



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
DA BIODIVERSIDADE

EFICIÊNCIA DE REFLORESTAMENTOS NATIVOS E EXÓTICOS NA RECUPERAÇÃO DE
INTERAÇÕES FORMIGA-PLANTA EM UMA PAISAGEM AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA
MERIDIONAL

JÉSSICA CAROLINE DE FARIA FALCÃO

CUIABÁ – MT

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
DA BIODIVERSIDADE

**EFICIÊNCIA DE REFLORESTAMENTOS NATIVOS E EXÓTICOS NA RECUPERAÇÃO DE
INTERAÇÕES FORMIGA-PLANTA EM UMA PAISAGEM AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA
MERIDIONAL**

JÉSSICA CAROLINE DE FARIA FALCÃO

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação, do
Instituto de Biociências, para
obtenção do título de Mestre em
Ecologia e Conservação da
Biodiversidade.

CUIABÁ – MT

2012

Falcão, Jéssica Caroline de Faria.

S586s

Eficiência de reflorestamentos nativos e exóticos na recuperação de interações formiga planta em uma paisagem agroflorestal na amazônia meridional / Jéssica Caroline de Faria Falcão. Cuiabá, Mato Grosso, Brazil, 2012.

99f.: Il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, 2013.

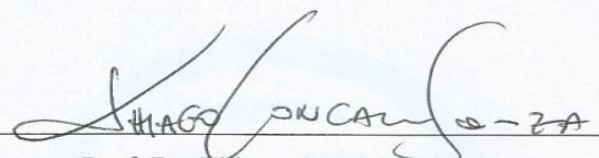
Orientador: Prof. Dr. Thiago Junqueira Izzo.

1. Redes ecológicas. 2. Diversidade de interações. 3. Especificidade. 4. Aninhamento. I. Título. 574

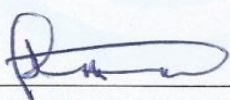
CDU: 574 (817.2)

BANCA EXAMINADORA

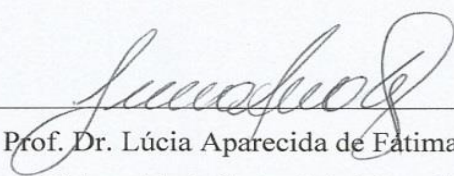
Prof. Dr. Thiago Junqueira Izzo
Universidade Federal de Mato Grosso
Orientador



Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza
Universidade Estadual de Campinas
Examinador Externo



Prof. Dr. Domingos de Jesus Rodrigues
Universidade Federal de Mato Grosso
Examinador Titular



Prof. Dr. Lúcia Aparecida de Fatima Mateus
Universidade Federal de Mato Grosso
Examinador Suplente

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. ÁREA DE ESTUDO	11
2.2. AMBIENTES ESTUDADOS	12
2.3. DELINEAMENTO AMOSTRAL	12
2.4. COLETA DE DADOS	13
2.5. ANÁLISE DE DADOS	14
3. RESULTADOS	16
3.1. RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	16
3.2. INTERAÇÕES ENTRE FORMIGAS E PLANTAS COM NEFs	18
4. DISCUSSÃO	22
4.1 RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	22
4.2 INTERAÇÕES ENTRE FORMIGAS E PLANTAS COM NEFS	23
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ANEXO 01	34
ANEXO 02	40
ANEXO 03	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da distribuição das parcelas de mata (○), pasto (◇), figueira (★), Capoeira (Δ) e teca (□) na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil	13
Figura 2. Delineamento amostral das parcelas nos reflorestamentos, pasto e capoeira (A) e na mata (B) implementados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil	14
Figura 3. Média e desvio padrão da riqueza rarefeita de plantas com nectários extraflorais coletadas nos reflorestamentos de figueira e teca, na capoeira, no pasto e na mata, coletados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa	18
Figura 4. Escalonamento Multidimensional Não-Métrico resumindo a composição de espécies de plantas com nectários extraflorais coletadas nos seguintes ambientes: figueira (o), capoeira (Δ), pasto (x), teca (□) e mata (◇), coletadas na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil	19
Figura 5. Média e desvio padrão da riqueza rarefeita de formigas coletadas em seis ambientes (Plantios de figueira e de teca, pasto co gado, capoeira e mata) na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa	19
Figura 6. Média e desvio padrão do número de formigas coletadas na mata que também foram coletadas nos plantios de figueira, de teca, no pasto e na capoeira. Todos os dados foram coletados na Fazenda São Nicolau, na Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa	20
Figura7. Gráfico do Escalonamento Multidimensional Não-Métrico resumindo a composição de espécies de formigas coletadas nos seguintes ambientes: figueira (o), capoeira (Δ), pasto (x), teca (□) e mata (◇), coletadas na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil	20
Figura 8. Média e desvio padrão dos valores de aninhamento (Z-score; A), Diversidade de interações (B) e Especificidade (H ₂ '; C) das redes de interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais, para os cinco ambientes amostrados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa	21

RESUMO

Recentemente, diferentes programas de reflorestamento têm sido criados na Amazônia brasileira com objetivo de recuperar a diversidade biológica em ambientes desmatados. Entretanto, a maioria dos estudos tem focado na perda de espécies e ignorado a perda das interações ecológicas e dos serviços ecossistêmicos envolvendo essas espécies no seu ambiente natural. Neste trabalho, eu utilizei métricas derivadas das redes ecológicas para avaliar o papel de reflorestamentos e áreas de regeneração natural, além da distância da mata, sobre as redes de interações entre formigas e plantas com nectários extra-florais (NEFs) em uma floresta na Amazônia Meridional brasileira. Neste estudo, mostrei que a distância da mata nativa não influenciou na recuperação das interações formiga-planta. Além disso, também mostrei que reflorestamentos de espécies exóticas e nativas (*Tectona grandis* e *Ficus maxima*) e ambientes de regeneração natural tiveram a mesma eficiência na recuperação da diversidade de interações formiga-planta em relação ao pasto. Também não encontrei diferença na especificidade de interações formiga-planta entre os reflorestamentos de *T. grandis*, os ambientes de regeneração natural e a mata. O reflorestamento de *F. maxima* teve a mesma especificidade de interações que o pasto. Adicionalmente, o grau de aninhamento das redes também não variou entre os ambientes, o que indica que a estrutura topológica das redes formiga-planta pode ser estável independentemente de fatores ambientais locais. Em conclusão, mostrei que a regeneração natural pode ser o método mais eficiente e econômico para restaurar a diversidade e a estrutura das interações formiga-plantas com NEF em florestas tropicais.

Palavras-chave: redes ecológicas, diversidade de interações, especificidade, aninhamento.

ABSTRACT

Recently, various reforestation programs have been created in the Brazilian Amazon in order to restoring the biological diversity in deforested environments. However, most studies have focused only on species loss and ignored the loss of ecological interactions and ecosystem services involving these species in their natural environment. In this study, we used metrics derived from ecological networks to evaluate the role of reforestation, natural regeneration and the distance of the forest matrix, on the mutualistic interactions between ants and plants with extrafloral nectaries (EFN) in a rainforest within the southern Brazilian Amazon. We showed that the distance of the forest did not influence the restoration of ant-plant networks. Moreover, we also showed that reforestations of the exotic and native species (*Tectona grandis* and *Ficus maxima*) and environments of natural regeneration had the same efficiency in recovering the diversity of ant-plant interactions in relation to pasture. We also found no difference in the specificity of ant-plant interactions between the reforestation of *T. grandis*, environments of natural regeneration and the forest. Reforestation of *F. Maxima* had the same specificity of interactions that pasture. Additionally, the nestedness value of networks also did not vary among the environments studied, which indicate that the topological structure of ant-plant networks can be stable independently of local environmental factors. In short, we showed that the natural regeneration may be the more efficient and economical method to restoring the diversity and structure of ant-plants with EFN interactions in tropical forests.

Keywords: ecologic networks, diversity of interactions, specificity, nestedness.

1) INTRODUÇÃO

A conversão de floresta em pastagens é responsável pela maior parte do desmatamento da Amazônia brasileira (Alencar et al. 2004). Além da diminuição da diversidade de plantas (Mitja et al. 2008), ele também tem efeito negativo sobre a diversidade de vários grupos animais (Scheffler 2005; Lees e Peres 2006; Boyle 2008; Leal et al. 2012). Adicionalmente, também pode levar à perda de interações ecológicas (Touchton e Smith 2011; Aizen et al. 2012) e de vários serviços ecossistêmicos (Didham et al. 1996), como decomposição (Didham et al. 1996; Horgan 2005) e polinização (Murren 2002; Cramer et al. 2007). Nesse contexto, torna-se crítica a necessidade de implantação de ações que visem impedir o desmatamento, minimizar seus efeitos sobre a biodiversidade ou recuperar áreas previamente desmatadas legal ou ilegalmente. Uma estratégia comum atualmente é a restauração ecológica pelo reflorestamento, onde espécies nativas e/ou exóticas são plantadas criando microambientes que podem facilitar o estabelecimento de outras plantas e acelerar o resgate da biodiversidade (Massad et al. 2011; Milder e Clarck 2011).

