍLIA E GÊNERO) COMO
ALTERNATIVA PARA A ESTIMAÇÃO DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE
FORMIGAS (HYMENOPTERA- FORMICIDAE) EM DIFERENTES ESTADOS
SUCESSIONAIS DA FLORESTA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NA
AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL.**

Defesa Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau - UEMA

Prof. Dr. Glécio Machado Siqueira - UFMA

Prof. Dra. Raimunda Nonata Santos de Lemos - UEMA

DEDICO

As minhas mães Betty Gutiérrez (Calcutá) e Martha Barrientos (avó) que são as melhores, pois uma vida inteira e palavras seriam insuficientes para expressar todo esse sentimento.

¶mo vocês.

A Silvia amor de meus amores por transmitir sempre tranquilidade com suas palavras e nos seus atos.

A meu pai Elkin Rojas por me ensinar o caminho da humildade e solidariedade.

A minha Irmã Jacqueline Rojas por me ensinar o caminho da luta e da importância de sempre sonhar.

A meu avô Gilberto Gutiérrez (Buda) por me ensinar o caminho da honestidade, indispensável na formação de meu caráter.

A todos os meus familiares por sempre transmitirem energias positivas e respeitarem minhas escolhas de vida.

Ao Maranhão que me fez liberar toda energia que precisava para me encontrar, apesar de seus contrastes que me fizeram temer em algumas ocasiões. Ainda assim, senti-me abraçado, protegido e principalmente porque nesta terra reuni uma nova família para compartilhar toda essa energia (Robinson (Pasto), Bia, Ceália, Talita, Yuri, Ray, Ede, Junior, Luis (veneco), Jesus, Ernesto. Hoje tudo o que eu quero te dizer Maranhão de meus amores, é que te sinto parte de mim. Muito obrigado, estarás sempre no meu coração, na minha alma, no meu viver. Espero te sentir em breve e te ver como um buraco negro recém nascido, emitindo energia cósmica, deixando no passado, aqueles males que poluíam tua essência como se fosses um objeto só do interesse do capital.

¶mo todos vocês

AGRADECIMENTOS

Ao Universo e sua energia cósmica intergaláctica, pela nova possibilidade de mudar minha existência, sempre do lado de excelentes pessoas.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão pelas várias contribuições nesta caminhada.

Ao meu orientador e amigo Guillaume Xavier Rosseau pela confiança e especialmente por transmitir a energia da possibilidade de um mundo melhor.

Ao meu co-orientador Jacques Hubert Delabie, por conceder um espaço em no seu laboratório e por me mostrar a tranquilidade, humildade que um grande cientista precisa para mudar e construir um novo mundo.

A equipe de trabalho: Hulda Rocha, Ernesto Gomez, Marcio Fernandes, Marcelo Azelarayan, Guillaume Rosseau, pessoas maravilhosas que tornaram prazerosos os dias de trabalho de campo por terras tão encantadoras que cativaram em muitos momentos minha alma. Muito obrigado mesmo.

A todos (as) os agricultores (as) das áreas pesquisadas, pela receptividade e ajuda no trabalho de campo.

Ao grupo de mirmecologia CEPEC/CEPLAC, de Ilhéus-BA, que em um mês de intenso trabalho ao compartilhamos conhecimentos e experiências de fundamental apoio para pesquisa e garantimos proficiente integração.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão pelo financiamento da pesquisa.

Aos meus colegas da turma de Pós-Graduação em Agroecologia.

A Fabricio Baccaro, Ciro Libido, Marcio Fernandes e Danielle Celentano por suas importantes contribuições e sugestões durante todo o caminho desta experiência.

Deixe-me ir, preciso andar
Vou por aí a procurar
Rir pra não chorar

Se alguém por mim perguntar
Diga que eu só vou voltar
Depois que eu me encontrar

CARTOLA
(1908 - 1980)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 BIODIVERSIDADE.....	11
2.1.1 Perdas da biodiversidade.....	11
2.2 RESOLUÇÃO TAXONÔMICA	12
2.2.1 Substitutos para a estimação da biodiversidade.....	12
2.2.2 Substitutos de taxa superiores	13
2.2.3 Uso de morfoespécies como substitutos.....	14
2.2.4 Macroinvertebrados como táxons substitutos da riqueza de espécies.....	15
2.3 FORMICIDAE	16
2.3.1 Aspectos gerais de formicidae	16
2.3.2 Serviços ambientais prestados pelas formigas no solo	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
4. CAPÍTULO 1: Taxones superiores de hormigas (Hymenoptera-Formicidae), como sustitutos de la riqueza de especies, en una cronosecuencia del bosque, bosque primario y sistemas agroforestales en la Amazonía Oriental, Brasil.	22
Abstract.....	22
INTRODUCCIÓN	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN	25
AGRADECIMIENTOS	27
RESUMEN	28
REFERENCIAS.....	28
CAPÍTULO 2: Inventario de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do solo e da serapilheira da Amazônia Maranhense, Brasil.....	38
RESUMO.....	38
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
RESULTADOS.....	42
DISCUSSÃO	42
AGRADECIMENTOS	44
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Curvas de rarefacción de especies de hormigas extrapoladas en: Bosque primario (BP) Bosque secundario Avanzado (BSA), Bosque secundario intermedio (BSI), Bosque secundario joven (BSJ), Área abierta uso agrícola (AA), Sistema agroforestal (SAF), Bosque ribereño Primario (BRP), Bosque secundario ribereño avanzado (BSRA) y Bosque secundario ribereño joven (BSRJ), en la Amazonía Oriental, Brasil. 36
- Figura 2. Relación entre la riqueza de especies y la riqueza de géneros (Gen) y subfamilias (Subf) en hormigas en: Bosque primario (BP) Bosque secundario avanzado (BSA), Bosque secundario joven (BSJ), Bosque secundario intermedio (BSI), Área abierta (AA), Sistema agroforestal (SAF), Bosque ribereño primario (BRP), Bosque secundario ribereño avanzado (BSRA), Bosque secundario ribereño joven (BSRB), y para el total de áreas (TTA) en la Amazonía Oriental, Brasil..... 37
- Figura 1. Núcleos de coleta no Estado do Maranhão, Brasil..... 48

LISTA DE TABELAS

Cuadro 1. Municipios, estados de sucesión vegetal del bosque y sistemas agroforestales muestreados en la Amazonía Oriental, Brasil.	34
Cuadro 2. Riqueza de especies de hormigas en una cronosecuencia del bosque, bosque primario y sistema agroforestal en la Amazonía Oriental, Brasil.....	36
Tabela 1. Localidade e descrição das áreas amostradas, na Amazônia Maranhense, no período de 2011 a 2014.	49
Tabela 2. Número de espécies por subfamília por núcleo de amostragem.....	51
Tabela 3. Lista de especies de formigas na Região Amazônica, Maranhão, Brasil	52

1. INTRODUÇÃO

A destruição dos ecossistemas e perda acelerada da diversidade biológica nas regiões tropicais é evidente e segundo os resultados do Programa de Avaliação Florestal Mundial 13 milhões de hectares de florestas são desmatados anualmente no mundo, sendo América Latina uma das regiões mais afetadas com taxas de quatro milhões ao ano. (FAO, 2010).

Na Amazônia brasileira, por exemplo, o desmatamento continua em atividade seja para o estabelecimento de pastagens para gado especialmente bovino ou de soja como é o caso em algumas regiões (FEARNSIDE, 2006, 2010). Estima-se que 20 % do Bioma Amazônico foi perdido (LEMOS; SILVA, 2011). Especificamente a região biogeográfica denominada como Centro de Endemismo Belém (CEB) é catalogada como uma das áreas mais ameaçadas, na qual os remanescentes de floresta primária ocupam apenas 24 % da paisagem, e as florestas secundárias 18,6 % (ALMEIDA; VIEIRA, 2010). De modo que, um dos maiores desafios é o planejamento e gestão sistemática para o desenvolvimento sustentável do Bioma Amazônico (REGINA et al., 2010).

O Bioma Amazônico abriga uma diversidade elevada de espécies, embora, para grupos como os invertebrados tanto a riqueza quanto as distribuições são pouco conhecidas (LAVELLE et al., 2001; FEARNSIDE, 2006). Neste contexto, a sustentabilidade, preservação e manejo dos ecossistemas dependerão da medida do conhecimento e distribuição das espécies. Conhecimento que na prática é quase impossível por serem atividades que demandam alto investimento em recursos humanos e dinheiro (NEESON; VAN RIJN; MANDELIK, 2013; VIEIRA et al., 2012).

Deste modo com a necessidade de estimar a riqueza e a distribuição das espécies em menor tempo e para superar a falta de taxonomistas (CARDOSO et al., 2004; ROSSER; EGGLETON, 2012), a abordagem de táxons superiores (GASTON; WILLIAMS, 1993) tem sido implementada como alternativa para estimar a riqueza das espécies em plantas (BALMFORD; JAYASURIYA; GREEN, 1996a; GASTON; BLACKBURN, 1995; MAZARIS et al., 2010), mamíferos (GRELLÉ, 2002) e invertebrados (BÁLDI, 2003; CARDOSO et al., 2004; GARDNER et al., 2012). No entanto, a informação continua sendo escassa no que diz respeito às comunidades de macroinvertebrados do solo, por serem considerados táxons com elevada diversidade, sobretudo nas regiões tropicais

(BALMFORD; JAYASURIYA; GREEN, 1996a; HEINO; SOININEN, 2007; NEESON; VAN RIJN; MANDELIK, 2013).

Dentro dos invertebrados as formigas são consideradas como um dos grupos mais diversos (FOLGARAIT, 1998) e importantes por sus funções e interações ecológicas (LAVELLE et al., 2006). Por conseguinte, a geração de ferramentas metodológicas que permitam a valoração da riqueza das espécies das formigas do solo, nos sistemas naturais como nos agroecossistemas no Bioma Amazônico de maneira mais rápida é indubitavelmente importante para tomada de decisões em matéria de conservação e aproveitamento dos serviços ecossistêmicos prestados pelas formigas.

O objetivo deste trabalho foi identificar as espécies de formigas e estimar a riqueza de espécies do solo por meio dos táxons superiores (subfamília e gênero) em diferentes estados sucessionais vegetais da floresta e sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental, Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIODIVERSIDADE

2.1.1 Perdas da biodiversidade

A biodiversidade definida de acordo com a Convenção da Diversidade Biológica - CDB (1992) significa “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, os ecossistemas terrestres, aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; além da dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

A perda acelerada da diversidade e seus serviços ecossistêmicos como consequência da degradação dos ecossistemas é uma preocupação latente (PEREIRA et al., 2010). Por exemplo, com a redução de 1/3 das florestas tropicais nas últimas quatro décadas estima-se que foram extintas 50.000 espécies por ano e apenas 7.000 delas são conhecidas (CRISCI, 2006). No entanto, estes dados podem ser variáveis e especialistas calculam que entre 0,01 e 0,1% de todas as espécies são extintas por ano (WWF, 2015).

Na Amazônia brasileira, as principais causas da perda da biodiversidade são a expansão da fronteira agropecuária e o crescimento da população (SOUZA et al., 2013; VANDERMEER; PERFECTO, 2007). Nesse contexto, a região Amazônica perdeu 169.074 km² de florestas no período compreendido entre o ano 2000 e 2010. Adicionalmente 50.815 km² de floresta foi impactada pela extração ou queima (SOUZA et al., 2013). Segundo dados gerados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015), para o período 1988- 2015 o estado do Maranhão registrou a perda de 24.412 km² e o estado do Pará 139.862 km² de florestas, posicionando-o como o quarto estado da região Amazônica e primeiro respectivamente com as maiores taxas de desmatamento na Amazônia Oriental Brasileira.

Desafortunadamente o panorama não muda e pelo contrário a exploração irracional dos recursos e desmatamento para expandir as monoculturas tipo soja e criação de gado avançam rapidamente.

2.2 RESOLUÇÃO TAXONÔMICA

2.2.1 Substitutos para a estimativa da biodiversidade

Os critérios para um táxon ou grupo ser utilizados como substituto da biodiversidade se relacionam com as vantagens metodológicas e taxonômicas: Fácil de amostrar, identificar e que os padrões de distribuição sejam equivalentes com outros grupos taxonômicos. Isto quer dizer que a diversidade seja usada como uma referência, independentemente da disponibilidade de especialistas, custos de amostragem e identificação das espécies (LANDEIRO et al., 2012; MORENO et al., 2008). Além disso, a escala da resolução taxonômica dependerá dos objetivos do estudo, sendo, por exemplo, para medidas de conservação e bioindicação o nível de espécie o mais adequado (NAHMANI; LAVELLE; ROSSI, 2006).

A quantificação da diversidade de espécies e o monitoramento dela é quase impossível ao 100 % por razões econômicas e humanas (FOLGARAIT, 1998; NEESON; VAN RIJN; MANDELIK, 2013; VIEIRA et al., 2012). Por esse motivo, a ferramenta dos grupos substitutos se apresenta como uma alternativa para sobrepor tal dificuldade (GASTON; BLACKBURN, 1995; NIELSEN et al., 2009; VIEIRA et al., 2012). Dentro

dos substitutos utilizados se incluem: I) atributos ambientais (DALLEAU et al., 2010), II) táxon por táxon, o qual representa os padrões de biodiversidade de outros grupos da biota (LANDEIRO et al., 2012; LEAL et al., 2010) e III) substitutos de taxas superiores no qual a riqueza de família, gênero ou de outros níveis explica a riqueza das espécies (GASTON; BLACKBURN, 1995; MORENO et al., 2008).

2.2.2 Substitutos de taxa superiores

Esta ferramenta se baseia na premissa que o táxon mais elevado (família, gênero) para uma área, é mais conhecido do que as espécies (VIEIRA et al., 2012). Desse modo, o tempo e esforço são menores (LIN et al., 2012; OLIVER et al., 2014; VIEIRA et al., 2012) e a utilização de recursos humanos não especialistas (parataxónomos) para a identificação não comprometem a exatidão científica das espécies (OLIVER et al., 2014; VIEIRA et al., 2012).

Dentro do uso dos substitutos existem fatores limitantes que devem ser levados em conta: o tamanho da área de estudo, localização geográfica e esforço de amostragem (GASTON; WILLIAMS, 1993). No entanto, no trabalho desenvolvido com aranhas por Cardoso et al. (2004), nem a localização geográfica nem o tipo de habitat influenciaram o poder de resolução no nível do gênero, sendo o esforço de amostragem o fator mais importante. Do mesmo modo, Vieira et al. (2012) em seu trabalho com Spheciformes (Hymenoptera), reconhece que deve-se considerar o nível de esforço amostral, sendo o médio e o alto esforço os mais estáveis entre a riqueza das espécies e os gêneros.

Apesar do seu desempenho dos táxons superiores como substitutos, os resultados divergentes resultam em um não consenso claro sobre a resolução e utilização taxonômica adequada. De forma que os substitutos poderiam servir em algumas aplicações, mas não em outras. ver (LEWANDOWSKI; NOSS; PARSONS, 2010; NEESON; VAN RIJN; MANDELIK, 2013). Além disso, Vieira, et al. (2012), menciona que taxas mais elevadas não são unidades naturais, porque seus constituintes podem não ser necessariamente relacionados do ponto de vista evolutivo.

Entretanto, Neeson et al. (2013), suspeita que as diferenças entre as estruturas das comunidades podem explicar as variações no desempenho dos táxons superiores, assim como abundância e riqueza das espécies. Por outro lado, Segundo Rosser; Eggleton, (2012)

para ser usado com sucesso um táxon substituto, requer uma alta consideração na escala e na taxonomia do grupo e por tal razão consideram que os grupos substitutos não deveriam ser utilizados para invertebrados.

Finalmente, deve-se ressaltar que a abordagem táxon superior não é viável, se existe a necessidade de mapear as ocorrências de espécies raras, que obviamente, desempenham papéis importantes nas decisões de conservação (HEINO; SOININEN, 2007).

Desse modo, embora as utilizações dos táxons superiores apresentem certas dificuldades, não deixa de ser uma ferramenta útil e rápida que tem sido utilizada em diversas pesquisas na escala regional e mundial sobre diferentes componentes da biodiversidade. Por exemplo, Gaston; Blackburn, (1996) reportam que o nível de família e gênero em aves apresenta correlações fortes com a riqueza de espécies; Mazaris et al. (2010), confirmou que o nível de família ou gênero para as plantas é uma boa aproximação da riqueza das espécies, e Grelle, (2002) documentou para mamíferos que o nível do gênero é um substituto útil da riqueza de espécies que ocorrem na Amazônia e América Central. ver também (BALMFORD; JAYASURIYA; GREEN, 1996b; GROC et al., 2010; LEWANDOWSKI; NOSS; PARSONS, 2010; PINTO et al., 2008; ROSSER; EGGLETON, 2012).

2.2.3 Uso de morfoespécies como substitutos

O conhecimento da identidade das espécies no planeta é ainda incipiente, com muitas espécies por descobrir e descrever. Sendo assim, um dos grandes desafios é a identificação taxonômica das espécies de invertebrados, mas um dos maiores impedimentos está na falta de taxonomistas e recursos econômicos (CARDOSO et al., 2011). Todavia, este problema poderia diminuir por meio da utilização de pessoal treinado e capacitado (Parataxonomista), que podem identificar através de amostras de invertebrados em morfoespécies (GERLACH; SAMWAYS; PRYKE, 2013).

Samways et al. (2010) consideram uma morfoespécie como aquela unidade que é utilizada para designar uma entidade claramente reconhecível, pensado para ser equivalente a uma espécie, mas não formalmente chamada como tal. A chave fundamental para esta abordagem é que os indivíduos de uma espécie encontrada em diferentes amostras são atribuídos ao mesmo nome da espécie (morfoespécies) permitindo assim o

estudo da composição e beta-diversidade entre diferentes lugares sem ter que esperar que os exemplares coletados sejam identificados até espécie. (GERLACH; SAMWAYS; PRYKE, 2013).

Embora, esta abordagem de morfoespécies não substitua a taxonomia (GERLACH; SAMWAYS; PRYKE, 2013), tem sido aceita de modo geral na área da biologia da conservação e diversidade de espécies. A classificação por paratáxonomos é uma abordagem confiável e conservadora e resulta em um menor número de unidades do que o número real de espécies (KRELL, 2004).

2.2.4 Macroinvertebrados como táxons substitutos da riqueza de espécies

Apesar da existência de trabalhos utilizando substitutos superiores, poucos são os trabalhos que envolvem os macroinvertebrados do solo. Por exemplo Rosser; Eggleton (2011) em seu estudo com coleópteros e formigas da serapilheira, sugerem que o gênero pode ser um bom substituto da riqueza das espécies para coleópteros, mas não para formigas. Entretanto Báldi (2003) ao utilizar táxons substitutos superiores para estimar a riqueza de espécies de coleóptera, Díptera e Acari, encontrou que tanto ao nível de família como gênero são bons substitutos nos grupos estudados.

Na situação de Nahmani; Lavelle; Rossi (2006) ao estudar a alteração da resolução taxonômica nos macroinvertebrados do solo, sugerem que para estudos onde as espécies sejam tratadas como bioindicadoras, o nível de espécie é o mais preciso, isso porque, o nível de família ou gênero nem sempre formam grupos homogêneos que respondam a uma determinada perturbação do ambiente.

Outras pesquisas com invertebrados mostram resultados positivos com o uso dos táxons substitutos, Vieira et al. (2012) no trabalho desenvolvido com Spheciformes (Hymenoptera) reportam que o nível do gênero, é um substituto viável para a seleção de lugares para a conservação ao permitir a inclusão de 89 % da riqueza das espécies. De igual maneira, Cardoso et al. (2004) no trabalho realizado com aranhas em Portugal reportam que o nível do gênero, é um substituto viável da riqueza das espécies, como um abordagem preliminar para propostas de conservação, assim como em lugares onde a diversidade é pouco conhecida.

2.3 FORMICIDAE

2.3.1 Aspectos gerais de formicidae

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são consideradas como um dos grupos sociais, mais representativos da diversidade mundial (FOLGARAIT, 1998) e detêm grande importância dentro da fauna do solo e em geral dos ecossistemas (CABRERA, 2012; LAVELLE et al., 2006). Na atualidade cerca de 13.500 espécies têm sido identificadas no mundo (ANTWIKI, 2015). Sendo 3.100 espécies na região neotropical. Região que se caracteriza por possuir uma das maiores riquezas de formigas no mundo (FERNANDEZ; SENDOYA, 2004). Até o momento, estima-se que o Brasil possua mais de 1.464 espécies de formigas divididas em 112 gêneros e 14 subfamílias (ANTWIKI, 2015). Não obstante, persiste um vazio de informações básicas (riqueza e distribuição de espécies) para muitas Regiões do Neotrópico (LATTKE, 2003), como por exemplo nos Estados do Maranhão e Pará, considerados como um dos mais antropizados da região Amazônica e com um incipiente conhecimento da diversidade de formigas.

2.3.2 Serviços ambientais prestados pelas formigas no solo

O solo é um componente essencial nos agroecossistemas e suportam muitos serviços ecossistêmicos como: I) provisionamento de alimentos, II) regulação do sistema hídrico e III) sequestro de carbono entre outros (HENNERON et al., 2014). Estes serviços são intermediados pelas formigas do solo, as quais representam cerca do 15% da biomassa na Floresta Amazônica Central (AGOSTI et al. 2000) e junto com os cupins formam aproximadamente um terço da biomassa nas florestas tropicais (FOLGARAIT, 1998). Devido a suas múltiplas funções que desempenham na estruturação e funcionamento desses ecossistemas (VASCONCELOS; LAURANCE, 2005; VASCONCELOS, 1999), têm sido considerados como engenheiros do solo (LAVELLE et al., 2006). Esta denominação está ligada por sua intervenção direta ou indireta em processos como: (I) regulação dos ciclos biogeoquímicos, físicos e biológicos, mediante a remoção de grandes quantidades de solo, (II) reciclagem de nutrientes, (III) construção e manutenção da porosidade, (IV) influência nas propriedades hidráulicas, e (V) regulações dos demais organismos terrestres, plantas ou animais (KASPARI, 2003; (LAVELLE et al., 2006; SNYDER; HENDRIX, 2008). De igual modo, por sua capacidade de interação com outros organismo e resiliência ante perturbações antropogênicas têm sido utilizadas como grupo

bioindicador de mudanças ambientais (FOLGARAIT, 1998), e nesse aspecto, são amplamente utilizadas em diferentes regiões do mundo em estudos e programas de conservação, monitoramento e avaliação ambiental (ANDERSEN, 1997; ANDERSEN et al., 2004; GRAHAM et al., 2009; KING; ANDERSEN; CUTTER, 1998; PAIS; VARANDA, 2010).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds.). 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington, Biological Diversity Handbook Series, Smithsonian Institution Press, 280 p.

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Centro de Endemismo Belém; status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **Revista de Estudos Universitários**, v 36, p. 95-111, 2010.

ANDERSEN, A. N. Using ants as bioindicators: Multiple issues in ant community ecology. **Conservation Ecology**, v. 1, n. 1, p. 1-17, 1997.

ANDERSEN, A. N.; FISCHER, A.; HOFFMANN, B. D.; LEIA, J. L.; RICHARD, R. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. **Austral Ecology**, v. 29, n. 1, p. 87-92, 2004.

ANTWIKI.ORG. Disponível em: <www.antwiki.org/wiki/Diversity_by_Country>. Acesso em 19 Novembro. 2015.

BÁLDI, A. Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera, and Acari species in Central-Hungarian reserves. **Basic and Applied Ecology**, v. 593, p. 589-593, 2003.

BALMFORD, A.; JAYASURIYA, A. H. M; GREEN, M. J. B. Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: II. Local applications. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 263, n. 1376, p. 1571-1575, 1996.

CABRERA, G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 4, p. 346-363, 2012.

CARDOSO, P.; ERWIN, T. L.; BORGES, P. A. V.; NOVA, T. R. et al. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological Conservation**, v. 144, n. 11, p. 2647-2655, 2011.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PADOVESI-FONSECA, C. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. **Journal of Soils and Sediments**, v. 10, n. 1, p. 89-103, 2010.

CARDOSO, P.; SILVA, I.; OLIVEIRA, N.; SERRANO, A. R. Higher taxa surrogates of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. **Biological Conservation**, v. 117, n. 4, p. 453-459, 2004.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA - CDB. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf>. Acesso em 19 Novembro. 2015.

CRISCI, J. V. Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación. Gayana. **Botánica**, v. 63, n. 1, p. 106-114, 2006.

DALLEAU, M.; et al. Use of habitats as surrogates of biodiversity for efficient coral reef conservation planning in Pacific Ocean islands. **Conservation Biology**, v. 24, n. 2, p. 541-552, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>>. Acesso em 15 outubro. 2014.

FEARNSIDE, P. M. Consequências do Desmatamento. **Scientific American Brasil Biodiversidade Especial**, v. 3, p. 54-59, 2010.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FERNANDEZ, F., SENDOYA, S. Lista de las hormigas Neotropicales. **Biota Colombiana**, v. 5, n. 1, p. 1-93, 2004.

FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity & Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221-1244, 1998.

GARDNER, T. A.; et al. A framework for integrating biodiversity concerns into national REDD+ programmes. **Biological Conservation**, v. 154, p. 61-71, 2012.

GASTON, K. J.; BLACKBURN, T. M. Mapping biodiversity using surrogates for species richness: macro-scales and New World birds. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 262, n. 1365, p. 335-341, 1995.

GASTON, K. J.; WILLIAMS, P. H. Mapping the world's species-the higher taxon approach. **Biodiversity Letters**, p. 2-8, 1993.

GERLACH, J.; SAMWAYS, M.; PRYKE, J. Terrestrial invertebrates as bioindicators : an overview of available taxonomic groups. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 4, p. 831-850, 2013.

GRAHAM, J. H.; KRZYSIK, A. J.; KOVACIC, D. A.; DUDA, J. J.; FREEMAN, D. C.; EMLÉN, J. M.; ZAK, J. C.; LONG, W. R.; WALLACE, M. P. Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 5, p. 866-877, 2009.

GRELLE, C. E. V. Is higher-taxon analysis an useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity?. **Biological Conservation**, v. 108, n. 1, p. 101-106, 2002.

GROC, S.; DELABIE, J. H. C.; LONGINO, J. T.; ORIVEL, J.; MAJER, J. D.; VASCONCELOS, H. L.; DEJEAN, A. A new method based on taxonomic sufficiency to simplify studies on Neotropical ant assemblages. **Biological Conservation**, v. 143, n. 11, p. 2832-2839, 2010.

HEINO, J.; SOININEN, J. Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms?. **Biological Conservation**, v. 137, n. 1, p. 78-89, 2007.

HENNERON, L.; et al. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 1, p. 169-181, 2015.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes [en línea] *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Web site*. acceso Enero 6, 2016, en <http://www.obt.inpe.br/prodes>.

KING, J. R.; ANDERSEN, A. N.; CUTTER, A. D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity & Conservation**, v. 7, n. 12, p. 1627-1638, 1998.

KRELL, F. T. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies—pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 4, p. 795-812, 2004.

LANDEIRO, V. L. et al. How far can we go in simplifying biomonitoring assessments? An integrated analysis of taxonomic surrogacy, taxonomic sufficiency and numerical resolution in a megadiverse region. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 366-373, 2012.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; & ROSSI, J. P. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna?. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 53-61, 2001.

LATTKE, J. E. Biogeografía de las hormigas neotropicales. In: Fernández F. (Ed.). In: Introducción a las hormigas de la región Neotropical Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003.

LIN, S.; YOU, M. S.; VASSEUR, L.; YANG, G.; LIU, F. J.; GUO, F. Higher taxa as surrogates of species richness of spiders in insect-resistant transgenic rice. **Insect Science**, v. 19, n. 3, p. 419-425, 2012.

MAZARIS, A. D.; KALLIMANIS, A. S.; TZANOPOULOS, J.; SGARDELIS, S. P.; PANTIS, J. D. Can we predict the number of plant species from the richness of a few

common genera, families or orders?. **Journal of applied ecology**, v. 47, n. 3, p. 662-670, 2010.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LEAL, I. R.; BIEBER, A. G. D.; TABARELLI, M.; ANDERSEN, A. N. Biodiversity surrogacy: indicator taxa as predictors of total species richness in Brazilian Atlantic forest and Caatinga. **Biodiversity and conservation**, v. 19, n. 12, p. 3347-3360, 2010.

LEWANDOWSKI, A. S.; NOSS, R. F.; PARSONS, D. R. The effectiveness of surrogate taxa for the representation of biodiversity. **Conservation Biology**, v. 24, n. 5, p. 1367-1377, 2010.

NAHMANI, J.; LAVELLE, P.; ROSSI, J. P. Does changing the taxonomical resolution alter the value of soil macroinvertebrates as bioindicators of metal pollution?. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 2, p. 385-396, 2006.

NEESON, T. M.; VAN RIJN, I.; MANDELIK, Y. How taxonomic diversity, community structure, and sample size determine the reliability of higher taxon surrogates. **Ecological Applications**, v. 23, n. 5, p. 1216-1225, 2013.

NIELSEN, S. E.; HAUGHLAND, D. L.; BAYNE, E.; SCHIECK, J. Capacity of large-scale, long-term biodiversity monitoring programmes to detect trends in species prevalence. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, n. 11, p. 2961-2978, 2009.

OLIVER, I.; BEATTIE, ANDREW, J. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. **Conservation Biology**, v. 10, n. 1, p. 99-109, 1996.

PAIS, M. P.; VARANDA, E. M. Arthropod recolonization in the restoration of a semideciduous forest in southeastern Brazil. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 2, p. 198-206, 2010.

PEREIRA, H. M.; et al. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. **Science**, v. 330, n. 6010, p. 1496-1501, 2010.