Para a recuperação das áreas desmatadas, a escolha da espécie a ser plantada é um ponto chave em projetos de reflorestamento (Engel e Parrota 2000; Román-Dañobeytia et al. 2011; Sansevero et al. 2011). Essa escolha é importante porque o resgate da biodiversidade pode variar de acordo com a espécie pioneira, principalmente devido a diferenças associadas as condições ambientais locais influenciadas por essa espécie (ex. condições microclimáticas, diversidade de habitats e acúmulo de serrapilheira) (Bellingham et al. 2010; Castillo-Núñez et al. 2011; Sansevero et al. 2011). A maior parte dos reflorestamentos, porém, são realizados para fins comerciais, plantando-se espécies com subprodutos de valor econômico (Tyynela et al. 2003). Dentre essas espécies, a Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) se destaca pela grande quantidade de hectares plantados na região Tropical (Evans 1999). Entretanto, *T. grandis* tem efeitos deletérios sobre o processo de sucessão, como propriedades alelopáticas (Healey e Gara 2003) e baixa atração de dispersores de sementes (Tewari 1992). Dessa forma, o plantio de espécies nativas pode ser uma melhor alternativa quando o objetivo é a restauração, pois proporcionam melhores habitats para os animais nativos (Evans e Turnbull 2004). Espécies nativas promissoras, como as espécies do gênero *Ficus*, conhecidas como figueiras, atraem variados frugívoros nativos (Assumpção 2008; Schleuning et al. 2011), o que pode acelerar o processo de restauração. Conjuntamente com a identidade da planta pioneira, a distância da mata nativa também influencia na riqueza e composição de espécies nos reflorestamentos, uma vez que há um limite de distância de dispersão de sementes para esses ambientes, de acordo com o tamanho da semente e o tipo de dispersão (Wunderle 1997; Wagner et al. 2004). Alguns autores relatam uma relação negativa entre a riqueza de espécies e a distância

entre a mata e a área degradada, e uma diferença maior na composição entre estes locais com o aumento da distância entre eles (Wunderle et al. 1997; Mesquita et al. 2001).

Apesar do trabalho inicial de Janzen (1974), no qual o autor ressalta a importância das interações para a manutenção da biodiversidade, a maioria dos estudos em restauração da biodiversidade têm focado apenas na recuperação da riqueza e da diversidade de espécies durante a recuperação de áreas degradadas (Azcarate e Peco 2011; Mullah et al. 2011; Reid et al. 2012) e ignorado a perda da diversidade de interações ecológicas que essas espécies realizam. Nos últimos anos, diversos trabalhos ressaltaram a importância de se considerar outros aspectos além da diversidade de espécies, como serviços ecossistêmicos (Benayas e Bullock 2012) e interações ecológicas (Dyer et al. 2010; Devoto et al. 2012). De fato, as interações ecológicas afetam todos os atributos do ecossistema, da produtividade primária até as dinâmicas populacionais (Ohgushi et al. 2007; Tylianakis et al. 2007; Del-Claro e Torezan-Silingardi 2009), exercendo um importante papel na estrutura e estabilidade de comunidade biológicas (Janzen 1974; Del-Claro e Torezan-Silingardi 2009; Dyer et al. 2010). Dentre as métricas que podem ser utilizadas para avaliar a dinâmica das interações ecológicas em um determinado local, destacam-se a diversidade, o aninhamento e a especificidade das interações ecológicas. A diversidade de interações pode ser definida como o número de interações que ligam as espécies em comunidades biológicas e possui uma correlação positiva com a estabilidade da comunidade (Dyer et al. 2010). Já a especificidade está relacionada com o número de interações que uma dada espécie realiza (Blüthgen et al. 2007) e ambientes estáveis tendem a possuir menos interações especializadas par-a-par (Neutel et al. 2002; Bascompte et al. 2005, 2006). Isso ocorre porque as espécies com interações generalistas promovem uma redundância funcional na comunidade que impede que o desaparecimento de uma interação colapse todo o sistema (Montoya et al. 2006; Bascompte e Jordano 2007). Dessa forma, é esperado que a especialização das interações ecológicas diminua durante o processo sucessional. Por último, o aninhamento descreve o padrão de interações inteiro da rede, onde as espécies especialistas interagem principalmente com as espécies generalistas, e os generalistas tendem a interagir entre si. (Bascompte et al. 2003). Biologicamente, o padrão aninhado descreve a amplitude do nicho das espécies em uma comunidade, sendo que comunidades mais aninhadas possuem maior particionamento de nicho e menor competição entre espécies (Bastolla et al. 2009; Blüthgen 2010).

Interações entre formigas e plantas são comuns em florestas tropicais, devido à extrema abundância e diversidade das formigas nestes ambientes (Wilson 1972; Kitching 1997; Longino et al. 2002). Dentre as inúmeras interações formiga-plantas que ocorrem em florestas tropicais, uma bastante frequente é a interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais (NEFs) (Rico-Gray e Oliveira 2007). Nessa interação, as

plantas produzem compostos nutritivos ricos em carboidratos, aminoácidos, vitaminas e água (Rico-Gray e Oliveira 2007) e, em troca do alimento fornecido, as formigas podem aumentar o fitness das plantas, principalmente pela defesa contra potenciais herbívoros (Oliveira et al. 1999; Rico-Gray e Oliveira 2007). A frequência de plantas com NEFs é determinante em algumas fitofisionomias da Amazônia brasileira. De fato, até 53% das espécies de plantas de uma dada área podem apresentar essas estruturas (Morellato e Oliveira 1991; Rico-Gray e Oliveira 2007). Dessa forma, a interação entre esses organismos pode ser uma ferramenta útil para avaliar a eficiência de projetos de reflorestamentos na recuperação de interações ecológicas em florestas tropicais.

Neste estudo, eu avaliei a influência de reflorestamentos (teca e figueira) e distâncias da mata sobre as interações entre formigas e plantas com NEFs em um sistema agroflorestal inserido na Amazônia Meridional brasileira. Para isso eu também coletei em ambientes de pastagem (ambiente onde os reflorestamentos foram implementados), em regeneração natural (capoeiras, onde a sucessão ocorreu sem interferência humana) e na mata nativa. Visamos descrever como a (1) riqueza de formigas e de plantas com NEFs, (2) composição de formigas e plantas com NEFs, (3) diversidade de interações de espécies, (3) grau de aninhamento das interações e (4) especificidade das interações ecológicas se recuperam nos reflorestamentos.

2) MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Realizei o trabalho de campo em dezembro de 2010 e dezembro de 2011 na Fazenda São Nicolau (9°48'S e 58°15'W, elev. 254m), localizada no município de Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. A fazenda possui 10.000 ha, sendo 7.000 ha de floresta amazônica, 500 ha de matas ciliares e capoeiras, 1.700 ha de reflorestamentos de diversas espécies plantadas entre os anos de 1999 e 2003, e pastos ainda em uso com rebanho bovino (Rodrigues et al. 2011). Todas as áreas de reflorestamento eram pastagens anteriormente que foram abandonadas ou replantadas entre 1999 e 2000. As sementes utilizadas para produção de mudas e posterior plantio nos reflorestamentos foram coletadas nas áreas florestais da região, exceto as sementes da espécie exótica *T. grandis*, que foram obtidas comercialmente. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o tropical úmido (Am) com médias anuais de 24 °C de temperatura, 85% de umidade e 2.300 mm de precipitação (Velooso et al. 1991)

2.2 Ambientes estudados

Mata nativa – A floresta local é definida como Terra-Firme (Veloso et al. 1991). O dossel varia entre 30-40 m de altura com algumas árvores chegando a 50 m. O subdossel é relativamente aberto e diverso, mas com algumas áreas com dominância de *Orbignya phalerata* Mart. (Arecaceae). Ocupa uma área de 7000 ha dentro dos limites da fazenda, cercada por uma área muito maior de floresta contínua.

Pasto – Ambiente com pouca vegetação além das gramíneas plantadas para serem utilizadas como pastagem, as quais tem até 50cm de altura. Alta luminosidade em toda a área e sem presença de serrapilheira. Ambiente original, similar aos locais onde foram efetuados os reflorestamentos.

Capoeira – pastagem em restauração natural há aproximadamente 13 anos sem a presença de gado ou qualquer interferência antrópica. Este foi o local de coleta com subdossel mais denso, com plantas de mais de três metros, pouca luminosidade e presença de serrapilheira. Esta conformação vegetal foi usada como um controle em relação às intervenções de paisagem propostas (reflorestamentos).

Reflorestamento de figueira – plantio de *Ficus maxima* realizado com mudas obtidas a partir de sementes nativas. Alguns indivíduos morreram deixando clareiras que foram ocupadas por gramíneas e arbustos. Subdossel com plantas de tamanhos variados mas pouco denso, permitindo entrada de luz. Serrapilheira presente em pouca quantidade.

Reflorestamento de teca – plantios de *Tectona grandis*, árvore exótica que perde as folhas anualmente, mas que no período de coleta estava com folhas verdes, as quais devido a seu tamanho e disposição nos galhos permite muito pouca entrada de luz. Subdossel escasso, com plantas geralmente de até um metro. A serrapilheira é abundante, provavelmente devido à queda anual de folhas e baixa decomposição.

2.3 Delineamento amostral

No total coletei em 62 parcelas, sendo 14 parcelas nos plantios de figueira e de teca, 12 parcelas na mata e no pasto com gado e 10 na capoeira (Figura 1). Com exceção da mata, dividi os demais ambientes em duas classes de distância em relação à mata, nas quais a metade das parcelas estava localizada próxima à borda da mata e a outra metade estava distante 250 metros em relação à borda (Figura 2A). As parcelas dos ambientes Pasto, Capoeira, Teca e Figueira consistiam em retângulos de 57,5 por 52 metros, que totalizam 3000 m². Estes pontos amostrais foram dispostos de forma a distarem, no mínimo 200m entre si. As coletas na Mata foram feitas em um módulo do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) inserido na fazenda que consistia em duas trilhas paralelas de 5 km distantes entre si por 1 km. A cada 1 km de trilha há

uma parcela de 250 m, totalizando 12 parcelas (Figura 2B). Para informações adicionais sobre esse sistema parcelas, veja Magnusson et al. (2005).

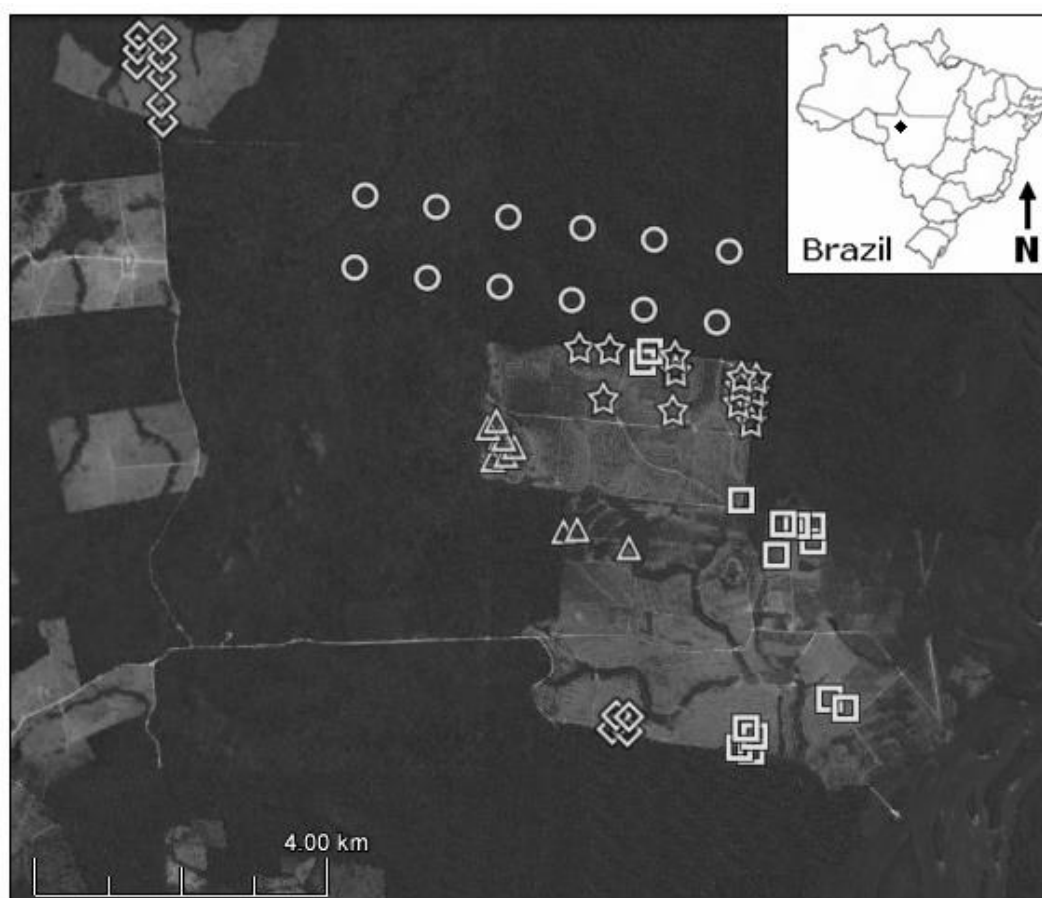


Fig1 Mapa da distribuição das parcelas de mata (○), pasto (◇), figueira (☆), Capoeira (Δ) e teca (□) na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil

2.4 Coleta de dados

Eu procurei, em cada parcela, plantas com NEFs e acessíveis ao coletor (entre 0.3 e 3 m), sem exceder a área da parcela. Em parcelas de mata, busquei um total de 40 indivíduos de plantas. Nas parcelas de pastagens, capoeiras e reflorestamentos, busquei um número equivalente, mas obtive um número menor em alguns casos. Realizei todas as coletas entre 8 h e 15 h. Sempre que eu encontrava uma planta com formigas se alimentando nos NEFs, coletava as formigas com auxílio de um aparato semelhante a um guarda-chuva entomológico, que consiste em uma lona branca de 1,2 m² posicionada abaixo da planta, a qual é sacudida e as formigas que caem na lona são coletadas (Bestelmeyer et al. 2000). As formigas coletadas foram armazenadas em álcool 90 %.

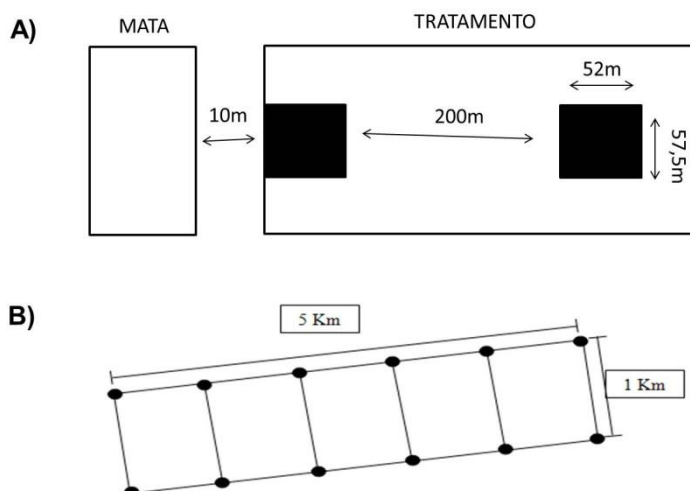


Fig2 Delineamento amostral das parcelas nos reflorestamentos, pasto e capoeira (A) e na mata (B) implementados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil

Após a coleta das formigas também coletei amostras botânicas para posterior identificação. Levei todo o material biológico coletado para o Laboratório de Ecologia de Comunidades do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Montei as formigas em via seca, as separei em morfotipos e identifiquei até o menor nível taxonômico possível com auxílio de chaves de identificação (Bolton 1994), também comparando com os espécimes disponíveis na coleção entomológica da UFMT. Todas as plantas foram identificadas no Herbário Central do Instituto de Biologia da UFMT com auxílio de especialistas.

2.5 Análise de dados

O número de indivíduos de plantas encontrado nas parcelas variou de 21 até 40. Assim, para evitar o efeito dessa variação sobre a riqueza de espécies, os valores do número de espécies de formigas e do número de espécies de plantas foram rarefeitos até as parcelas com menor número de indivíduos encontrados. O procedimento para os dois casos foi diferente. Para plantas a rarefação foi feita utilizando o número de espécies de cada parcela até o número de indivíduos obtido na parcela que apresentou menor abundância (rarefação por indivíduos). Como mais de uma espécie de formiga pode ser encontrada em uma mesma planta, para a comparação da riqueza de formigas entre ambientes, utilizei o número de formigas encontradas em parcelas com menos plantas (rarefação por subamostra). As rarefações foram realizadas no software PAST versão 2.04 (Hammer et al. 2001).

Para avaliar o efeito da distância da mata (perto ou longe) e do tipo de ambiente (pasto, teca, figueira e capoeira) sobre a riqueza e composição de formigas e de plantas com NEFs fiz uma ANOVA de dois

fatores (para riqueza) e um ANOSIM de dois fatores (para composição). Nessas análises, o ambiente e a distância (perto x longe) foram empregados como fatores fixos. Também não utilizei os dados obtidos nas parcelas da mata. Após isso, para avaliar as diferenças de riqueza de formigas e de plantas com NEFs entre os cinco ambientes, realizei uma ANOVA com apenas o ambiente como fator. Posteriormente, para discernir em quais ambientes foi observada diferença, empreguei um teste de Tukey *à posteriori*. Fiz um ANOSIM para determinar se há efeito dos tipos de ambientes estudados sobre a composição das comunidades de plantas com NEFs e formigas separadamente. Dado que foram feitas muitas comparações o valor da probabilidade (p) gerado pelo ANOSIM foi corrigido pelo método de *Bonferroni*. Adicionalmente, para visualizar graficamente a comunidade de formigas e de plantas com NEFs fiz ordenações diretas pelo método de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) utilizando o Índice de Dissimilaridade de Bray-Curtis (quantitativo). Os eixos de NMDS foram utilizados apenas para a confecção de gráficos.

Adicionalmente, com o objetivo de verificar se algum ambiente apresentava mais espécies de formigas típicas de ambientes de mata, fiz uma ANOVA utilizando a frequência de ocorrência de espécies de mata encontradas nos ambientes figueira, teca, pasto e capoeira. Para avaliar possíveis diferenças entre cada ambiente, realizei o teste de Tukey *à posteriori*. Não foi possível fazer uma análise equivalente para as espécies de plantas, dado que poucas espécies típicas de mata foram encontradas em ambientes em regeneração. Todas as análises descritas anteriormente foram conduzidas através do programa PAST versão 2.04 (Hammer et al. 2001).