ROSSER, N.; EGGLETON, P. Can higher taxa be used as a surrogate for species-level data in biodiversity surveys of litter/soil insects?. **Journal of Insect Conservation**, v. 16, n. 1, p. 87-92, 2012.

SAMWAYS, Michael J.; MCGEOCH, M.; NEW, T. R. Insect conservation. A Handbook of Approaches, 2010.

SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes, and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 4, p. 629-636, 2008.

SOUZA JR, C. M.; et al. Ten-year Landsat classification of deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**, v. 5, n. 11, p. 5493-5513, 2013.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. **Conservation biology**, v. 21, n. 1, p. 274-277, 2007.

VASCONCELOS, H. L.; LAURANCE, W. F. Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. **Oecologia**, v. 144, n. 3, p. 456-462, 2005.

VIEIRA, L. C. OLIVEIRA, N. G.; BREWSTER, C. C.; GAYUBO, S. F. Using higher taxa as surrogates of species-level data in three Portuguese protected areas: A case study on Spheciformes (Hymenoptera). **Biodiversity and Conservation**, v. 21, p. 3467–3486, 2012.

WWF. World Wide Found for Nature. Quantas espécies estamos perdendo?. Disponível em <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/biodiversidade/quantas_especies_estamos_perdendo/> Acesso em 19 Novembro. 2015.

4. CAPITULO 1: Taxones superiores de hormigas (Hymenoptera-Formicidae), como sustitutos de la riqueza de especies, en una cronosecuencia de bosques secundarios, bosque primario y sistemas agroforestales en la Amazonía Oriental, Brasil.

Jhonatan Andrés Muñoz Gutiérrez¹, Joudellys Andrade-Silva², Guillaume Xavier Rousseau¹, Jacques Hubert Charles Delabie^{3,4}

1. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, Maranhão, Brasil; energiaselvatica@gmail.com, guilirous@yahoo.ca
2. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil;
3. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Centro de Pesquisas do Cacau, Laboratório de Mirmecologia – CEPEC/CEPLAC. Itabuna, BA, Brasil; jacques.delabie@gmail.com
4. Universidade Estadual de Santa Cruz. CEP 45650-000. Ilhéus, BA, Brasil.

Abstract

Higher taxa (subfamily and genus) of ants as surrogates of species richness in a chronosequence of fallows, old-growth forests and agroforestry systems in the Eastern Amazon. Amazon deforestation is one of the main causes of biodiversity losses worldwide. Ants are key ecosystem engineers; therefore, ant diversity loss may indicate loss of crucial ecosystem functions. The aim of this study was to evaluate soil ant's richness and to estimate if higher taxa levels (Subfamily and Genus) can be used as surrogates of species richness in different vegetation types (fallows, old-growth forests and agroforestry systems) in Eastern Amazon. We sampled 65 areas in the Maranhão and Pará States during the years of 2011-2014. The sampling scheme followed the procedure of Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). We first characterized all the vegetation types according to their age and estimated species richness. To evaluate if higher taxa can be used as surrogates we used linear regressions. In total, we collected 180 species distributed in 60 genera. The results showed that ant species richness was higher in intermediate fallows (88) and old secondary forest (76), and was lower in agroforestry systems (38) and mature riparian forest (35). The genus level was the best surrogate to estimate the ant's species richness across the different vegetation types and explained 72-97 % ($P < 0.001$) of the total species variability. Our results confirmed that the genus level is an excellent surrogate to estimate the ant's species richness in the region and that both fallows and agroforestry systems may contribute in the conservation of Eastern Amazon ant community.

Key words: surrogates, conservation, rapid richness assessment, Amazon, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

La deforestación en la Amazonía brasilera se considera como una de las principales causas de pérdida y reducción de biodiversidad (Laurance & Vasconcelos, 2009; Fearnside, 2010). Se estima que el 20 % del Bioma fue perdido en Brasil (INPE, 2015) y la región conocida como Centro de Endemismo Belém – CEB, donde se ubican los Estados Pará y Maranhão es la más degradada. En el CEB los remanecientes de bosque primario ocupan apenas 24 % y existe un 18 % del territorio en proceso de sucesión (Almeida & Vieira, 2010). La ganadería extensiva y el monocultivo de soya son las principales causas de la deforestación y los principales usos del suelo en esa región (Fearnside, 2010). Así, los bosques secundarios en sucesión, es decir, en proceso ecológico de recuperación de la cobertura boscosa original (Yepes et al., 2010) y los sistemas agroforestales se tornan de interés para la conservación de la biodiversidad (Rousseau et al., 2014) y desarrollo sostenible.

La Amazonía alberga una diversidad elevada de organismos, aunque para muchos de ellos, aspectos fundamentales para la conservación biológica como distribución y riqueza, son poco conocidos (Grelle, 2002; Fearnside, 2006), dificultando así la conservación y manejo de este Bioma. Ese conocimiento es prácticamente imposible en ser alcanzado en su totalidad porque depende de investigaciones onerosas, tiempo y recursos humanos (Vieira et al., 2012; Neeson et al., 2013). En este contexto, con la necesidad urgente de estimar la riqueza y distribución de especies de manera más simple y rápida (Cardoso et al., 2004; Rosser & Eggleton, 2012), la herramienta de taxón superior (Gaston & Williams, 1993) ha sido implementada con éxito en diferentes grupos de organismos (Cardoso et al. 2004; Sebastia & Grelle, 2009; Kallimanis et al., 2012; Vieira et al., 2012). Sin embargo, la información es escasa respecto a invertebrados del suelo por ser considerados taxones con alta diversidad, especialmente en la región tropical (Heino & Soininen, 2007; Neeson, Rijn & Mandelik, 2013).

Dentro de los invertebrados, las hormigas son consideradas como uno de los grupos sociales más representativos (Folgarait, 1998). Son de suma importancia dentro de la fauna edáfica, y en general, de los ecosistemas por su capacidad de interacción con otros organismos (Lavelle et al., 2006; Cabrera, 2012). Del mismo modo, son consideradas ingenieras del suelo (Lavelle et al., 2006), por sus diversas funciones que inciden directa e indirectamente en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Vasconcelos 1999; Vasconcelos & Laurance, 2005). Adicionalmente debido a su resiliencia ante perturbaciones antropogénicas, han sido utilizadas como grupo bioindicador de alteraciones ambientales (Graham et al., 2009; Pais & Varanda 2010; Ribas et al., 2012).

A pesar de la vasta información sobre el estudio de las hormigas en diferentes campos del conocimiento, persiste un vacío de información básica (riqueza y distribución de especies) en muchas regiones del neotrópico (Lattke, 2003), incluyendo los estados de Maranhão y Pará en el CEB. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la riqueza de especies de hormigas del suelo en diferentes estados de sucesión del bosque y sistemas agroforestales en la Amazonía Oriental, y estimar si los taxones superiores (Subfamilia y Género) son buenos sustitutos de la riqueza de especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se desarrolló en la Amazonía Oriental en ocho municipios, siendo siete en el estado de Maranhão (Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim, São Luís, São José de Ribamar, Rosário, Axixá y Alcântara) y uno en Pará (Tomé-

Açú). Los municipios de Alcântara, Centro Novo do Maranhão y Bom Jardim hacen parte de la región denominada Centro de Endemismo Belén (CEB) Amazonía Oriental. El tipo de suelo predominante es el Oxisol (Quesada et al., 2011), el cual presenta un perfil profundo de baja fertilidad y baja saturación de bases (IBGE, 2011). El clima regional, es clasificado como tropical lluvioso Am en Centro Novo do Maranhão y Bom Jardim y As en São Luís, São José de Ribamar, Alcântara, Rosário y Axixá. La elevación en la región comprende un rango entre 4 y 294 msnm. La precipitación promedio es 2.100 en Maranhão y 2.300 mm/año en Tomé-Açú. y temperatura promedio de 26°C (Alvares et al., 2013). El Tipo de vegetación presente corresponde a bosque ombrófilo denso en la región de Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim y Tomé-Açú, ombrófilo abierto en São Luis, Axixá y Rosário, bosque ribereño ombrófilo abierto en Alcântara y bosque de Restinga en São José de Ribamar. (IBGE, 2011).

Diseño experimental y método de muestreo: Los muestreos fueron realizados entre los años 2011 y 2014 cuando fueron muestreadas y clasificadas de acuerdo con su edad 65 parcelas en diferentes estados de sucesión vegetal: bosque primario (9), bosque secundario avanzado 19-60 años (9), bosque secundario intermedio 11-16 años (9), bosque secundario joven 3-9 años (7), sistema agroforestal 9-36 años (5), bosque ribereño primario (6), bosque secundario ribereño avanzado (6), bosque secundario ribereño joven 4-7 años (6), área abierta de uso agrícola (pastos misturados con yuca) (6) y bosque primario de Restinga (2) (Cuadro 1). Las edades de las parcelas fueron obtenidas con los dueños o usuarios de las parcelas. Las parcelas consistieron en un círculo de 50 m de diámetro, el cual se dividió en cuatro cuadrantes, donde, fueron recolectados cinco monolitos 25x25x10 cm de suelo utilizando el método *Tropical Soil Biology and Fertility/ TSBF* modificado (Anderson & Ingram 1993), en forma de cruz a cada 20 m partiendo de un punto central (Rousseau et al., 2014). En Alcântara las parcelas fueron rectangulares (1.000 m²) y paralelas al río. Estas parcelas fueron muestreadas dos veces en meses diferentes (Noviembre 2012 y Junio 2013), donde en cada muestreo cinco monolitos de suelo de 25x25x10 cm distribuidos en zig-zag a lo largo de la línea media de la parcela fueron recolectados. La diferencia metodológica utilizada en Alcântara correspondió a la necesidad de integración aun protocolo de un proyecto con objetivos diferentes. Para más detalles ver Zelarayán et al., (2015). De los bosques primarios ubicados en Bom Jardim (Reserva Biológica de Gurupi) tres sufrieron extracción selectiva de madera de manera ilegal en el año 1999.

La hojarasca y el suelo de cada monolito fue procesada manual e independientemente y toda la mirmecofauna recolectada fue conservada en alcohol al 70%, directamente.

Identificación del material: La mirmecofauna recolectada, fue identificada siempre que fue posible, hasta especie o morfoespecie. La identificación de género se hizo con base en Palacio & Fernández (2003), y las especies fueron identificadas en el Laboratorio de Mirmecología, del Centro de Investigación en Cacao CEPEC/CEPLAC, Itabuna/Bahía-Brasil. Los especímenes se depositaron en la colección de referencia del mismo laboratorio bajo el número de registro 5759, así como en la sub colección de invertebrados del suelo de Maranhão (en proceso de homologación) Universidad Estadual de Maranhão.

Análisis estadísticos: En este trabajo debido a la no ocurrencia de algunos estados de sucesión vegetal o sistemas agroforestales en algunos de los sitios estudiados, las parcelas fueron agrupadas independientemente de su localización de acuerdo a su estado de sucesión vegetal. La riqueza observada de especies, se obtuvo a partir del número de

especies o morfo-especies por estado de sucesión vegetal del bosque y sistemas agroforestales, y como estimador no paramétrico, fue utilizado Jackknife de primer orden con 100 randomizaciones sin remplazo, por ser uno de los índices que se comportan adecuadamente con muestras integradas por muchas especies consideradas como raras.

Por tratarse de un diseño con diferente esfuerzo de muestreo, fueron utilizados el método de rarefacción de Coleman (Coleman, 1981) interpolado a 25 monolitos (muestras) y curvas de rarefacción extrapoladas a 60 monolitos (Colwell et al., 2012). Los análisis se realizaron por medio del software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

La estimación de la riqueza de especies por medio de los taxones sustitutos (subfamilia y género) para cada estado de sucesión vegetal y sistema agroforestal, fue realizada a través de regresión lineal de Pearson ($P < 0,05$). Para definir si un sustituto era considerado como razonable ($> 60 \%$), bueno ($> 70 \%$) o excelente estimador ($> 80\%$), se utilizaron los valores propuestos por Leal et al. (2010). La vegetación de restinga sólo hizo parte para el análisis total de las áreas, debido al bajo esfuerzo de muestreo. Las regresiones se realizaron usando el programa STATISTICA 7.0 (StatSoft, versión 7)

RESULTADOS

Fueron identificados 180 especies en 60 géneros y nueve subfamilias. Las subfamilias más comunes fueron Myrmicinae 47.7 %, Ponerinae 22.6 %, Formicinae 15.3% y los géneros Pheidole 15.09%, Hypoponera 14.1% y Solenopsis 10.3%. La mayor riqueza total de especies se registró en el bosque secundario intermedio (88) y avanzado (76) respectivamente, mientras la menor fue en el bosque ribereño (35) y sistema agroforestal con (38) (Cuadro 2), lo cual es consistente con la riqueza rarificada estandarizada a 25 monolitos. El estimador Jackknife explicó entre el 65-78 % de la riqueza total.

Las curvas de rarefacción de especies extrapoladas para 60 monolitos no presentaron saturación o estabilidad (Fig. 1), sin embargo los estados sucesionales bosque ribereño (BRP), bosque secundario ribereño joven (BSRJ), bosque secundario joven (BSJ) y sistema agroforestal (SAF) presentaron una tendencia a la estabilización.

Las regresiones indican una fuerte relación lineal entre el género y la riqueza de especies ($r^2 = 74-97 \%$, $P < 0.05$) para todos los diferentes estados de sucesión del bosque y sistema agroforestal (Fig. 2), así como considerando el total de las áreas ($r^2 = 0.92$; $P < 0.05$, Fig. 2). Las regresiones indican que el género puede ser considerado un sustituto de especies excelente ($> 80 \%$) en BP, BSA, BSI, BRP, BSRA y AA, y bueno ($> 70 \%$) en BSJ, BSRJ y SAF. Por otro lado, aunque la subfamilia presentó una relación lineal significativa con la riqueza total de hormigas ($P < 0.05$), esa relación es considerada inadecuada ($r^2 = 29\%$) para ser usado como sustituto. Además, cuando evaluada para cada sistema, la relación entre subfamilia y especie no es significativa ($p > 0.05$) para SAF, BSA, BSJ y BSI. Los sistemas que presentaron una relación significativa ($p < 0.05$) y de uso como sustituto razonable fueron AA (63 %), BSRJ (63 %) y BRP (60 %).

DISCUSIÓN

La riqueza de especies de hormigas encontrada en este estudio es elevada considerando que registró el 12.3 % de las especies registradas para el Brasil (Antwiki, 2015), aun cuando se reconoce que el método de muestreo utilizado es diseñado para la macrofauna en general de suelo y no específicamente para las comunidades de hormigas (Sanabria et al., 2014). De igual manera, los resultados en este estudio son consistentes con otros trabajos que utilizando diferentes métodos de muestreo registraron la subfamilia

Myrmicinae (Chanatásig-Vaca et al., 2011; Miranda et al., 2012; Vergara & Serna, 2013) y los géneros Pheidole, Solenopsis (Santos et al., 2006; Wilkie, Mertl, & Traniello, 2010; Freitas, Delabie, & Lacau, 2014) e Hypoponera (Santos et al., 2006; Chanatásig-Vaca et al., 2011; Queiroz, Ribas, & França, 2013) como grupos dominantes y diversos del suelo, en los ecosistemas neotropicales. Estos resultados se enmarcan dentro del contexto que estas subfamilias y géneros dentro de los grupos de Formicidae, son considerados como megadiversos y dominantes (Antwiki, 2015). Esta dominancia según Fowler et al. (1991) y Fernández (2003) puede estar asociada a su plasticidad en hábitos alimenticios, tamaño y capacidad de dispersión de las especies.

Los bosques ribereños presentaron de manera general las menores riquezas. Esta situación se puede asociar con los periodos de anegamiento a los cuales están sometidas durante el periodo de lluvias. El anegamiento, genera el desplazamiento de la mirmecofauna hacia zonas más altas y secas y ya fue observado en la región del pantanal (Soares et al., 2013) y en la región Amazónica Brasileira (Majer & Delabie, 1994), donde para ambos estudios la mayor riqueza se presentó en las áreas de tierra firme, es decir; que no sufren inundaciones.

La riqueza de especies en un determinado hábitat, se correlaciona de forma directa con el tamaño, estructura y composición vegetal (Ribas & Schoereder, 2007), pero también con las características del micro hábitat (Queiroz, Ribas, & França, 2013). Aquí, el hecho que la riqueza registrada fuera mayor en los bosques secundarios que en los primarios, puede tener una relación con el incremento frecuente y esporádico que acontece de hormigas en áreas que fueron sometidas a algún nivel de perturbación (Kaspari, 2003). Del mismo modo, el proceso denominado retrogresión del bosque primario, que se caracteriza por una disminución en la producción primaria neta, genera directa o indirectamente un declino de la diversidad y riqueza en el ecosistema (Wardle, 2006). Resultados similares fueron reportados por Mathieu et al. (2004) en la región Oriental Amazónica, donde utilizando el mismo método TSBF encontró que la riqueza de especies de hormigas en bosques secundarios jóvenes y antiguos la riqueza de especies (66) era muy próxima de la riqueza registrada en los bosques primarios (76).

Las curvas de rarefacción en general no presentaron estabilización con tendencia asintótica, sin embargo el BRP, BSRJ, SAF y BSJ presentaron una tendencia a la estabilización debido posiblemente a que presentaron una menor riqueza total y al mayor esfuerzo de muestreo que tuvieron los diferentes estados de bosques ribereños. El hecho que no se hubiese logrado la estabilización se puede estar presentando por la elevada riqueza de especies (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003; Leponce et al., 2004) y la ocurrencia de especies raras que alberga los suelos en la región tropical (Laurance & Vasconcelos, 2009; Rousseau et al., 2014), por tal razón, el esfuerzo de muestreo para estimar la riqueza de especies debería ser mayor.

En el marco de la conservación y valoración biológica, el uso de taxones superiores como sustitutos para estimar la riqueza de especies invertebradas ya ha sido testada. Por ejemplo, en Araneae Cardoso et al., (2004), en Hymenoptera, Vieira et al., (2012), Coleoptera, Diptera y Acari (Báldi, 2003). En estos estudios al igual que en este trabajo se registró el género como el mejor sustituto para la estimación de la riqueza de especies.

Este trabajo ratifica los resultados obtenidos por Andersen (1995) en Australia, donde la relación entre la riqueza de especies de hormigas y riqueza de géneros es fuerte dentro de una misma región. De otro lado, diversos estudios verificaron que esta relación no solo es fuerte dentro la región sino también entre regiones con diversos tipos de hábitats, por ejemplo Groc et al., (2010) en su trabajo realizado con datos sobre hormigas de Centro y Sur América, sugieren el género como el nivel que mayor información suministra. De

hecho, en los Himalaya indios con una variación altitudinal entre 1400 y 3700 msnm Negi & Gadgil (2002), encontraron de manera similar, que el taxón que mejor explica la riqueza de especies en hormigas es el género. Souza et al. (2015) en la región amazónica central, evidenciaron que la localización y el tipo de vegetación no tuvieron un efecto significativo sobre la relación entre la riqueza de especies de hormigas y taxones sustitutos. Además estimaron una reducción en costos totales del 40% cuando utilizaron el nivel de género en lugar de especies. Nuestro trabajo ha ampliado este patrón general, lo que demuestra que el género también puede ser un excelente sustituto de especies de hormigas en los Bosques Amazónicos Orientales en diferente estado de sucesión vegetal.

De modo general, los trabajos anteriores sugieren la utilización del género como sustituto para la estimación rápida de la riqueza de especies, siempre y cuando las condiciones para la identificación de las especies no sean posibles o necesarias. En otros términos, si existe la necesidad de identificar especies “bioindicadoras” de perturbaciones mínimas en el ambiente (Nahmani, Lavelle, & Rossi, 2006) o mapear las ocurrencias de especies raras (Heino & Soininen, 2007) esta herramienta no sería la más adecuada. De hecho, mudanzas sutiles en la riqueza y composición de especies invertebrados del suelo pueden no ser detectadas en niveles superiores (Groc et al., 2010).

Entretanto, los resultados muestran al igual que en otras investigaciones realizadas con hormigas (Rosser & Eggleton, 2012; Souza et al., 2015), y en otros grupos de organismos como, mamíferos (Grelle, 2002) y Arañas (Cardoso et al., 2004) que la subfamilia no se comporta como un sustituto adecuado, y por tanto, no debería ser utilizada. Esta respuesta podría tener relación con la escala taxonómica. De acuerdo con Vieira et al. (2012), taxones más elevados podrían no ser unidades naturales y por ende no necesariamente evolutivamente relacionados.

A pesar que la región Oriental Amazónica presenta una degradación acelerada de sus ecosistemas (Rousseau, et al., 2014), no existe claridad ni dimensión sobre la contribución de los bosques secundarios como refugio para las especies de menor tamaño (Bihn et al., 2008). De aquí que, tanto la conservación de los remanentes forestales como los bosques secundarios presentan un potencial enorme para la conservación de las especies de hormigas y la sustentabilidad de la región (Mathieu et al., 2004; Rousseau et al., 2014). Las hormigas son ingenieras del ecosistema (Lavelle et al., 2006) y por esto merecen especial atención con el fin de garantizar las funciones ecológicas.

Aunque la planificación y ejecución de programas de monitoreo y conservación de la biodiversidad deben ser basadas principalmente a nivel de especie, el enfoque de taxones sustitutos es una herramienta que permite valorar la riqueza de hormigas en los sistemas agroforestales y diferentes estados de sucesión del bosque. Sin embargo, se sugiere solo bajo condiciones en las cuales sea imposible trabajar con el nivel de especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior – CAPES por la beca concebida. A la Fundación de Amparo a la Investigación y Desenvolvimento Científico y Tecnológico de Maranhão – FAPEMA por el apoyo financiero. A Ciro Libio por el apoyo en los análisis estadísticos. A Fabricio Baccaro e Danielle Celentano por sus sugerencias al manuscrito. A todos los agricultores (as) y estudiantes que ayudaron durante el trabajo de campo y laboratorio.

RESUMEN

La deforestación es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo. Las hormigas son clave como ingenieras del ecosistema, por lo tanto, la pérdida de la diversidad de hormigas puede indicar la pérdida de funciones cruciales de los ecosistemas. El objetivo de este estudio fue evaluar la riqueza de hormigas del suelo y estimar si los niveles superiores (Subfamilia y Género) pueden ser usados como sustitutos para estimar la riqueza de especies en diferentes estados de sucesión del bosque (bosque primario, bosques secundarios y sistema agroforestal) en la Amazonía Oriental. Fueron muestreadas 65 parcelas en el estado de Maranhão y Pará entre los años 2011-2014. El esquema de muestreo siguió el procedimiento de Biología de Suelos Tropicales y Fertilidad (TSBF). Primero caracterizamos los tipos de vegetación de acuerdo con su edad y luego se estimó la riqueza de especies. Para evaluar si los taxones superiores pueden utilizarse como sustitutos utilizamos regresiones lineales. En total, se identificaron 180 especies distribuidas en 60 géneros. Los resultados mostraron que la riqueza fue superior en el bosque secundario intermedio (88) y avanzado (76) y fue menor en el sistema agroforestal (38) y bosque ribereño primario (35). El género fue el mejor sustituto para estimar la riqueza de especies de hormigas a través de los diferentes tipos de sucesión vegetal, explicando entre el 72-97 % ($P < 0.001$) de la variabilidad total de especies. Nuestros resultados confirman que el uso del nivel de género es un excelente sustituto para estimar la riqueza de especies de hormigas en la región y tanto los bosques en regeneración y sistemas agroforestales pueden contribuir en la conservación de la comunidad de hormigas en la Amazonía Oriental.

Palabras clave: taxones sustitutos, conservación, evaluación rápida de riqueza, Amazonía, taxonomía.

REFERENCIAS

- Almeida, A. S. & Vieira, I. C. (2010). Centro de endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. *Revista de Estudos Universitários*, 36, 95-111.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes-Gonçalves, J. L., Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728.
- Andersen, A. N. (1995). Measuring more of biodiversity: genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. *Biological Conservation*, 73, 39-43.
- Anderson, J.D., & Ingram, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods, 2 ed. CAB International, Wallingford. 171pp.
- Antwiki.org. Distribution and Diversity. 2015. [en línea] Web site. Acceso Diciembre 4, 2015, en http://www.antwiki.org/wiki/Diversity_by_Country.
- Báldi, A. (2003). Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera, and Acari species in Central-Hungarian reserves. *Basic and Applied Ecology*, 4, 589-593.

- Bihn, J. H., Verhaagh, M., Brändle, M., & Brandl, R. (2008). Do secondary forests act as refuges for old growth forest animals? Recovery of ant diversity in the Atlantic forest of Brazil. *Biological conservation*, 141, 733-743.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35, 349-364.
- Cardoso, P., Silva, I., de Oliveira, N. G., & Serrano, A. R. (2004). Higher taxa surrogates of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, 117, 453-459.
- Chanatásig-Vaca, C. I., Huerta, E., ROJAS, P., Ponce-Mendoza, A., Mendoza, J., Morón, A., Van der wal, H., & Dzib-Castillo, B. B. (2011). Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta zoológica mexicana*, 27, 441-461.
- Coleman, B. D. (1981). On random placement and species-area relations. *Mathematical Biosciences*, 54:191-215.
- Colwell, R. K. (2013). Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9.1.0. User's Guild and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5, 3-21.
- Fearnside, P. M. (2010). Consequências do desmatamento da Amazônia. *Scient Amer Brasil Especial Biodiversidade*, 3, 54-59.
- Fearnside, P. M. (2006). Desmatamento na Amazônia : dinâmica , impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36, 395-400.
- Fernández, F. (2003). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 424 p
- Freitas, J. M. S., Delabie, J. H. C., & Lacau, S. (2014). Composition and diversity of ant species into leaf litter of two fragments of a semi-deciduous seasonal forest in the atlantic forest biome in Barra do Choça, Bahia, Brazil. *Sociobiology*, 61, 9-20.
- Folgarait, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. *Biodiversity and Conservation*, 7, 1221-1244.
- Fowler, H. G. Forti, L. C., Brandão C. R. F., Delabie J. H. C., & Vasconcelos H. L. (1991). Ecología nutricional de formigas, p. 131-209. In Pazzini, A. R., & Parra, J. R. P. (eds). Ecología nutricional de insectos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo, Manole, 359p.

- Gaston, K. J., & Williams, P. H. (1993). Mapping the world's species-the higher taxon approach. *Biodiversity Letters*, 1, 2-8.
- Graham, J. H., Krzysik, A. J., Kovacic, D. A., Duda, J. J., Freeman, D. C., Emlen, J. M., Zak, J. C., Long, W. R., Wallace, M. P., Chamberlin-Graham, C., Nutter, J. P., Balbach, H.E., 2009. Species richness, equitability, and abundance of ants in disturbed landscapes. *Ecological Indicators*, 9, 866-877.
- Grelle, C. E. V. (2002). Is higher-taxon analysis an useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity?. *Biological Conservation*, 108, 101-106.
- Groc, S., Delabie, J. H., Longino, J. T., Orivel, J., Majer, J. D., Vasconcelos, H. L., & Dejean, A. (2010). A new method based on taxonomic sufficiency to simplify studies on Neotropical ant assemblages. *Biological Conservation*, 143, 2832-2839.
- Heino, J., & Soininen, J. (2007). Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms? *Biological Conservation*, 137, 78-89.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. [en línea] Web site. Acceso 7 de Junio 2014. Mapas, en <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html>.
- INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes [en línea] *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (INPE) Web site. acceso Enero 6, 2016, en <http://www.obt.inpe.br/prodes>.
- Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.
- Kallimanis, A. S., Mazaris, A. D., Tsakanikas, D., Dimopoulos, P., Pantis, J. D., & Sgardelis, S. P. (2012). Efficient biodiversity monitoring: Which taxonomic level to study?..*Ecological indicators*, 15, 100-104.
- Kaspari, M. 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. En F. Fernández (ed.), *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical* (pp. 97-112). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, XXVI + 398 p.
- Lattke, J. E. (2003). Biogeografía de las hormigas neotropicales. En F. Fernández (ed.), *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical* (pp. 65-88). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, XXVI + 398 p.
- Laurance, W. F., & Vasconcelos, H. L. (2009). Consequências ecológicas da fragmentação florestal na amazônia. *Oecologia brasiliensis*, 13, 434-451.

- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., & Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S15.
- Leal, I. R., Bieber, A. G. D., Tabarelli, M., & Andersen, A. N. (2010). Biodiversity surrogacy: indicator taxa as predictors of total species richness in Brazilian Atlantic forest and Caatinga. *Biodiversity and conservation*, 19, 3347-3360.
- Leponce, M., Theunis, L., Delabie, J. H. C., & Roisin, Y. (2004). Scale dependence of diversity measures in a leaf-litter ant assemblage. *Ecography*, 27, 253-267.
- Majer, J. D., & Delabie, J. H. C. (1994). Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux*, 41, 343-359.
- Mathieu, J., ROSSI, J. P., Mora, P., Lavelle, P., Martins, P. D. S., Rouland, C., & Grimaldi, M. (2005). Recovery of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. *Conservation Biology*, 19, 1598-1605.
- Miranda, P. N., Oliveira, M. A., Baccaro, F. B., Morato, E. F., & Delabie, J. H. C. (2012). Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. *CheckList*, 8, 722-730
- Nahmani, J., Lavelle, P., & Rossi, J. P. (2006). Does changing the taxonomical resolution alter the value of soil macroinvertebrates as bioindicators of metal pollution? *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 385-396.
- Neeson, T. M., Van Rijn, I., & Mandelik, Y. (2013). How taxonomic diversity, community structure, and sample size determine the reliability of higher taxon surrogates. *Ecological Applications*, 23, 1216-1225.
- Negi, H. R., & Gadgil, M. (2002). Cross-taxon surrogacy of biodiversity in the Indian Garhwal Himalaya. *Biological Conservation*, 105, 143-155.
- Palacio, E. E., & Fernández, F. (2003). Claves para las subfamilias y géneros. En F. Fernández (ed.), *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical* (pp. 233-260). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, XXVI + 398 p.
- Pais, M. P., & Varanda, E. M. (2010). Arthropod recolonization in the restoration of a semideciduous forest in southeastern Brazil. *Neotropical entomology*, 39, 198-206.
- Queiroz, A. C. M., Ribas, C. R., & França, F. M. (2013). Microhabitat characteristics that regulate ant richness patterns: the importance of leaf litter for epigeaic ants. *Sociobiology*, 60, 367-373.
- Quesada, C. A., Lloyd, J., Anderson, L. O., Fyllas, N. M., Schwarz, M., & Czimczik, C. I. (2011). Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8, 1415-1440.