Para calcular o grau de aninhamento utilizei matrizes qualitativas, e apliquei a métrica denominada NODF (Almeida-Neto et al. 2008), padronizada com a métrica Z-Score (Almeida-Neto et al. 2008; Ulrich et al. 2009) que controla os efeitos de diferenças em riqueza, conectância e heterogeneidade de interações das redes. As matrizes observadas foram aleatorizadas através do Modelo Nulo II onde a probabilidade das interações é proporcional ao nível de generalização das espécies (Bascompte et al. 2003). Os cálculos de aninhamento foram feitos através do programa ANINHADO (Guimarães e Guimarães 2006). Para calcular o nível de especialização de cada uma das redes de interação de cada parcela, utilizei o índice de especialização (H_2') quantitativo proposto por Blüthgen et al. (2006), o qual varia de 0 (extrema generalização) a 1 (extrema especialização). Esse índice é matematicamente derivado da entropia de Shannon, baseia-se no desvio da probabilidade esperada da distribuição das interações. Esse índice também é robusto em relação a diferentes intensidade de amostragem e a diferentes riqueza de espécies (Blüthgen et al. 2006, 2007). Adicionalmente, calculei a diversidade de interações usando o método de Bersier et al. (2002). Esse índice também é derivado a partir do índice de diversidade de espécies de Shannon e varia de 0

(nenhuma diversidade) até infinito. Os índices de especialização e de diversidade de interações foram calculados através do pacote bipartite (Dormann et al. 2009) no programa R versão 2.13.1 (R Core Team).

Para analisar o efeito da distância da mata e do tipo de ambiente (pasto, teca, figueira e capoeira) sobre o aninhamento a especificidade e a diversidade de interações fiz três ANOVAs de dois fatores, uma para cada métrica de descrição da rede de interações. Por fim, para comparar o efeito de todos os tipos de ambiente (pasto, teca, figueira, capoeira e mata) sobre o aninhamento, a especialização e a diversidade de interações, fiz ANOVAs de um critério para cada uma das três métricas seguidas de testes de Tukey *a posteriori*. Para essas análises utilizei o programa PAST versão 2.04 (Hammer et al. 2001).

3) RESULTADOS

3.1 Riqueza e composição de espécies

Neste estudo, coletei 174 espécies de plantas com NEFs, distribuídas em 41 famílias (Anexo 1). A família Bignoniaceae correspondeu a 20% das espécies, seguida por 18% de Mimosaceae, 6% de Caesapinalceae e 6% de Fabaceae. Apenas quatro espécies de plantas registradas na mata também foram encontradas nos demais ambientes, uma espécie da família Caesapinalceae (*Bauhinia* sp5) e três espécies da família Mimosaceae (*Inga* sp1, *Inga* sp2 e *Inga* sp4). Destas quatro, duas espécies do gênero *Inga* foram mais representativas na mata, *Inga* sp1 e *Inga* sp4. *Inga* sp1 ocorreu em 11 parcelas da mata, oito da capoeira, e em uma da figueira e da teca, enquanto *Inga* sp4 ocorreu em sete parcelas da mata, oito da capoeira e duas da teca.

Para formigas, registrei 211 espécies, distribuídas em 8 subfamílias e 29 gêneros (Anexo 2). O gênero *Camponotus* foi o mais representativo, com 16% das espécies, seguido por *Pheidole* (15%), e *Pseudomyrmex* (11%). A espécie de formiga *Pheidole* sp33 se destacou pela frequência de ocorrência, pois foi coletada em 100% das parcelas em reflorestamentos de Teca e Pasto, em 98% das parcelas da Figueira e em 80% das parcelas da capoeira. A mata foi o único ambiente onde a *Pheidole* sp33 não foi coletada. Dos ambientes onde ocorreu, no pasto a *Pheidole* sp33 ocorreu em maior frequência, representando 70% de todos os indivíduos coletados. Em uma das parcelas do pasto apenas a *Pheidole* sp33 foi amostrada e em outra foram coletadas apenas essa espécie e a *Dorymyrmex* sp2. O ambiente onde a *Pheidole* sp33 teve a menor representatividade foi na capoeira, onde 19% das formigas coletadas foram desta espécie, e 20% foram da espécie *Wasmannia aurupunctata*. Na mata, a formiga mais coletada foi a *Crematogaster* sp12 (12%), demonstrando ser uma comunidade com menor frequência de uma única espécie de formiga. Coletei 24 espécies de formigas em comum entre a mata e os demais ambientes, inseridas em 13 gêneros. Destas 24

espécies, seis são frequentes em pelo menos metade das parcelas da mata e da capoeira. Essas seis formigas são: *Wasmannia aurupunctata*, *Pseudomyrmex tenuis*, *Camponotus latangulus*, *Ectatomma tuberculatum*, *Ochetomyrmex neopolitus* e *Pheidole* sp7.

A riqueza rarefeita de formigas e de plantas com NEFs não variou com a distância da mata (Formigas: $F_{4,57}=1.065$, $p=0.3$; Plantas: $F_{4,57}=0.83$, $p>0.05$) e nem tampouco a composição de formigas forrageando em NEFs variou com essa distância ($R=0.007$, $p=0.49$). Por sua vez, a composição de plantas coletadas próximas a mata foi diferente da coletada a 250 metros de distância da mesma ($R=0.15$, $p=0.018$). Porém, apenas quatro espécies de plantas coletadas na mata não apresentaram um padrão observável em relação a distância da mata. De forma geral, observei que o tipo de ambiente influenciou na riqueza de plantas ($F_{4,57}=20.07$, $p<0.0001$). Nestes, a mata apresentou mais espécies que todos os outros ambientes ($F_{4,57}=20.07$, $p=0.02$) e o reflorestamento de figueira apresentou maior número de espécies que a pastagem ($F_{4,57}=20.07$, $p=0.02$). No restante das comparações par a par não observei diferenças no número de espécies de plantas coletadas ($F_{4,57}=20.07$, $p>0.05$) (Figura 3). Além disso, no geral, a composição de plantas comparada através do ANOSIM também é diferente entre os ambientes ($R=0.72$, $p<0.001$), e apenas os ambientes teca e figueira não diferiram significativamente quanto à composição de plantas com NEFs ($R=0.72$, $p>0.05$). Embora diferentes, uma maior proximidade na composição de plantas entre a capoeira e a mata pode ser observada no gráfico de NMDS (Stress=0.2163, Figura 4).

O tipo de ambiente influenciou tanto a riqueza rarefeita ($F_{4,57}=22$, $p<0.0001$) quanto a composição (ANOSIM: $R=0.49$, $p=0.0001$) de formigas. Após rarefeita, a maior riqueza de formigas foi coletada em ambiente de floresta ($F_{4,57}=22$, $p<0.01$) sendo também a menor encontrada no pasto ($F=22$, $p<0.01$). A capoeira e os reflorestamentos de teca e figueira apresentaram riqueza de formigas intermediária, sendo similares entre si ($F_{4,57}=22$, $p>0.05$, Figura 5). Além disso, apenas a mata e a capoeira tiveram a composição de formigas diferente dos outros três ambientes ($R=0.49$, $p<0.05$). De fato, a capoeira é o ambiente que possui mais espécies de formigas também coletadas na floresta ($F_{4,57}=84.42$, $p<0.05$) (Figura 6). Esse maior número de espécies em comum com a mata se reflete também em uma maior similaridade, que pode ser visualizada no gráfico do NMDS (Stress=0.1354, Figura 7).

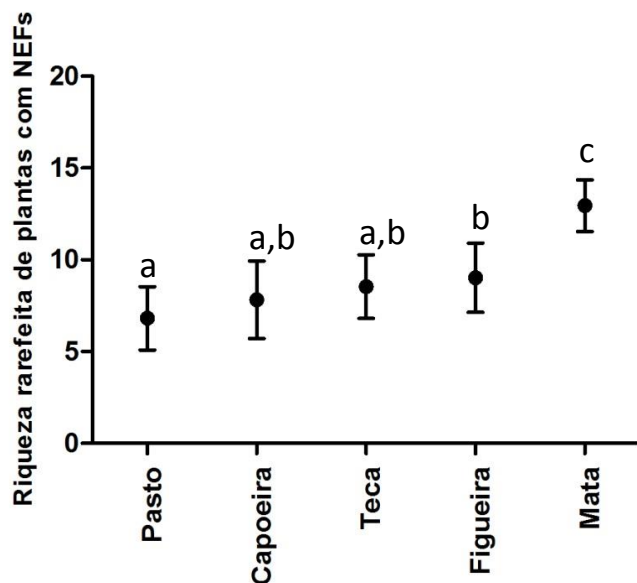


Fig3 Média e desvio padrão da riqueza rarefeita de plantas com nectários extraflorais coletadas nos reflorestamentos de figueira e teca, na capoeira, no pasto e na mata, coletados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa

3.2 Interações entre formigas e plantas com NEFs

A distância da mata não afetou o aninhamento ($F_{3,48}=1.15$, $p=0.28$), a diversidade de interações ($F_{3,48}=0.07$, $p=0.79$) nem a especificidade ($F_{3,48}=0.41$, $p=0.52$). Também, o grau de aninhamento não diferiu entre os ambientes estudados ($F_{4,56}=0.74$, $p=0.56$) (Figura 8A). Por outro lado, a diversidade de interações e a especificidade foram influenciadas pelos ambientes (Diversidade: $F_{4,56}=22.5$, $p<0.0001$; Especialização: $F_{4,56}=3.61$, $p=0.01$). Como esperado, a mata apresentou a maior diversidade de interações ($F_{4,56}=22.5$, $p<0.01$) e o pasto a mais baixa ($F_{4,56}=22.5$, $p<0.01$). Os demais ambientes apresentaram diversidades de interações similares e intermediárias ($F_{4,56}=22.5$, $p>0.05$, Figura 8B). No caso da especificidade de interações a mata possui menor especificidade que as encontradas em pasto e em reflorestamento de figueira ($F_{4,56}=3.61$, $p<0.05$). Nenhuma das demais comparações par a par diferiu significativamente ($F_{4,56}=3.61$, $p>0.05$) (Figura 8C).