- Ribas, C. R., & Schoereder, J. H. (2007). Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation*, 16, 1511-1520.
- Ribas, C. R., Solar, R. R., Campos, R. B., Schmidt, F. A., Valentim, C. L., & Schoereder, J. H. (2012). Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic? *Journal of Insect Conservation*, 16, 413-421.
- Rosser, N., & Eggleton, P. (2012). Can higher taxa be used as a surrogate for species-level data in biodiversity surveys of litter/soil insects? *Journal of Insect Conservation*, 16, 87-92.
- Rousseau, G. X., Rogério, P., & Celentano, D. (2014). Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 44, 499-512.
- StatSoft, Inc. (2002). STATISTICA 6.0 for Windows (Computer Program Manual). Tulsa, Oklahoma, USA: StatSoft
- Sanabria, C., Lavelle, P., & Fonte, S. J. (2014). Ants as indicators of soil-based ecosystem services in agroecosystems of the Colombian Llanos. *Applied Soil Ecology*, 84, 24-30.
- Santos, M. S., Louzada, J. N., Dias, N., Zanetti, R., Delabie, J. H. C., & Nascimento, I. C. (2006). 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*, 96, 95-101.
- Sebastia, H., & Grelle, C. E. V. (2009). Taxon surrogates among Amazonian mammals: Can total species richness be predicted by single orders? *Ecological indicators*, 9, 160-166.
- Soares, S. D. A., Suarez, Y. R., Fernandes, W. D., Tenório, P. M. S., Delabie, J. H. C., & Antonialli-Junior, W. F. (2013). Temporal variation in the composition of ant assemblages (Hymenoptera, Formicidae) on trees in the Pantanal floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 57, 84-90.
- Souza, J. L. P., Baccaro, F. B., Landeiro, V. L., Franklin, E., Magnusson, W. E., Pequeno, P. A. C. L., & Fernandes, I. O. (2015). Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. *Diversity and Distributions*, 22, 111-112.
- Vasconcelos, H. L. (1999). Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity & Conservation*, 8, 409-420.
- Vasconcelos, H. L., & Laurance, W. F. (2005). Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. *Oecologia*, 144, 456-462.

- Vergara-Navarro E.V., & Serna, F. (2013). Lista de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del departamento de Antioquia, Colombia, y nuevos registros para el país. *Agronomía Colombiana*, 31, 324-342.
- Vieira, L. C., Oliveira, N. G., Brewster, C. C., & Gayubo, S. F. (2012). Using higher taxa as surrogates of species-level data in three Portuguese protected areas: a case study on Spheciformes (Hymenoptera). *Biodiversity and Conservation*, 21, 3467-3486.
- Wardle, D. A. (2006). The influence of biotic interactions on soil biodiversity. *Ecology letters*, 9, 870-886.
- Wilkie, K. R., Mertl, A. L., & Traniello, J. F. (2010). Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. *PLoS One*, 5, e13146.
- Yepes, A. P., del Valle, J. I., Jaramillo, S. L., & Orrego, S. A. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Revista de Biología tropical*, 58, 427-445.
- Zelarayán, M. L., Celentano, D., Oliveira, E. C., Triana, S. P., Sodré, D. N., Muchavisoy., K. H. M., & Rousseau, G. X. (2015). Impact of degradation on carbon stock of riparian forests in the eastern Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, 45, 271-282.

Cuadro 1. Municipios, estados de sucesión vegetal del bosque y sistemas agroforestales muestreados en la Amazonía Oriental, Brasil.

Table 1.
Places, cronosequence regenerating forests and agroforestry systems in the Eastern Amazon

Municipio	Sucesión vegetal	Sigla	Edad (años)	Coordenadas	Parcelas N
Axixá	Bosque secundario intermedio	BSI	15	02°51'40.4"S y 44°08'00.4"W	1
	Bosque secundario avanzado	BSA	60	02°52'21.9"S y 44°07'38.7"W	1
Rosário	Bosque secundario avanzado	BSA	30	02°49'05.3"S y 44°08'20.3"W	3
			>30	02°51'04.0"S y 44°08'52.0"W	
	Bosque secundario joven	BSJ	30	02°51'11.8"S y 44°09'02.6"W	2
			5	02°51'02.7"S y 44°08'57.3"W	
	Bosque secundario intermedio	BSI	5	02°51'46.9"S y 44°08'32.3"W	3
			15	02°51'11.0"S y 44°09'30.1"W	
	Bosque primario	BP	15	02°51'17.2"S y 44°09'16.7"W	1
			15	02°51'34.8"S y 44°08'25.2"W	
Sistema agroforestal	SAF	9	02°49'55.6"S y 44°07'56.0"W	2	
		>30	02°51'14.3"S y 44°09'11.4"W		
São Luis	Bosque secundario avanzado	BSA	29	S y W	1
	Bosque secundario joven	BSJ	9	02°51'25.5"S y 44°08'03.2"W	3
			7	02°35'31.7"S y 44°12'36.0"W	
São José de Ribamar	Bosque Restinga	BR	7	02°35'25.9"S y 44°12'37.0"W	2
			7	02°35'26.8"S y 44°12'32.9"W	
Tomé- Açú	Bosque secundario avanzado	BSA	23	02°38'37.1"S y 44°08'17.7"W	2
			20	02°38'59.2"S y 44°84'10.0"W	
	Bosque secundario joven	BSJ	3	02°11'59.8"S y 48°08'45.1"W	2
			4	02°24'48.6"S y 48°11'34.3"W	
	Bosque secundario intermedio	BSI	3	02°12'33.8"S y 48°09'28.5"W	2
			14	02°12'34.3"S y 48°09'23.7"W	
	Bosque primario	BP	12	02°11'55.7"S y 48°09'3.06"W	2
			14	02°11'59.6"S y 48°08'58.6"W	
Sistema agroforestal	SAF	18	02°24'40.8"S y 48°11'34.1"W	3	
		34	02°39'24.0"S y 48°10'64.3"W		
		36	02°11'55.1"S y 48°09'17.1"W		
Alcântara	Bosque secundario ribereño joven	BSRJ	18	02°32'38.4"S y 48°16'26.7"W	6
			34	02°21'42.0"S y 44°26'31.9"W	
			36	02°21'35.7"S y 44°27'26.7"W	
			36	02°21'02.1"S y 44°27'56.5"W	
				02°20'52.6"S y 44°28'39.6"W	

			02°20'55.7"S y 44°28'56.4"W	
			02°20'38.6"S y 44°29'10.6"W	
			02°21'05.5"S y 44°27'51.4"W	
			02°21'43.9"S y 44°26'36.0"W	
			02°21'37.1"S y 44°27'36.1"W	
Bosque secundario ribereño avanzado	BSRA		02°20'47.2"S y 44°28'29.9"W	6
			02°20'53.5"S y 44°28'54.3"W	
			02°20'52.7"S y 44°29'01.3"W	
		1	02°21'39.2"S y 44°26'30.1"W	
		1	02°21'37.8"S y 44°27'16.5"W	
Área abierta uso agrícola	AA	1	02°21'32.6"S y 44°27'43.3"W	6
		1	02°20'53.4"S y 44°28'50.7"W	
		1	02°20'56.0"S y 44°29'01.0"W	
		1	02°20'54.0"S y 44°28'46.1"W	
			02°21'37.9"S y 44°26'54.6"W	
			02°21'39.5"S y 44°27'14.9"W	
Bosque ribereño primario	BRP		02°20'49.5"S y 44°28'31.4"W	6
			02°20'52.5"S y 44°28'50.0"W	
			02°20'36.0"S y 44°29'08.1"W	
			02°20'55.4"S y 44°27'56.4"W	
Bosque Secundario avanzado	BSA	>28	04°04'08.4"S y 46°53'22.1"W	2
		>28	04°04'09.5"S y 46°53'20.4"W	
		>10	04°02'10.1"S y 46°52'50,3"W	
Bosque secundario intermedio	BSI	>10	04°02'05.5"S y 46°52'51,0"W	3
		13	04°2'34.08"S y 46°54'21.8"W	
			03°40'50.1"S y 46°46'12.9"W	
			03°40'56.1"S y 46°46'08.8"W	
Bosque primario	BP		03°40'59.7"S y 46°46'01.5"W	6
			03°41'11.7"S y 46°45'34.9"W	
			03°41'14.0"S y 46°45'34.3"W	
			03°41'16.3"S y 46°45'34.7"W	

Cuadro 2. Riqueza de especies de hormigas en una cronosecuencia del bosque, bosque primario y sistema agroforestal en la Amazonía Oriental, Brasil

Table 2
Ant's species richness in a chronosequence of fallows, old-growth forests and agroforestry systems in the Eastern Amazon, Brazil

Sucesión vegetal	Observada (S)	Media (S)	Jackknife 1	Explicado %	Rarificada n=25	n
Bosque primario	70	18.77±5.97	92.49±4.97	75.7	54.93±3.12	9
Bosque secundario avanzado	76	16.33±6.16	107.67±4.82	70.6	57.44±3.4	9
Bosque secundario intermedio	88	18.55±8.49	129.07±6.47	68.2	65.22±3.72	9
Bosque secundario joven	51	13±5.07	72.37±5.93	70.5	43.53±2.36	7
Sistema agroforestal	38	11.4±3,36	58.16±4.74	65.3	38	5
Bosque ribereño primario	35	5.83±2.98	47.78±3.46	73.3	22.32±2.59	12
Bosque secundario ribereño avanzado	49	10.1±3.42	70.63±4.64	70	31.7±2.34	12
Bosque secundario ribereño joven	48	10.5±3.87	61.77±3.54	77.7	34.49±2.73	12
Área abierta	58	12.75±4.09	80.62±4.67	71.9	38.15±3.2	12

Riqueza (S): Observada, Media, Estimada (Jackknife 1), ± Desviación estándar. Richness (S): Mean ± Standard Deviation.

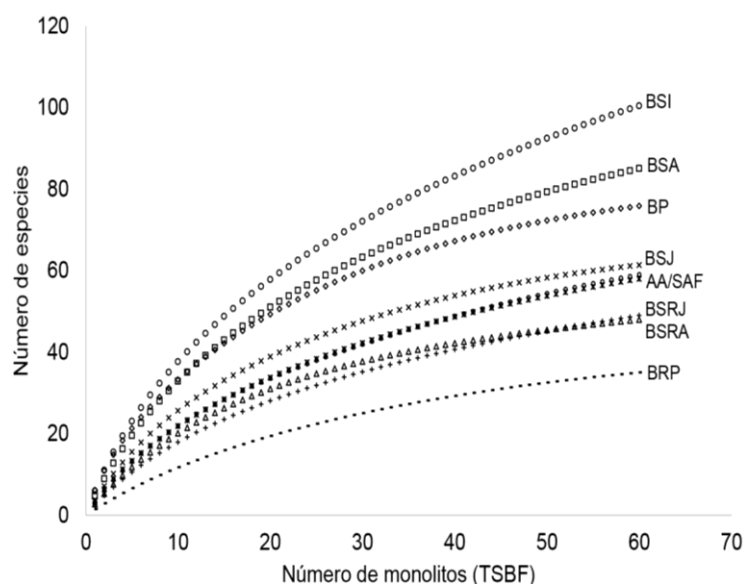


Figura 1. Curvas de rarefacción de especies de hormigas extrapoladas en: Bosque primario (BP) Bosque secundario avanzado (BSA), Bosque secundario intermedio (BSI), Bosque secundario joven (BSJ), Área abierta uso agrícola (AA), Sistema agroforestal (SAF), Bosque ribereño primario (BRP), Bosque secundario ribereño avanzado (BSRA) y Bosque secundario ribereño joven (BSRJ), en la Amazonía Oriental, Brasil.

Fig. 1. Species accumulation curve of ants extrapolated in: Mature forest (BP), Old secondary forest (BSA), Intermediated Secondary Forest (BSI), Young secondary forest (BSJ), Deforested area (AA), Agroforestry system (SAF), Ripary mature forest (BRP), Old secondary ripary (BSRA) Young secondary ripary forest (BSRJ), in the Eastern Amazon.