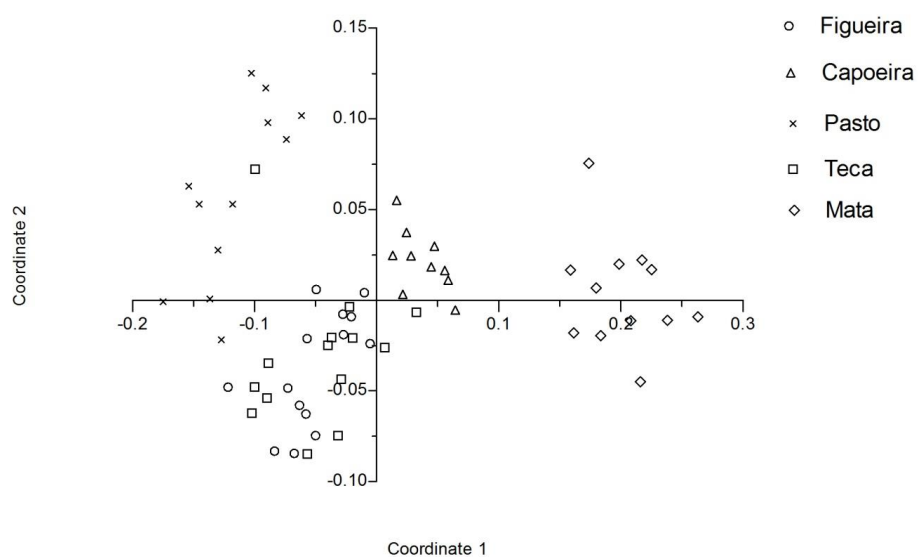


Fig4 Escalonamento Multidimensional Não-Métrico resumindo a composição de espécies de plantas com nectários extraflorais coletadas nos seguintes ambientes: figueira (o), capoeira (Δ), pasto (x), teca (□) e mata (◇), coletadas na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil

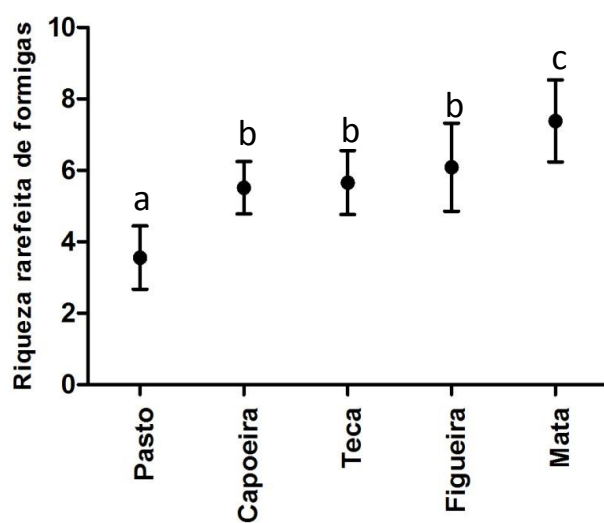


Fig5 Média e desvio padrão da riqueza rarefeita de formigas coletadas em seis ambientes (Plantios de figueira e de teca, pasto com gado, capoeira e mata) na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa

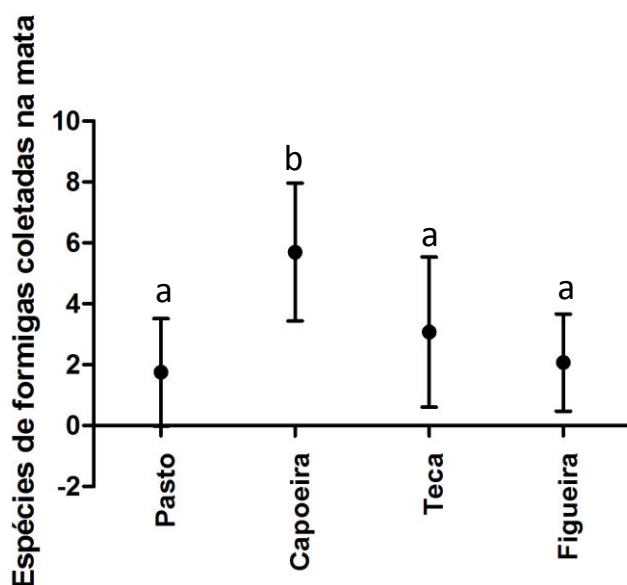


Fig6 Média e desvio padrão do número de formigas coletadas na mata que também foram coletadas nos plantios de figueira, de teca, no pasto e na capoeira. Todos os dados foram coletados na Fazenda São Nicolau, na Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa

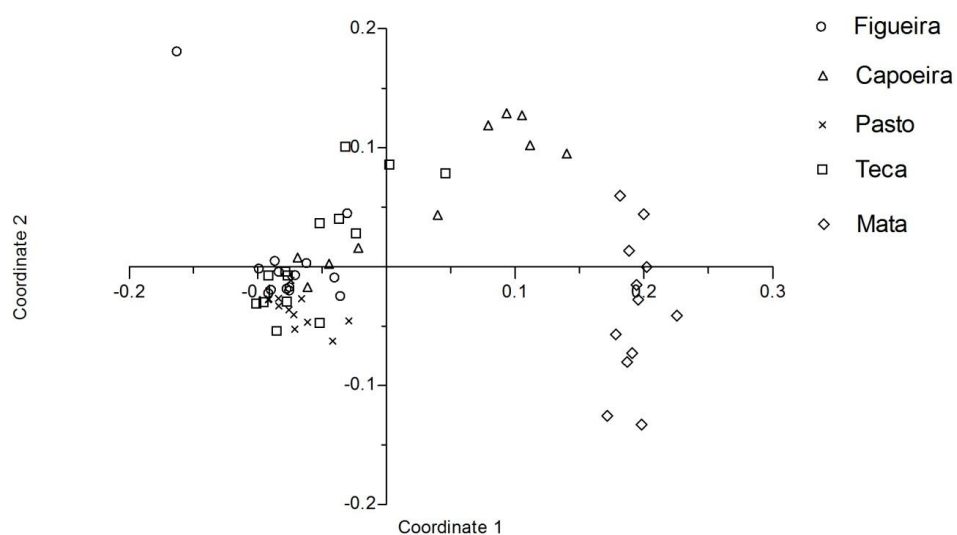


Fig7 Gráfico do Escalonamento Multidimensional Não-Métrico resumindo a composição de espécies de formigas coletadas nos seguintes ambientes: figueira (o), capoeira (Δ), pasto (x), teca (□) e mata (◇), coletadas na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil

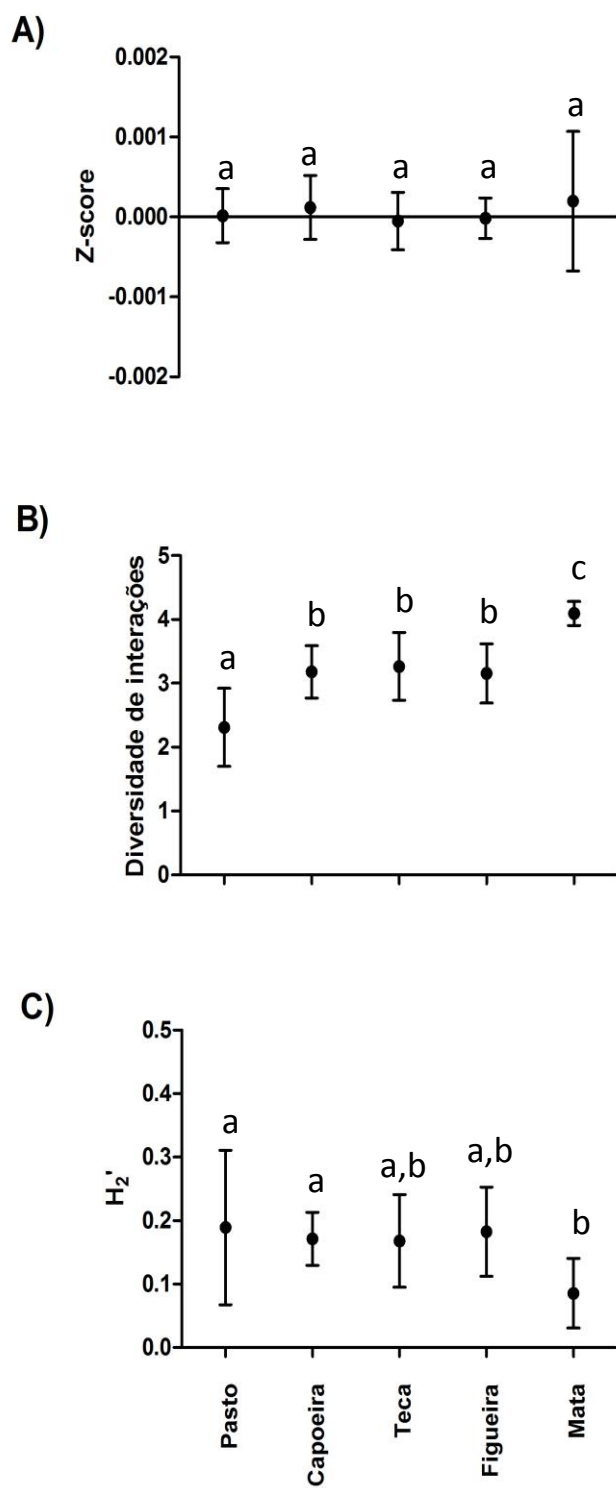


Fig8 Média e desvio padrão dos valores de aninhamento (Z-score; A), Diversidade de interações (B) e Especificidade (H_2' ; C) das redes de interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais, para os cinco ambientes amostrados na Fazenda São Nicolau, Amazônia Meridional, Cotriguaçu, Estado de Mato Grosso, Brasil. Letras diferentes indicam diferença significativa

4) DISCUSSÃO

4.1 Riqueza e composição de espécies

Dois principais fatores podem interferir na riqueza e composição de plantas de um determinado local: 1) quais espécies são dispersadas até o local e, após isso; 2) quais os filtros ambientais para a germinação das sementes e estabelecimento das plantas (Wunderle 1997; Holl 1999). Plantas que se utilizam de NEFs parecem ter certa vantagem em ambientes com mais luminosidade (Radhika et al 2010). Adicionalmente, locais com maior luminosidade, como clareiras, possuem mais dispersores de sementes a longa distância (Ozinga et al. 2004). Dessa forma, é possível que as espécies de plantas nos ambientes em restauração que amostrai nesse trabalho sejam provenientes de clareiras ou da borda da mata. Isso explicaria a diferença observada na riqueza de plantas com NEFs, uma vez que o ambiente com maior riqueza entre os tratamentos, a figueira, tem maior luminosidade que a teca e a capoeira. Isto também explicaria a baixa similaridade florística desses ambientes com a mata, uma vez que, embora eu não tenha evitado as clareiras, os locais de amostragem na mata foram em geral floresta tipicamente sombreada. Nesse caso, não posso inferir que não há uma limitação na dispersão, mesmo não havendo diferença entre parcelas em reflorestamentos próximos ou distantes da mata. Porém, é fato conhecido que fatores abióticos como umidade e sombreamento podem influenciar a germinação e estabelecimento de plantas nos ambientes em restauração (Holl 1999), agindo como filtro ambiental. Em meu estudo, a capoeira é o ambiente mais similar a mata, dada a maior cobertura vegetal, também permitindo mais umidade e sombra. Logo, esses fatores explicariam o fato de, independentemente da distância da mata, serem encontradas espécies da mata em maior abundância em capoeiras que em reflorestamentos, demonstrando ser o ambiente mais favorável ao estabelecimento de plantas típicas de mata. O número de espécies de formigas que coletei nesse trabalho superou outros estudos realizados em áreas de restauração e em matas nativas (Costa et al. 2002; Andersen et al. 2006; Wilkie et al. 2009; Dos-Santos e Perfecto 2011). Isso foi surpreendente pelo método utilizado. É esperada maior riqueza na fauna de solo que em fauna arbórea (ou semi-arbórea) (Campos et al 2008). Porém, é esperado que o número de espécies de formigas aumente e que haja substituição de espécies ao longo de um gradiente de heterogeneidade ambiental (Dauber e Simmering 2006; Dahms et al. 2010; Azcarate e Peco 2011), causada, por exemplo, por um maior número de árvores e arbustos que proporcionam locais para forrageamento e nidificação (Armbrecht et al. 2004). Dessa forma, a variedade de ambientes onde coletei os dados neste trabalho deve ter contribuído para riqueza elevada, uma vez que em maior escala, toda a área de coletada representa um ambiente heterogêneo. Adicionalmente, a heterogeneidade ambiental pode

explicar porque o pasto foi o ambiente com menor riqueza de espécies formigas, uma vez que é o ambiente mais homogêneo deste estudo, com a vegetação predominantemente composta por gramíneas utilizadas para pastagem bovina.

Outro fator que pode ter contribuído para o elevado número de espécies de formiga neste trabalho é a variedade de estágios sucessionais. Como a composição de espécies pode variar ao longo da sucessão (Mitja et al. 2008; Alanen et al. 2011; Leal et al. 2012), coletar em diferentes fases e tipos sucessionais pode elevar a riqueza local de espécies. Alguns estudos realizados com formigas encontraram maior número de espécies em locais perturbados do que nos preservados (Andersen et al. 2006; Ribas et al. 2011), entretanto esses trabalhos coletaram apenas a fauna de formigas de solo. Mesmo estudando fauna de solo, um trabalho também realizado na Amazônia Meridional encontrou os maiores números de espécies de formigas na mata e os menores em plantações de teca e em pastos (Dos-Santos e Perfecto 2011). Isto sugere que esses dois ambientes suportam uma quantidade inferior de espécies de formiga para fauna de solo (Dos-Santos e Perfecto 2011), e talvez também da fauna associada à plantas com NEF, como observado no meu trabalho. Além de ser um ambiente não perturbado, a mata também pode ser considerada o ambiente no estágio mais avançado de sucessão onde coletei, o que confirmaria uma tendência a um aumento na riqueza de formigas com o avanço da sucessão em áreas restauradas (Costa et al. 2002; Luque et al. 2007).

A tolerância das espécies de formigas ao microclima (luz, temperatura e umidade, por exemplo) de um local influencia a composição de formigas nos ambientes. Dessa forma a espécie *Pheidole* sp33 pode ter dominado todos os ambientes, exceto a capoeira e a mata, devido a ser a mais adaptada ao seus microclimas. Aparentemente pode ser observado em nossos dados uma substituição de formigas ao longo da sucessão vegetacional em escala mais sutil do que a observada em trabalhos que tem cronosequências mais amplas (e.g. Puntilla et al. 1991). Considerando que a capoeira tem um maior número de espécies de formigas de mata que os demais tratamentos e a sua composição também é diferente, ocorrendo a diminuição da dominância da *Pheidole* sp33 e o aumento da frequência da *Wasmannia auropunctata*, esses dados podem sugerir que esteja acontecendo uma substituição de espécies na capoeira, com a *Pheidole* sp33 sendo substituída por outras espécies. Isso, em conjunto também com a já mencionada composição de plantas, indica que a capoeira pode estar um passo a frente na restauração da comunidade típica de mata.

4.2 Interações entre formigas e plantas com NEFs

Diversos estudos têm demonstrado que o padrão aninhado é uma propriedade intrínseca das redes de interação envolvendo formigas e plantas com NEFs (Díaz–Castelazo et al. 2010; Sugiura, 2010; Rico–Gray

et al. 2012). O aninhamento pode ser observado em sistemas de interações diferentes, como para formigas-plantas com NEF (Guimarães et al. 2006), polinizadores e dispersão de sementes (Bascompte et al. 2003). Entretanto, já se sabe que fatores bióticos e abióticos estruturam de forma diferente redes ecológicas, influenciando no grau de aninhamento (Medan et al. 2007; Morales e Vázquez 2008; Stang et al. 2009; Vázquez et al. 2009). Nesse estudo, como padronizei as diferenças na riqueza e heterogeneidade das interações nas redes, demonstro que o grau de aninhamento não varia entre reflorestamentos e ambientes de mata nativa em uma região da Amazônia Meridional brasileira. Conjuntamente, observei uma grande substituição de espécies na composição de espécies de formigas e de plantas entre esses ambientes. As características da vegetação são uns dos principais fatores que afetam a estrutura da comunidade de formigas em um ambiente (Andersen 1990; Retana e Cerdá 2000; Wang et al. 2001; Lassau e Hochuli 2004). Portanto, meus resultados indicam que a composição de espécies pode não ser um fator determinante do grau de aninhamento em redes ecológicas. Recentemente, Rico-Gray et al. (2012) demonstraram que os fatores abióticos que influenciam diretamente a disponibilidade de recursos nas plantas com NEFs são os principais mecanismos determinantes da estrutura aninhada de redes mutualísticas envolvendo formiga e plantas. É surpreendente que mesmo com a variação na vegetação encontrada entre os ambientes estudados, e variações nos fatores microclimáticos associados a vegetação, não tenham sido observadas variações no grau de aninhamento entre florestas, pastos e diferentes reflorestamentos na área de estudo. Talvez esses fatores abióticos tenham mais influência sobre a variação no aninhamento. Dessa forma, o grau de aninhamento pode não ser a melhor métrica para avaliar os processos de restauração em redes ecológicas entre formigas e plantas com NEFs devido à ser uma propriedade aparentemente inerente destas interações.