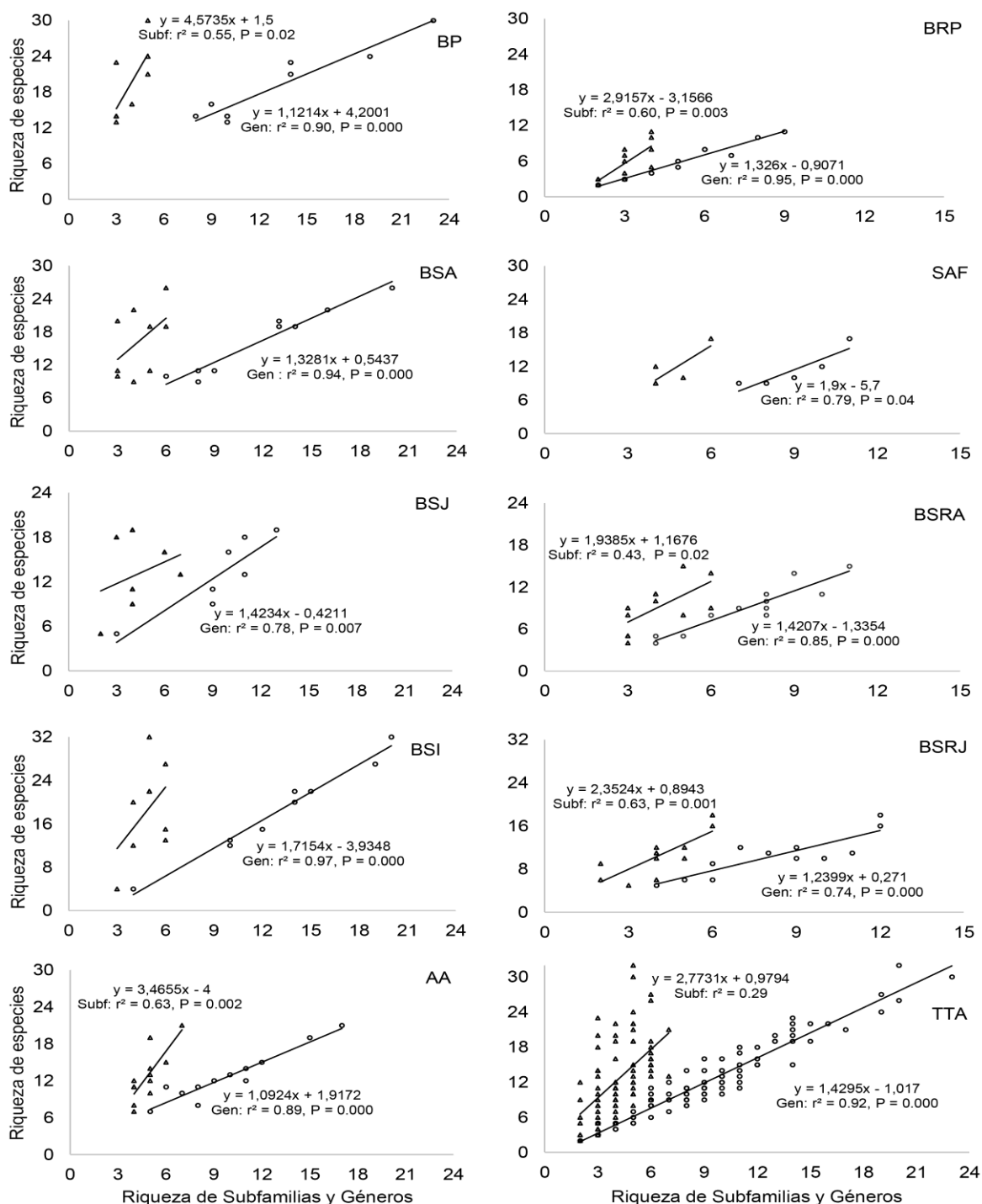


Figura 2. Relación entre la riqueza de especies y la riqueza de géneros (Gen) y subfamilias (Subf) en hormigas en: Bosque primario (BP) Bosque secundario avanzado (BSA), Bosque secundario joven (BSJ), Bosque secundario intermedio (BSI), Área abierta (AA), Sistema agroforestal (SAF), Bosque ribereño primario (BRP), Bosque secundario ribereño avanzado (BSRA), Bosque secundario ribereño joven (BSRJ), y para el total de áreas (TTA) en la Amazonía Oriental, Brasil.
 Figura 2. Relationship between species richness and genus (Gen) and subfamily (Subf) richness of the ants in: Mature forest (BP), Old Secondary Forest (BSA), Young secondary forest (BSJ), Intermediated secondary forest (BSI), Deforested area (AA), Agroforestry system (SAF), Ripary mature forest (BRP), Old secondary ripary (BSRA), Young secondary ripary forest (BSRJ) and in all sampling sites (TTA) in the Eastern Amazon.

CAPITULO 2: Inventario de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do solo e da serapilheira da Amazônia Maranhense, Brasil.

Jhonatan A. Muñoz GUTIERREZ^{1*}, Joudellys ANDRADE-SILVA², Guillaume X. ROUSSEAU¹, Francisco V. SILVA³, Stefania Pinzón TRIANA¹, Jacques H. C. DELABIE^{4,5}

¹ Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. Cidade Universitária Paulo VI S/N, Tirirical, São Luis, Maranhão, Brasil, CEP 65055-970.

² Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, São Luis, MA, Brasil;

³ Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Programa de graduação em ciências naturais – biologia. Av. Principal S/N, Residencial Dom Afonso Felipe Gregori, CEP 65900-000 Imperatriz, MA, Brazil.

⁴ Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Centro de Pesquisas do Cacau, Laboratório de Mirmecologia – CEPEC/CEPLAC. Caixa Postal 07. CEP 45600-970. Itabuna, BA, Brasil.

⁵ Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). CEP 45650-000. Ilhéus, BA, Brazil.

RESUMO

O Centro de Endemismo Belém o a mais desmatado e ameaçado do Bioma Amazônico e a mirmecofauna no estado do Maranhão é quase desconhecida. O objetivo deste estudo foi identificar as espécies de formigas para a região Amazônica do Estado do Maranhão. Diferentes técnicas de amostragem foram utilizadas, tais como armadilha *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) modificada, o *pitfall* e iscas. Foram identificadas 230 espécies de formigas distribuídas em 64 gêneros e 10 subfamílias. 208 espécies e 17 gêneros são novos registros para o Estado do Maranhão. Devido à importância das formigas nos ecossistemas e as ameaças que existem sobre os ambientes da região, é necessário desenvolver projetos que visem à intensificação das amostragens com diferentes técnicas, as quais permitem fornecer maiores informações sobre a riqueza e distribuição da mirmecofauna maranhense.

PALAVRAS-CHAVE: Riqueza, Amazônia Oriental, biodiversidade.

An inventory of soil and litter ants from the Maranhão Amazon, Brazil

ABSTRACT

The Belém endemism center is the most deforested and threatened in the Amazon biome. The aim of this study is to present the first list of species of ants from Maranhão state, Amazonia. Sampling methods included the modified "Tropical Soil Biology and Fertility"(TSBF), pitfall traps and baits. We identified 230 ant species in 64 genera and 10 subfamilies. A total of 208 species and 17 genera are newly recorded in Maranhão state. Because of the importance of ants in ecosystems and threats to the region, projects aimed at intensification of samples with different collection methods are urgent, as they will provide essential information on distribution and richness of Maranhão's ant fauna.

KEYWORDS: Richness, Eastern Amazon, diversity.

INTRODUÇÃO

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são consideradas um dos grupos de organismos sociais mais representativos da biodiversidade mundial (Folgarait 1998) e tem um papel essencial no funcionamento dos ecossistemas (Lavelle *et al.* 2006; Cabrera 2012;). As formigas participam como agentes de predação e dispersão de sementes (Santana *et al.* 2013; Leal e Oliveira 1998); da ciclagem de nutrientes no solo (Farji-Brener e Silva 1995) e de regulação da população de artrópodes (Majer e Delabie 1993), entre outros papeis.

Até agora, 13.954 espécies (Antbase 2015) distribuídas em 330 gêneros e 22 subfamílias foram identificadas no mundo (Baccaro *et al.* 2015). Destas, 4.163 espécies/subespécies distribuídas em 142 gêneros e 14 subfamílias ocorrem na Região Neotropical (Antwiki 2015), que se caracteriza por possuir a maior riqueza de formigas no mundo (Fernández e Sendoya 2004; Antwiki 2015). No Brasil, tem-se registrado mais de 1.466 espécies de formigas distribuídas em 112 gêneros e 13 subfamílias (Antwiki 2015).

No entanto, a informação básica sobre a riqueza e distribuição das espécies de formigas na Região Neotropical continua limitada. Isto dificulta a explicação e geração de cenários biogeográficos detalhados e confiáveis (Lattke 2003).

O Estado do Maranhão, é considerado um dos mais antropizados da região Amazônica e 76% das florestas no Centro de Endemismo Belém - CEB foram perdidas (Almeida e Vieira 2010). Deste modo, a Região Amazônica Maranhense tem cobertura florestal em apenas cinco unidades de conservação: Reserva Biológica (Rebio) do Gurupi e Terras Indígenas (TI) Araribóia, Caru, Awá e Alto Turi-Açu. Todas essas Unidades de Conservação estão extremamente ameaçadas por atividade madeireira ilegal, invasores e incêndios (Martins 2011). O endemismo na região é muito alto e sua diversidade precariamente conhecida (Martins 2011). Atualmente, apenas cinco publicações fazem referência às formigas do Maranhão: Kempf (1972); Brandão (1991); Dáttilo *et al.* (2010); Andrade-Silva (2015); Ramos *et al.* (2015), Silva *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2013). Estas duas últimas, no entanto, foram desenvolvidas exclusivamente em ambientes hospitalares.

O presente estudo reúne informações provenientes de três projetos diferentes com o objetivo de inventariar as espécies de formigas na Amazônia Maranhense.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos se desenvolveram na Amazônia Maranhense, onde a predominância é de solos do tipo Latossolo amarelo, ácidos e de baixa fertilidade (Almeida e Vieira 2010). O clima regional é Aw e Am de acordo com a classificação de Köppen, com pluviosidade média de 2.100 mm/ano (Álvares *et al.* 2013). O tipo de vegetação corresponde a bosque ombrófilo denso na região do Gurupi e Centro Novo do Maranhão, aberto em São Luís e Rosário e mata ciliar aberta em Alcântara (IBGE, 2011).

As coletas foram feitas entre os anos de 2011 e 2014, em seis municípios do Maranhão onde foram estabelecidos núcleos de amostragem. As amostragens foram feitas em

florestas primárias, florestas secundárias em diferentes estágios de sucessão (capoeiras) e sistemas agroflorestais (Figura 1, Tabela 1). Detalhes sobre as parcelas no município de Alcântara se encontram em Zelarayán *et al.* (2015).

As parcelas consistiram em um círculo de 50 m de diâmetro, o qual foi dividido em quatro quadrantes, onde, foram coletados cinco monólitos de solo em forma de cruz a cada 20 m partindo de um ponto central. Para cada monólito, a serapilheira e o solo foram amostrados separadamente e todas as formigas extraídas manualmente foram conservados em álcool 70%. O método de amostragem utilizado foi o Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson e Ingram, 1993) modificado para 25x25x10 cm. Em Alcântara as parcelas foram diferentes (1.000 m²) (Zelarayán *et al.*, 2015), onde cinco monólitos de solo de 25x25x10 cm distribuídos em zig-zag foram coletados. As parcelas amostradas com *pitfalls* e armadilhas com iscas (Bestelmeyer *et al.*, 2000) por ser integradas ao protocolo de projetos com objetivos diferentes consistiram em um grid com 36 *pitfalls*, a intervalos de 30 m. Os *pitfalls* permaneceram no campo por um período de 48 h, já as armadilhas com iscas (doces e salgadas), ficaram expostas a 2 m uma da outra por 2h nos mesmos pontos amostrais dos *pitfalls*.

Os espécimes coletados da mirmecofauna foram identificados até espécie ou morfoespécie. Para subfamília e gênero se utilizou chaves taxonômicas (Palacio; Fernandez 2003). As espécies foram identificadas no Laboratório de Mirmecología do Centro de Pesquisa do Cacau, CEPEC/CEPLAC, Itabuna - Bahia - Brasil. “Vouchers” foram depositadas na coleção deste Laboratório (Coleção CPDC), sob o número 5759, assim como na Coleção de Invertebrados do Solo do Maranhão (uma sub-coleção da Coleção Zoológica do MA) da Universidade Estadual do Maranhão.

RESULTADOS

A subfamília que apresentou o maior número de espécies foi Myrmicinae; seguida por Ponerinae, Formicinae, Dolichoderinae, Ectatomminae, Pseudomyrmecinae, Dorylinae, Amblyoponinae, e Proceratinae. O número de espécies por núcleo variou entre 32 e 115. O número de espécies coletadas por monólito por parcela (TSBF) variou entre um e 20 (Média=4,5; DP= ±3,2) e entre um e nove para *pitfall* (Média= 3,9; DP=±1,6). (Tabela 2)

Foram identificadas 230 espécies de formigas distribuídas em 64 gêneros e 10 subfamílias (Tabela 3). Dentro das espécies coletadas, 208 são novos registros para o Estado do Maranhão enquanto as espécies *Oxyepoecus* sp.1 e *Probolomyrmex* sp.1 são possivelmente novas pra a ciência. Do total dos gêneros, 17 são novos registros pra o Estado do Maranhão.

Só as espécies *Pheidole radoszkowskii*; *Wasmannia auropunctata*, *Pachycondyla harpax*, *Dolichoderus imitator* e *Camponotus crassus*, ocorreram em todos os núcleos de estudo.

Dentro das espécies coletadas, observa-se que *Tapinoma melanocephalum*, *Paratrechina longicornis*, *Monomorium floricola*, *Monomorium pharaonis* e *Cardiocondyla obscurior* são exóticas ao Brasil.

DISCUSSÃO

As subfamílias Myrmicinae, Formicinae e Ponerinae foram as que apresentaram as maiores riquezas de espécies, corroborando com outros estudos na Região Neotropical (Fowler *et al.* 1991; Silva e Lopes 1997; Schmidt e Diehl 2008; Gomes *et al.* 2010) e que pode ser considerado o padrão nessa região. A dominância de Myrmicinae pode estar relacionada com a diversificação em hábitos alimentares e de nidificação (Fowler *et al.* 1991) e de modo semelhante à sua capacidade de distribuição (Fernandez e Sendoya 2004),

características que a constituem como uma das subfamílias mais ricas na Região Neotropical.

Do total das espécies identificadas para o Maranhão (Tabela 1), somente dez já haviam sido registradas por Kempf (1972), uma por Brandão (1991), nove por Andrade-Silva *et al.* (2015) e uma por Ramos *et al.* (2015). Além disso, para o Maranhão 57 gêneros de formigas são registrados na literatura (Baccaro *et al.* 2015). No presente estudo se registram 17 novos registros para o Estado. Isto evidencia a precária informação que se tem da mirmecofauna nesta parte da Amazônia, que pode ser considerada a mais ameaçada de todo o Bioma Amazônico, pelo menos no Brasil, e que precisa que sejam tomadas medidas urgentes de conservação.

O número de espécies presentes na Amazônia maranhense pode ser consideravelmente maior levando em consideração que o método TSBF é utilizado geralmente para estudo da macrofauna em geral do solo e não especificamente para as comunidades de formigas. Assim, este método não realiza uma amostragem exaustiva e sistemática da mirmecofauna do solo, apesar de seu genuíno interesse para amostrar espécies edáficas que dificilmente seriam conhecidas de outra forma. No entanto, cada método utilizado em coleta de formigas apresenta vantagens e desvantagens e, por sua vez, nenhum apresenta exaustividade, recomendando-se a utilização complementar de duas ou mais técnicas de amostragem dependendo do objetivo do trabalho e da variedade de habitats a serem abrangidos (Bestelmeyer *et al.* 2000).

De acordo com Wilkie *et al.* (2007), a nova fronteira para a descoberta de novas espécies de formigas se encontra no solo. O TSBF, por se tratar de uma metodologia que utiliza uma porção do solo, registra espécies hipogeicas, as quais dificilmente são registradas através das demais técnicas usualmente utilizadas, ainda que muitas espécies que nidificam no solo saiam para se reproduzir e algumas forragear (Kaspari 2003). Por

exemplo, foram registradas aqui espécies dos gêneros *Acropyga*, *Acanthosthicus* e *Centromyrmex*, que são tipicamente hipogéicas e dificilmente capturadas com outras técnicas de coleta (Delabie *et al.*, 2000; Wilkie *et al.* 2007). Do mesmo modo, *Labidus coecus* e *Labidus praedator*, consideradas como criptobioticas (Figueiredo *et al.* 2013) e *Pachycondyla impressa*, *Gnamptogenys haenschi* e *Neivamyrmex*, as quais podem ser consideradas como hipogéicas especialistas (Nascimento 2011; Brandão *et al.*, 2012), foram registradas neste trabalho.