Os três tratamentos estudados (capoeira, figueira e teca) apresentam maior diversidade de interações que ambientes de pasto e menor que a encontrada na mata. Como eles não diferem entre si, aparentemente num período de 13 anos houve um resgate semelhante no padrão das interações, mantendo-os em um estágio intermediário entre pasto e mata. Isso demonstra que, mesmo nos ambientes em que não houve incremento na riqueza e ou composição de espécies em relação ao pasto, esses ambientes são funcionalmente diferentes do pasto. Isso indica que a diversidade de interações é uma forma mais eficiente de detectar padrões de regeneração de um ambiente do que apenas a riqueza e composição de espécies. A diversidade de interações tende a aumentar com a regeneração do ambiente (Albrecht et al 2007), como observado no meu estudo, uma vez que todos os ambientes em regeneração tiveram maior diversidade de interações que o pasto.

Os valores de especialização registrados neste trabalho foram inferiores aos de outras redes mutualísticas, como por exemplo, entre plantas e frugívoros (e.g. Schleuning et al. 2011). Meus dados

corroboram o trabalho feito por Blüthgen (2012), onde ele observou que as redes de interação formiga-planta com NEF são mais generalistas que redes de polinização, dispersão e de plantas mirmecófitas-formigas. Esse resultado é certamente devido à característica facultativa das interações formiga-planta com NEF (Blüthgen et al. 2007). Mesmo com essa característica do sistema formiga-planta estudado, houve diferença entre a especialização entre pastos e mata. De fato, ambientes estáveis tendem a ter menos interações especializadas, já que espécies generalistas aumentam a redundância funcional (Kokkoris et al. 1999; Neutel et al. 2002; Bascompte et al. 2005, 2006). A mata foi o ambiente com interações menos especializadas, juntamente com a teca e capoeira. Justamente, alguns valores mais altos de especialização encontrados no pasto podem ser atribuídos ao baixo número de espécies nesse local e a dominância da comunidade pela formiga *Pheidole* sp33, a qual chegou a representar 70% de todas as formigas coletadas. Mesmo com maior riqueza de espécies de plantas e de formigas que o pasto, a especialização das interações entre plantas e formigas em reflorestamentos de figueira não diferiu do pasto. Isso pode ser devido a alta dominância encontrada nos plantios de figueira. Em figueiras *Pheidole* sp33 ocorreu em quase 50% das plantas encontradas, enquanto a espécie mais frequente em reflorestamentos de teca e na capoeira não ocorreu nem 40% das plantas encontradas. De fato, as capoeiras e os plantios de teca alcançaram especialização semelhante à da mata. Isso sugere que estes ambientes, dentre os estudados, são os que possuem uma comunidade interativa formiga-planta com NEF mais estável, apresentando uma maior redundância funcional gerada pela maior frequência de espécies de formigas e plantas generalistas.

5) CONCLUSÃO

Nenhuma das estratégias empregadas para recuperação de diversidade (reflorestamentos de Figueira e de Teca) resgatou a riqueza e/ou a composição encontradas na mata. Entretanto, a ausência de intervenção humana (capoeira) foi mais eficiente do que essas estratégias na restauração do ambiente em relação à riqueza e composição de formigas e à composição de plantas, e também quanto às características das interações entre eles. Esses ambientes onde o pasto foi abandonado e a sucessão ocorreu naturalmente diferiram do pasto original em quase todos os parâmetros analisados neste trabalho e se aproximaram mais da mata especialmente quanto à composição de espécies de formigas e plantas com NEFs. Sendo assim, podemos concluir que ao almejar a recuperação da diversidade de espécies, como também a estrutura da comunidade de formigas e plantas com NEF, não parece ser interessante adotar estratégias de plantio para acelerar a sucessão. Ao menos num intervalo de 12 anos e em florestas oriundas de pastagem em uma paisagem na Amazonia Meridional, o abandono da área para que o

processo ocorra naturalmente, é a opção mais barata e também eficiente para recuperar a diversidade e funcionamento de sistemas mutualísticos formiga-planta com NEF.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizen MA, Sabatino M, Tylianakis JM (2012) Specialization and rarity predict nonrandom loss of interactions from mutualist networks. *Science* 335:1486-1489. doi: 10.1126/science.1215320
- Alanen EL, Hyvönen T, Lindgren S, Härmä O, Kuussaari M (2011) Differential responses of bumblebees and diurnal Lepidoptera to vegetation succession in long-term set-aside. *Journal of Applied Ecology* 48:1251–1259. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02012.x
- Albrecht M, Duelli P, Schmid B, Müller CB (2007) Interaction diversity within quantified insect food webs in restored and adjacent intensively managed meadows. *Journal of Animal Ecology* 76:1015-1025. doi:10.1111/j.1365-2656.2007.01264.x
- Alencar A, Nepstad D, McGrath D, Moutinho P, Pacheco P, Diaz MCV, Soares-Filho B (2004) Desmatamento na Amazônia: indo além da "emergência crônica". Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Belém.
- Almeida-Neto M, Guimarães-Jr PR, Guimarães P, Loyola RD, Ulrich W (2008) A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 117:1227-1239. doi: 10.1111/j.2008.0030-1299.16644.x
- Andersen AN, Hertog T, Woinarski JCZ (2006) Long-term fire exclusion and ant community structure in an Australian tropical savanna: congruence with vegetation succession. *Journal of Biogeography* 33:823-832. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01463.x
- Assumpção JVL (2008) Desenvolvimento inicial de *Ficus maxima* Mill. em reflorestamento puro e misto em Cotriguaçu/MT. Dissertação, Universidade Federal de Mato Grosso.
- Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM (2003) The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 9383-87. doi:10.1073/pnas.1633576100
- Bascompte J, Melián CJ (2005) Interaction strength combinations and the overfishing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(15):5443-5447. doi:10.1073/pnas.0501562102
- Bascompte J, Jordano P, Olesen JM (2006) Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312(5772):431-433. doi:10.1126/science.1123412

- Bastolla U, Fortuna MA, Pascual-García A, Ferrera A, Luque B, Bascompte J (2009) The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature* 458:1018–1021. doi:10.1038/nature07950
- Bellingham PJ, Wiser SK, Wright AE, Cameron EK, Forester LJ (2010) Disperser communities and legacies of goat grazing determine forest succession on the remote Three Kings Islands, New Zealand. *Biological Conservation* 143(4):926–938. doi:10.1016/j.biocon.2010.01.001
- Benayas JMR, Bullock JM (2012) Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems* 15: 883–899. doi: 10.1007/s10021-012-9552-0
- Bestelmeyer BT, Agosti D, Alonso LE, Brandão CRF, Brown WL, Delabie JHC, Silvestre R (2000) Field techniques for the study of ground-dwelling ants: An overview, description and evaluation. In: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds) *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*, 1st edn. Smithsonian Institution Press, Washington, pp 122–144.
- Blüthgen N, Menzel F, Blüthgen N (2006) Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6:9. doi:10.1186/1472-6785-6-9
- Blüthgen N, Menzel F, Hovestadt T, Fiala B (2007) Specialization, constraints, and conflicting interests in mutualistic networks. *Current biology* 17(4):341–6. doi:10.1016/j.cub.2006.12.039
- Blüthgen N (2010) Why network analysis is often disconnected from community ecology: A critique and an ecologist's guide. *Basic and Applied Ecology* 11:185–195. doi:10.1016/j.baae.2010.01.001
- Blüthgen N (2012) Interação planta-animal e a importância funcional da biodiversidade. In: Del-Claro K, Torezan-Silingard M (eds) *Ecologia das interações plantas-animais*, 1st edn. Technical Books, Rio de Janeiro, pp 261–272.
- Bolton B (1994) *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University Press, Massachusetts.
- Boyle SA (2008) *The effects of forest fragmentation on primates in the Brazilian Amazon*. Dissertação, Universidade do Estado do Arizona.
- Brasil. Decreto n. 5975, de 30 de novembro de 2006. "Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4o, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2o da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências." *Diário Oficial da União, Brasília*, 1 de dezembro, 2006. Seção 1, pp.1.
- Campos RI, Lopes CT, Magalhães WCS, Vasconcelos HL (2008) Estratificação vegetal em Cerrado strictu sensu no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia* 98(3):311–316.