A Amazônia maranhense apresenta uma elevada riqueza de espécies de formigas no solo e portanto, é necessário desenvolver projetos que visem à conservação das áreas florestais e bosques secundários, assim como novos estudos que vinculem as formigas como eixo central.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão (FAPEMA), pelo financiamento do projeto. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) na Rebio Gurupi. Aos diversos agricultores e estudantes da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela ajuda em campo e laboratório. Aos amigos e colegas pelas diversas correções e sugestões na escrita do manuscrito. Aos colegas e amigos do Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisa do Cacau, CEPEC/CEPLAC. A Sheila Oliveira pela elaboração do mapa.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Almeida, A.S.; Vieira, I.C.G. 2010. Centro de endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. *Revista de Estudos Universitários*, 36: 95-111.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; de Moraes, J. L.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Zeitschrift*, 22: 711-728.

- Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods, 2 ed. CAB International, Wallingford, 1993. 171 p.
- Andrade-Silva, J., Pereira, E.K.C., Silva, O., Delabie, J.H.C., Rebelo, J.M.M. 2015. Ants (Hymenoptera: Formicidae) Associated with Pig Carcasses in an Urban Area. *Sociobiology*, 62: 527-532.
- Antbase.org (http://osuc.biosci.ohio-te.edu/hymenoptera/tsa.sppcount?the_taxon=Formicidae). Acesso em 19/11/2015.
- Antwiki.org (www.antwiki.org/wiki/Diversity_by_Country). Acesso em 19/11/2015.
- Baccaro F.B.; Feitosa R.M.; Fernandez F.; Fernandes I.O.; Izzo T.J.; Souza J.L.P.; Solar R. 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2015. 1-388p.
- Bestelmeyer, B.T., Agosti, D.; Alonso, L.E.; Brandão, C.R.F.; Brown, W.L.; Delabie J.H.C.; Silvestre, R.. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso L.E.; Schultz T.R. (eds.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London, Smithsonian Institution Press, p.122 -144.
- Brandão C.R.F.; Silva R.R.; Delabie J.H.C. 2012. Neotropical ants (Hymenoptera) functional groups: nutritional and applied implications. In. Panizzi A.R.; Parra J.R.P. (Ed.). *Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management (IPM)*, CRC Press and EMBRAPA, Boca Raton. p. 213-236.
- Brandão, C.R.F. 1991. Adendos ao catálogo abreviado das formigas da região Neotropical (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 35: 319-412.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35: 349-364.
- Dáttilo, W.; Vicente, R.E.; Nunes, R.V.; Carvalho, M.S.G. 2010. Primeiro registro da quenquém cisco-da-Amazônia *Acromyrmex hystrix* Latreille (Formicidae: Myrmicinae) para o estado do Maranhão, Brasil. *EntomoBrasilis*, 3: 92-93.
- Delabie J.H.C.; Agosti, D.; Nascimento I.C. 2000. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. Sampling Ground-dwelling Ants: Case Studies from the World's Rain Forests. In: Agosti D.; Majer J.D.; Alonso L.E.; Schultz, T. (Ed.). *Curtin University, School of Environmental Biology Bulletin n0 18*, Perth, Australia. p. 1-17.
- Delabie, J.H.C.; Fisher, B.L.; Majer, J.D.; Wright, I.W. 2000. Sampling effort and choice of methods. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E. Schultz, T. (Ed.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London, Smithsonian Institution Press, p.45-154.

- Farji-Brener, A.G. e Silva, J.F. 1995. Leaf-cutting ants and forest groves in a tropical parkland savanna of Venezuela: facilitated succession? *Journal of Tropical Ecology*, 11: 651-669.
- Fernandez, F., Sendoya, S. 2004. Lista de las hormigas Neotropicales. *Biota Colombiana*, 5: 1-93.
- Figueiredo, C.J.; Silva, R.R.; Munhae, C.B.; Morini, M.S.C. 2013. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. *Biota Neotropica*. 13: 176-182.
- Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1221-1244.
- Fowler, H.G.L., Forti, C.; Brandão, C.R.F.; Delabie, J.H.C.; Vasconcelos, H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. pp. 131-209, in: A.R. Pazzini and J.R.P. Parra (eds.). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo, Manole.
- Gomes, J.P.; Iannuzzi L.; Leal, I.R.2010. Resposta da comunidade de formigas aos atributos dos fragmentos e da vegetação em uma paisagem da Floresta Atlântica nordestina *Neotropical Entomology* 39: 898-905.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2011. IBGE Mapas. <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html>, Acesso 7 Junho 2014.
- Kaspari, M. 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. pp. 97-112, in: Fernández F. (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt.
- Kempf, W.W. 1972. Catálogo Abreviado das Formigas da Região Neotropical (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomologica*, 15: 3-344.
- Lattke, J.E. 2003. Biogeografía de las hormigas neotropicales. In Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical. In: Fernandez F. (Ed.).In: Introducción a las hormigas de la región Neotropical Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt,
- Lavelle, P.; Decaëns, T.; Aubert, M.; Barot, S.; Blouin, M.; Bureau, F.; Margerie, P.; Mora, P.; Rossi, J.P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42: 3-15.
- Leal, I.R. e Oliveira, P.S. 1998. Interactions between fungus growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. *Biotropica*, 30: 170-178.
- Lima, W.R.S.; Marques, S. G.; Rodrigues, F.S.; Rebêlo, J.M.M. 2013. Ants in a hospital environment and their potential as mechanical bacterial vectors. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 46: 637-640.

- Lopes, C.T.; Vasconcelos, H.L. 2008. Evaluation of Three Methods for Sampling Ground-Dwelling Ants in the Brazilian Cerrado, *neotropical Entomology*, 37: 399-405.
- Majer, J.D.; Delabie, J.H.C. (1993). An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents. *J. Plant Protection. Tropical*, 10: 43-49.
- Martins, M.B. 2011. O Programa de Pesquisa em Biodiversidade na Amazônia Maranhense In: Martins, M.B.; Oliveira, T. G. (Ed.). Amazônia Maranhense: diversidade e conservação. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. P. 17-24.
- Nascimento, R.P. 2011. Estrutura da comunidade de formigas no cerrado: Diversidade, composição e atividade predatórias em monoculturas e ecossistemas naturais. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Ecologia e conservação de recursos Naturais, Uberlândia, MG. 160 pp.
- Palacio, E.; Fernandez, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. In: Fernandez F. (Ed.). In: Introducción a las hormigas de la región Neotropical Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, p. 233-260.
- Ramos, A.E.S.; de Lemos, R.N.S.; do Vale, A.M.S.; Batista, M.C.; Moreira, A. A.; Harada, A.Y.; Mesquita, M.A.L. 2015. Ant diversity in agro ecosystems and secondary forest. *African Journal of Agricultural Research*, 10: 4449-4454.
- Santana, F.D.; Cazetta, E.; Delabie, J.H.C. 2013. Interactions between ants and non-myrmecochorous diaspores in a tropical wet forest in southern Bahia, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 21: 71-80.
- Schmidt, F.A.; Diehl, E. 2008. What is the effect of soil use on ant communities? *Neotropical Entomology*, 37: 381-388
- Silva, G.M.; Carmo, M.S.; Moraes, L.S.; Moraes, F.C.; Barnabé, A.S; Figueiredo, P.M.S. 2012. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como vetores de bactérias em ambiente hospitalar na cidade de São Luis – Maranhão. *Revista Patologia Tropical*, 41: 348-355.
- Silva, R.R.; Lopes, B.C. 1997. Ants (Hymenoptera: Formicidae) from Atlantic rainforest at Santa Catarina Island, Brazil: two years of sampling. *Revista de Biología Tropical*. 45: 1641-1648
- Wilkie, K.R.R.; Merti, A.L; Traniello, J.F.A. 2007. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazônia. *Naturwissenschaften*, 94: 725-731
- Zelarayán, M.LC, Celentano, D., Oliveira E.C, Triana S.P, Sodr e D.N; Muchavisoy, K.H.M.; Rousseau, G.X. 2015. Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. *Acta Amazonica*, 45: 271-282.

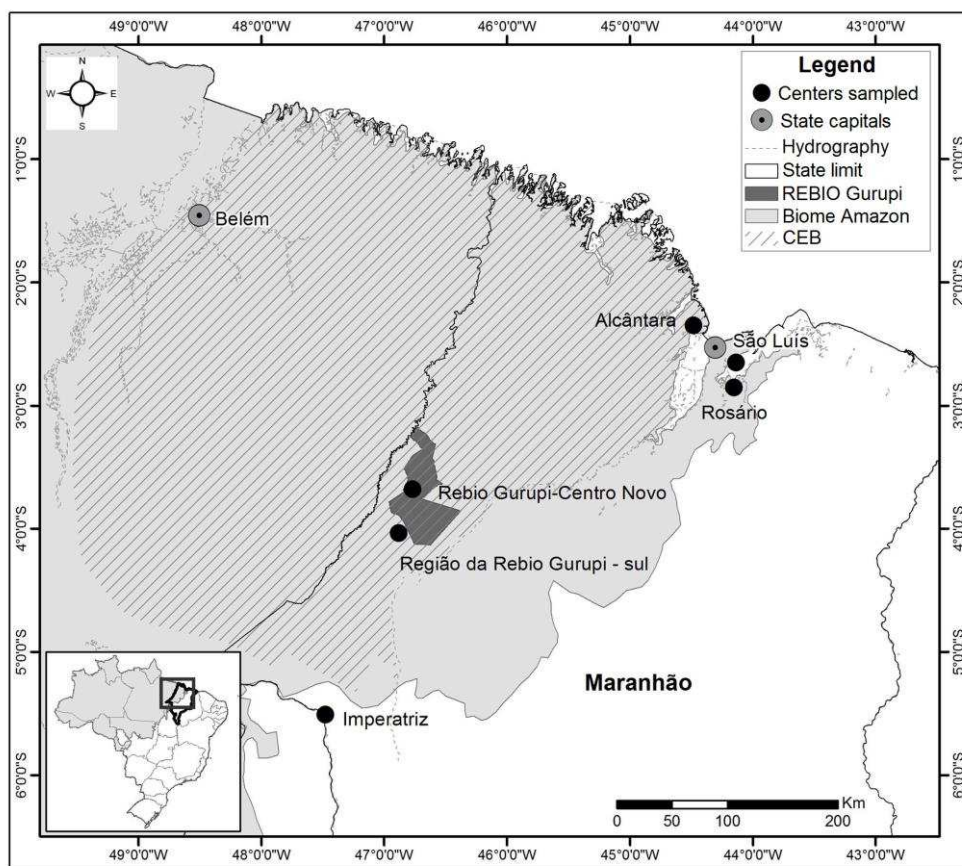


Figura 1. Núcleos de coleta no Estado do Maranhão, Brasil.

Tabela 1. Localidade e descrição das áreas amostradas, na Amazônia Maranhense, no período de 2011 a 2014.

Núcleo	Vegetação	Sigla/idade	Coordenadas	Método coleta	n
Alcântara	Floresta ciliar alta	FCA/20-40	02°21'42.0"S e 44°26'31.9"W	TSBF	6
			02°21'35.7"S e 44°27'26.7"W		
			02°21'02.1"S e 44°27'56.5"W		
			02°20'52.6"S e 44°28'39.6"W		
			02°20'55.7"S e 44°28'56.4"W		
			02°20'38.6"S e 44°29'10.6"W		
	Floresta ciliar baixa	FCB/4-7	02°21'05.5"S e 44°27'51.4"W	TSBF	6
			02°21'43.9"S e 44°26'36.0"W		
			02°21'37.1"S e 44°27'36.1"W		
			02°20'47.2"S e 44°28'29.9"W		
			02°20'53.5"S e 44°28'54.3"W		
			02°20'52.7"S e 44°29'01.3"W		
Area aberta	AA	02°21'39.2"S e 44°26'30.1"W	TSBF	6	
		02°21'37.8"S e 44°27'16.5"W			
		02°21'32.6"S e 44°27'43.3"W			
		02°20'53.4"S e 44°28'50.7"W			
		02°20'56.0"S e 44°29'01.0"W			
		02°20'54.0"S e 44°28'46.1"W			
Floresta ciliar	FC/>100	02°21'37.9"S e 44°26'54.6"W	TSBF	6	
		02°21'39.5"S e 44°27'14.9"W			
		02°20'49.5"S e 44°28'31.4"W			
		02°20'52.5"S e 44°28'50.0"W			
		02°20'36.0"S e 44°29'08.1"W			
		02°20'55.4"S e 44°27'56.4"W			
Região da Rebio Gurupi sul	Capoeira alta	CA/20-40	04°04'08.4"S e 46°53'22.1"W	TSBF	2
			04°04'09.5"S e 46°53'20.4"W		
	Capoeira media	CM/11-16	04°02'10.1"S e 46°52'50,3"W		
		04°02'05.5"S e 46°52'51,0"W			
			04°2'34.08"S e 46°54'21.8"W		
Rebio Gurupi Centro novo	Floresta	F/>100	03°40'50.1"S e 46°46'12.9"W	TSBF	6
			03°40'56.1"S e 46°46'08.8"W		
			03°40'59.7"S e 46°46'01.5"W		
			03°41'11.7"S e 46°45'34.9"W		
			03°41'14.0"S e 46°45'34.3"W		
			03°41'16.3"S e 46°45'34.7"W		

Cont. Tabela 1.

Núcleo	Vegetação	Sigla/idade	Coordenadas	Método coleta	n
			02°49'05.3"S e 44°08'20.3"W		
			02°51'04.0"S e 44°08'52.0"W		
			02°51'11.8"S e 44°09'02.6"W		
	Capoeira media	CM/20-40		TSBF	4
			02°52'21.9"S e 44°07'38.7"W		
Rosário	Capoeira baixa	CB/4-7	02°51'02.7"S e 44°08'57.3"W	TSBF	2
			02°51'46.9"S e 44°08'32.3"W		
	Capoeira media	CM/11-16	02°51'11.0"S e 44°09'30.1"W		
			02°51'17.2"S e 44°09'16.7"W		
			02°51'34.8"S e 44°08'25.2"W	TSBF	4
			02°51'40.4"S e 44°08'00.4"W		
	Floresta	F/>100	02°49'55.6"S e 44°07'56.0"W	TSBF	1
	Sistema agroforestal	SAF	02°51'14.3"S e 44°09'11.4"W	TSBF	2
			02°51'25.5"S e 44°08'03.2"W		
	Capoeira alta	CA/20-40	S e W	TSBF	1
			02°35'31.7"S e 44°12'36.0"W		
	Capoeira baixa	CB/4-7	02°35'25.9"S e 44°12'37.0"W	TSBF	3
			02°35'26.8"S e 44°12'32.9"W		
	Restinga	R/>100	02°38'37.9"S e 44°08'17.7"W	TSBF	2
			02°38'59.2"S e 44°08'40.10"W		
São Luis			02°39'01.2"S e 44°08'47.7"W		1
			02°31'26.8"S e 44°12'2.03"W		1
	Remanescentes florestais		02°36'15.3"S e 44°17'58.7"W		1
			02°34'1.98"S e 44°15'2.01"W	Pitfall/ Isca	1
			02°42'28.7"S e 44°15'21.1"W		1
			02°42'41.3"S e 44°17'49.3"W		1
Imperatriz	Remanescentes florestais		05°30'39.5"S e 47°28'47.0"W		1

Tabela 2. Número de espécies por subfamília por núcleo de amostragem Alcantara (Alc), Região sul da Rebio Gurupi (RRGS), Rebio Gurupi-Centro Novo (RGCN), Imperatriz (Imp), Rosario (Ros) e São Luis (Sls).

Subfamília	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	Sls	Total spp.	%
Amblyoponinae	0	1	0	0	0	1	2	0,9
Dolichoderinae	7	3	3	2	4	10	18	7,9
Dorylinae	3	2	1	0	2	3	7	3,0
Ectatomminae	4	6	2	2	3	6	16	6,9
Formicinae	11	12	6	6	7	19	31	13,5
Myrmicinae	30	37	31	15	29	51	103	44,7
Paraponerinae	0	0	0	1	0	0	1	0,4
Ponerinae	14	11	14	5	12	19	37	16,1
Proceratinae	1	0	1	0	0	0	2	0,9
Pseudomyrmecinae	7	7	2	1	4	6	13	5,7
Total de espécies	77	79	60	32	61	115	230	100,0
Número de monolitos	240	25	30	-	65	30	-	-

Tabela 3. Lista de espécies de formigas na Região Amazônica, Maranhão, Brasil Alcantara (Alc), região sul da Rebio Gurupi (RRGS), Rebio Gurupi-Centro Novo (RGCN), Imperatriz (Imp), Rosário (Ros) e São Luis (SlS). * Genero novo para Maranhão.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	SlS
Amblyoponinae						
* <i>Prionopelta</i> sp.1						X
* <i>Stigmatomma</i> sp.1		X				
Dolichoderinae						
<i>Azteca</i> (gp. <i>Chartifex</i>) sp.1						X
<i>Azteca chartifex</i> Forel, 1912						X
<i>Azteca</i> sp. 8						X
<i>Azteca</i> sp.1	X					
<i>Azteca</i> sp.2	X					
<i>Azteca</i> sp.3						X
<i>Azteca</i> sp.6			X			
<i>Dolichoderus attelaboides</i> (Fabricius, 1775)						X
<i>Dolichoderus bispinosus</i> (Olivier, 1792)	X			X		
<i>Dolichoderus diversus</i> (Olivier, 1792)	X					
<i>Dolichoderus imitator</i> Emery, 1894	X	X		X	X	X
<i>Dolichoderus quadridenticulatus</i> (Roger, 1862)	X					
* <i>Dorymyrmex biconis</i> Forel, 1912					X	
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908		X	X		X	X
<i>Dorymyrmex goeldii</i> Forel, 1908						X
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	X					
<i>Forelius maranhaoensis</i> Cuzzo, 2000						X
* <i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)		X	X		X	X
Dorylinae						
<i>Acanthosticus brevicornis</i> Emery, 1894					X	
<i>Cerapachys splendens</i> Borgmeier, 1957	X	X				
<i>Eciton mexicanum</i> Roger 1863						X
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	X				X	X
<i>Labidus mars</i> (Forel, 1912)			X			
* <i>Neivamyrmex</i> sp.1	X	X				
* <i>Nomamyrmex esenbeckii</i> Westwood, 1842						X
Ectatomminae						
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	X					X
<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894		X				
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908				X		
<i>Ectatomma ruidum</i> (Roger, 1860)	X					
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	X					X
<i>Gnamptogenys acuminata</i> (Emery, 1896)						X
<i>Gnamptogenys annulata</i> (Mayr, 1887)						X
<i>Gnamptogenys haenschii</i> Emery, 1902	X	X	X			
<i>Gnamptogenys horni</i> (Santschi, 1929)		X		X	X	
<i>Gnamptogenys lanei</i> Kempf, 1960		X				

Cont. Tabela 3.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	SlS
<i>Gnamptogenys minuta</i> (Emery, 1896)					X	
<i>Gnamptogenys moelleri</i> (Forel, 1912)	X				X	X
<i>Gnamptogenys</i> sp.3						X
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)		X				
<i>Gnamptogenys triangularis</i> (Mayr, 1887)			X			
Formicinae						
* <i>Acropyga exsanguis</i> (Wheeler, 1909)					X	
<i>Acropyga goeldii</i> Forel, 1893						X
<i>Brachymyrmex heeri</i> Forel, 1874	X	X	X		X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	X				X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp.2		X	X		X	X
<i>Camponotus</i> (<i>Tanaemyrmex</i>) sp.6	X					
<i>Camponotus</i> (<i>Myrmaphaenus</i>) sp.1						X
<i>Camponotus</i> (<i>Myrmosphincta</i>) sp.1						X
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)				X		
<i>Camponotus bidens</i> Mayr, 1870	X					
<i>Camponotus bispinosus</i> Mayr, 1870		X				
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	X	X				X
<i>Camponotus chartifex</i> (Smith, 1860)	X					
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	X	X		X	X	X
<i>Camponotus fastigatus</i> Roger, 1863				X		X
<i>Camponotus godmani</i> Forel, 1899	X		X			X
<i>Camponotus latangulus</i> Roger, 1863	X	X			X	X
<i>Camponotus leydigii</i> Forel, 1886	X	X				X
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894				X		X
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870				X		
<i>Camponotus rectangularis</i> Emery, 1890						X
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894				X		X
<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)						
<i>Camponotus textor</i> Forel, 1899						X
<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr, 1870		X	X			
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)					X	X
<i>Nylanderia guatemalensis</i> (Forel, 1885)		X	X			
<i>Nylanderia</i> sp.1	X	X	X			
<i>Nylanderia</i> sp.2						X
<i>Nylanderia</i> sp.3		X				
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)						X
Myrmicinae						
<i>Acromyrmex subterraneus brunneus</i> Forel, 1911		X				
<i>Apterostigma robustum</i> Emery, 1896		X	X		X	
<i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939				X		X
<i>Baciseros militaris</i> (Weber, 1950)			X			

Cont. Tabela 3.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	SlS
<i>Cardiocondyla obscurior</i> Wheeler, 1929					X	
<i>Carebara</i> sp.1		X				X
<i>Carebara urichi</i> (Wheeler, 1922)		X	X			
<i>Cephalotes alfaroi</i> (Emery, 1890)	X					
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	X				X	X
<i>Cephalotes grandinosus</i> (Smith, 1860)						X
<i>Cephalotes maculatus</i> (Smith, 1876)						X
<i>Cephalotes minutus</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X		X	X
<i>Cephalotes pavonii</i> (Latreille, 1809)					X	
<i>Cephalotes pallens</i> (Klug, 1824)	X					
<i>Cephalotes pileini</i> De Andrade, 1999						X
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)						X
<i>Cephalotes umbraculatus</i> (Fabricius, 1804)						X
<i>Crematogaster abstinens</i> Forel, 1899						X
<i>Crematogaster brasiliensis</i> (Mayr, 1878)						X
<i>Crematogaster erecta</i> Mayr, 1866	X	X	X		X	X
<i>Crematogaster limata</i> Smith, 1858		X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp.11			X			
<i>Crematogaster tenuicula</i> Forel, 1904	X		X		X	X
<i>Cyphomyrmex bicarinatus</i> Snelling & Longino, 1992						X
<i>Cyphomyrmex laevigatus</i> Weber, 1938		X				
<i>Cyphomyrmex major</i> Forel, 1901	X	X				
<i>Cyphomyrmex peltatus</i> Kempf, 1966		X	X	X		X
<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894		X				X
<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)	X	X	X			X
<i>Hylomyrma</i> sp.2	X					
<i>Megalomyrmex drifti</i> Kempf, 1961						X
* <i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	X	X			X	
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)						X
<i>Mycetarotes paralellus</i> (Emery, 1905)						X
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)				X	X	X
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)						X
<i>Myrmicocrypta</i> sp.2						X
<i>Myrmicocrypta</i> sp.1	X	X				
<i>Myrmicocrypta</i> sp.3		X	X			
* <i>Nesomyrmex asper</i> (Mayr, 1887)					X	
<i>Nesomyrmex spininodis</i> (Mayr, 1887)	X				X	
<i>Nesomyrmex wilda</i> (Smith, 1943)						X
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i> Fernandez, 2003				X		
<i>Octostruma balzani</i> (Emery, 1894)						X
<i>Octostruma betschi</i> Perrault, 1988						X
<i>Octostruma jheringhi</i> (Emery, 1887)		X	X			

Cont. Tabela 3.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	Sls
* <i>Oxyepoecus</i> sp.1						X
<i>Pheidole</i> (gp. Diligens) sp.70						X
<i>Pheidole</i> (gp. Fallax) sp.21						X
<i>Pheidole</i> (gp. Fallax) sp.4						X
<i>Pheidole</i> (gp. Flavens) sp.5						X
<i>Pheidole</i> (gr. Diligens) sp.1			X			
<i>Pheidole</i> (gr. Diligens) sp.2		X				
<i>Pheidole</i> (gr. Diligens) sp.3		X				
<i>Pheidole</i> (gr. Fallax) sp.1		X	X			X
<i>Pheidole</i> (gr. Fallax) sp.2	X		X			
<i>Pheidole</i> (gr. Fallax) sp.3	X					X
<i>Pheidole</i> (gr. Flavens) sp.1	X	X	X		X	X
<i>Pheidole</i> (gr. Flavens) sp.2		X			X	
<i>Pheidole</i> (gr. Flavens) sp.3	X					
<i>Pheidole</i> (gr. Tristis) sp.1		X				
<i>Pheidole</i> (gr. Tristis) sp.2					X	
<i>Pheidole</i> prox. <i>Cramptoni</i>			X			
<i>Pheidole</i> (gr. Tristis) sp.89				X		
<i>Pheidole allarmata</i> Wilson, 2003			X		X	
<i>Pheidole diligens</i> (Smith, 1858)				X		
<i>Pheidole dolon</i> Wilson, 2003			X			
<i>Pheidole fallax</i> Mayr, 1870			X	X		
<i>Pheidole gauthieri</i> Forel, 1901			X			
<i>Pheidole jeannei</i> Wilson, 2003				X		
<i>Pheidole midas</i> Wilson, 2003					X	
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr 1884	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole scolioceps</i> Wilson, 2003				X		
<i>Pheidole</i> sp.9		X				
<i>Procryptocerus pictipes</i> Emery, 1896	X		X			
<i>Rogeria alzatei</i> Kugler, 1994	X		X		X	X
<i>Rogeria besucheti</i> Kugler, 1994		X				
<i>Rogeria germaini</i> Emery, 1894		X				
<i>Rogeria leptonana</i> Kugler, 1994	X					
<i>Rogeria lirata</i> Kugler, 1994						X
<i>Sericomyrmex</i> sp.1		X	X		X	X
<i>Sericomyrmex</i> sp.2				X		
<i>Solenopsis virulens</i> (Smith, 1858)	X	X	X		X	
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)				X	X	X
<i>Solenopsis globularia</i> (Smith, 1858)					X	X
<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)						X
<i>Solenopsis</i> sp.1	X		X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp.3	X		X		X	X

Cont. Tabela 3.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	SlS
<i>Solenopsis</i> sp.5		X	X			
<i>Solenopsis</i> sp.8	X				X	
<i>Solenopsis substituta</i> Santschi, 1925						X
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr, 1887	X	X	X		X	
<i>Strumigenys depressiceps</i> Weber, 1934				X		
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890						X
<i>Strumigenys orchibia</i> (Brown, 1953)						X
<i>Strumigenys subedentata</i> Mayr, 1887		X				
<i>Strumigenys</i> sp.1	X					
<i>Strumigenys</i> sp.2		X				
<i>Strumigenys trudifera</i> Kempf & Brown, 1969	X	X				
<i>Strumigenys urrhobia</i> (Bolton, 2000)						X
<i>Trachymyrmex relictus</i> Borgmeier, 1934	X	X	X		X	X
* <i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866	X					X
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X	X	X
Paraponerinae						
<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)				X		
Ponerinae						
<i>Anochetus bispinosus</i> (Smith, 1858)			X			
<i>Anochetus diegensis</i> Forel, 1912	X	X				X
<i>Anochetus horridus</i> Kempf, 1964				X		
<i>Anochetus mayri</i> Emery, 1884			X		X	X
* <i>Centromyrmex brachycola</i> (Roger, 1861)			X			X
* <i>Cryptopone guianensis</i> (Weber, 1939)			X			
<i>Hypoponera opacior</i> (Forel, 1893)						X
<i>Hypoponera</i> sp.1	X	X	X		X	
<i>Hypoponera</i> sp.11			X			
<i>Hypoponera</i> sp.13					X	
<i>Hypoponera</i> sp.15			X			
<i>Hypoponera</i> sp.2	X					
<i>Hypoponera</i> sp.3	X	X			X	
<i>Hypoponera</i> sp.4	X	X	X			
<i>Hypoponera</i> sp.6		X	X		X	X
<i>Hypoponera</i> sp.8		X				
<i>Hypoponera trigona</i> (Mayr, 1887)			X		X	X
<i>Leptogenys guianensis</i> Wheeler, 1923						X
<i>Leptogenys iherengi</i> Forel, 1911						X
<i>Leptogenys unistimulosa</i> Roger, 1863						X
* <i>Mayaponera constricta</i> (Mayr, 1884)	X	X		X		X
<i>Neoponera commutata</i> (Roger, 1860)						X
<i>Neoponera verena</i> Forel, 1922			X			
<i>Neoponera striatinodis</i> Emery, 1890	X					
<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)						X

Cont. Tabela 3.

Subfamília/ Especies	Alc	RRGS	RGCN	Imp	Ros	Sls
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892	X			X		X
<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905					X	
<i>Odontomachus</i> sp.1		X			X	
<i>Pachycondyla crassinoda</i> (Latreille, 1802)	X			X	X	X
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	X	X	X
<i>Pachycondyla impressa</i> (Roger, 1861)	X					
<i>Platythyrea pilosula</i> (Smith, 1858)						X
<i>Pseudoponera gilberti</i> (Kempf, 1960)		X	X		X	X
* <i>Rasopone arhuaca</i> (Forel, 1901)	X		X		X	X
<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858)	X	X				
<i>Thaumatomyrmex soesilae</i> Makhan, 2007	X					
Proceratinae						
* <i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954	X					
<i>Probolomyrmex</i> sp.1			X			
Pseudomyrmecinae						
<i>Pseudomyrmex</i> (gr. <i>Pallidus</i>) sp.2					X	X
<i>Pseudomyrmex</i> (gr. <i>Pallidus</i>) sp.3		X				
<i>Pseudomyrmex curacaensis</i> (Forel, 1912)	X	X			X	
<i>Pseudomyrmex filiformis</i> (Fabricius, 1804)	X					
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	X	X				X
<i>Pseudomyrmex oculatus</i> (Smith, 1855)	X	X	X			X
<i>Pseudomyrmex pupa</i> (Forel, 1911)		X				X
<i>Pseudomyrmex sericeus</i> (Mayr, 1870)		X				
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901)					X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp.6					X	
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	X		X
<i>Pseudomyrmex tenuissimus</i> (Emery, 1906)	X					
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	X					