- Castillo-Núñez M, Sánchez-Azofeifa GA, Croitoru A, Rivard B, Calvo-Alvarado J, Dubayah RO (2011) Delineation of secondary succession mechanisms for tropical dry forests using LiDAR. *Remote Sensing of Environment* 115(9):2217-2231. doi:10.1016/j.rse.2011.04.020
- Coley PD, Bryant JP, Chapin FS (1985) Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 230:895–99.
- Costa CB, Ribeiro SP, Castro PTA (2002) Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha river basin, Brazil. *Restoration Ecology* 18(S1):148-157. doi: 10.1111/j.1526-100X.2009.00643.x
- Cramer JM, Mesquita RCG, Williamson GB (2007) Forest fragmentation differentially affects seed dispersal of large and small-seeded tropical trees. *Biological Conservation* 137:415-423. doi:10.1016/j.biocon.2007.02.019
- Dahms H, Lenoir L, Lindborg R, Wolters V, Dauber J (2010) Restoration of seminatural grasslands: what is the impact on ants? *Restoration Ecology* 18(3):330-337. doi: 10.1111/j.1526-100X.2008.00458.x
- Dauber J, Simmering D (2006) Ant assemblages in successional stages of Scotch Broom stands (Hymenoptera: Formicidae; Spermatophyta). *Myrmecologische Nachrichten* 9:55-64.
- Del-Claro K, Torezan-Silingardi HM (2009) Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in Neotropical savannas. *Neotropical entomology* 38(2):159-164. Doi: 10.1590/S1519-566X2009000200001
- Devoto M, Bailey S, Craze P, Memmot J (2012) Understanding and planning ecological restoration of plant–pollinator networks. *Ecology Letters* 15:319-328. doi: 10.1111/j.1461-0248.2012.01740.x
- Díaz–Castelazo C, Guimarães PR, Jordano P, Thompson JN, Marquis RJ, Rico–Gray V (2010) Changes of a mutualistic network over time: reanalysis over a 10–year period. *Ecology* 91:793–801.
- Didham RK, Ghazoul J, Stork NE, Davis AJ (1996) Insects in fragmented forests: a functional approach. *TREE* 11:255-260. doi:10.1016/0169-5347(96)20047-3
- Dormann CF, Fründ J, Blüthgen N, Gruber B (2009) Indices, graphs and null models: analysing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal* 2:7–24.
- Dos-Santos IA, Perfecto I (2011) Impacts of agroecosystems on ant biodiversity in the Amazon in Brazil. *Forestry Research Newsletter* 18(3):20-23.
- Dyer LA, Walla TR, Greeney HF, Stireman JO, Hazen RF (2010) Diversity of Interactions: A Metric for Studies of Biodiversity. *Biotropica* 42(3):281-289. doi: 10.1111/j.1744-7429.2009.00624.x

- Engel VL, Parrotta JA (2001) An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management* 152:169-181. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00600-9
- Evans J (1999) Planted forests of the wet and dry tropics : their variety , nature , and significance. *New Forests* 17:25-36. doi:10.1023/A:1006572826263
- Evans J, Turnbull J (2004) *Plantation forestry in the tropics*. New York, Oxford University Press.
- Fiala B, Linsenmair KE (1995) Distribution and abundance of plants with extrafloral nectaries in the woody flora of a lowland primary forest in Malaysia. *Biodiversity and Conservation* 5:165-182. doi:10.1007/BF00137783
- Guimarães-Jr PR, Rico-Gray V, dos Reis SF, Thompson JN (2006) Asymmetries in specialization in ant-plant mutualistic networks. – *Proceedings of the Royal Society B* 273:2041–2047. doi:10.1098/rspb.2006.3548
- Healey SP, Gara RI (2003) The effect of a teak (*Tectona grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 176:497-507.
- Holl KD (1999) Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination, Microclimate, and Soil. *Biotropica* 31(2):229-242.
- Horgan FG (2005) Effects of deforestation on diversity, biomass and function of dung beetles on the eastern slopes of the Peruvian Andes. *Forest Ecology and Management* 216:117–133.
- Janzen DH (1974) *The deflowering of Central America*. Natural History.
- Kitching RL (1997) Determinants of species richness in assemblages of canopy arthropods in rainforests. In: Stork NE, Adis J, Didham RK (eds) *Canopy Arthropods*. Chapman and Hall, London, pp. 131-150.
- Kokkoris GD, Troumbis AY, Lawton JH (1999) Patterns of species interaction strength in assembled theoretical competition communities. *Ecology Letters* 2:70-74. doi:10.1046/j.1461-0248.1999.22058.x
- Lassau SA, Hochuli DF (2004) Effects of habitat complexity on ant assemblages. *Ecography* 27:157–164.
- Leal IR, Filgueiras BKC, Gomes JP, Iannuzzi L, Andersen AN (2012) Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. *Biodiversity Conservation* 21:1687-1701. doi:10.1007/s10531-012-0271-9
- Lees AC, Peres CA (2006) Rapid avifaunal collapse along the Amazonian deforestation frontier. *Biological Conservation* 133:198-211. doi:10.1016/j.biocon.2006.06.005

- Longino JJ, Coddington JA, Colwell RK (2002) The Ant Fauna of a Tropical Rainforest: Estimating Species Richness Three Different Ways. *Ecology* 83(3):689-702. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[0689:TAFOAT]2.0.CO;2
- Luque GM, Reyes-López J, Fernández-Haeger J (2007) Recovery of Ground Ant (Hymenoptera: Formicidae) Communities Six Years After a Major Environmental Disaster. *Environmental Entomology* 36(2):337-347. doi:10.1603/0046-225X(2007)36[337:ROGAHF]2.0.CO;2
- Massad TJ, Chambers JQ, Rolim SG, Jesus RM, Dyer LA (2011) Restoration of Pasture to Forest in Brazil's Mata Atlântica: The Roles of Herbivory, Seedling Defenses, and Plot Design in Reforestation. *Restoration Ecology* 19(201):257-267. doi:10.1111/j.1526-100X.2010.00683.x
- Medan D, Perazzo RPJ, Devoto M, Burgos E, Zimmermann MG, Ceva H, Delbue AM (2007) Analysis and assembling of network structure in mutualistic systems. *Journal of Theoretical Biology* 246(3):510-521. doi:10.1016/j.jtbi.2006.12.033
- Memmot J, Gibson R, Carnevalheiro, LG, Henson K, Heleno RH, Mikel ML, Pearce S (2007) The conservation of ecological interactions. In: Stewart AJA, New TR, Lewis OT (eds) *Insect Conservation Biology*, 1st edn. The Royal Entomological Society, pp 226-244.
- Mesquita RCG, Ickes K, Ganade G, Williamson GB (2001) Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 89(4):528-537. doi:10.1046/j.1365-2745.2001.00583.x
- Mikheyev AS, Mueller UG (2007) Genetic relationships between native and introduced populations of the little fire ant *Wasmannia auropunctata*. *Diversity and distributions* 13:573-579. doi:10.1111/j.1472-4642.2007.00370.x
- Milder JC, Clark S (2011) Conservation Development Practices, Extent, and Land-Use Effects in the United States. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology* 25(4):697:707. doi:10.1111/j.1523-1739.2011.01688.x
- Mitja D, Miranda IS, Velasquez E, Lavelle P (2008) Plant species richness and floristic composition change along a rice-pasture sequence in subsistence farms of Brazilian Amazon, Abstract influence on the fallows biodiversity (Benfica, State of Pará). *Ecosystems and Environment* 124:72-84. doi:10.1016/j.agee.2007.07.007
- Morales JM, Vázquez DP (2008). The effect of space in plant-animal mutualistic networks: insights from a simulation study. *Oikos* 117:1362-1370. doi:10.1111/j.0030-1299.2008.16737.x
- Morellato LPC, Oliveira PS (1991) Distribution of extrafloral nectaries in different vegetation types of Amazonian Brazil. *Flora* 185(1):33-38.

- Mullah CJA, Totland O, Klanderud K (2011) Recovery of Plant Species Richness and Composition in an Abandoned Forest Settlement Area in Kenya. *Restoration Ecology* 20(4):462–474. doi:10.1111/j.1526-100X.2011.00810.x
- Murren CJ (2002) Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. *Journal of Ecology* 90:100-107. doi:10.1046/j.0022-0477.2001.00638.x
- Neutel A-M, Heesterbeek JAP, Ruiter PC (2002) Stability in Real Food Webs : Weak Links in Long Loops. *Science* 296:1120-1123. doi:10.1126/science.1068326
- Sansevero JBB, Prieto PV, de Moraes LFD, Rodrigues JPR (2011) Natural Regeneration in Plantations of Native Trees in Lowland Brazilian Atlantic Forest: Community Structure, Diversity, and Dispersal Syndromes. *Restoration Ecology* 19(3):379-389. doi:10.1111/j.1526-100X.2009.00556.x
- Ohgushi T, Craig TP, Price PW (2007) *Ecological communities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Oliveira PS, Leitão-Filho HF (1987) Extrafloral nectaries: their taxonomic distribution and abundance in the woody flora of cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica* 19:140-8.
- Oliveira PS, Rico-Gray V, Díaz-Castelazo C, Castilho-Guevara C (1999) Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal and dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactacea). *Functional Ecology* 13:623-631.
- Ozinga WA, Bekker RM, Schaminée JHJ, Groenendaal JMV (2004) Dispersal potential in plant communities depends on environmental conditions. *Journal of Ecology* 92:767-777. doi:10.1111/j.0022-0477.2004.00916.x
- Puntilla P, Haila Y, Pujunen T, Tukia H (1991) Colonisation of clearcut forests by ants in the Southern finnish Taiga: a quantitative survey. *Oikos* 61(2):250-262.
- R Development Core Team. (2010) *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Radhika V, Kost C, Mithöfer A, Boland W (2010) Regulation of extrafloral nectar secretion by jasmonates in lima bean is light dependent. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(40):17228-17233. doi:10.1073/pnas.1009007107
- Reid JL, Harris JBC, Zahawi RA (2012) Avian Habitat Preference in Tropical Forest Restoration in Southern Costa Rica. *Biotropica* 44(3):350-359. doi:10.1111/j.1744-7429.2011.00814.x
- Retana J, Cerdá X (2000) Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. *Oecologia* 123(3):436–444. doi:10.1007/s004420051031

- Ribas CR, Schmidt FA, Solar RRC, Campos RBF, Valentim CL, Schoereder JH (2011) Ants as Indicators of the Success of Rehabilitation Efforts in Deposits of Gold Mining Tailings. *Restoration Ecology*. doi:10.1111/j.1526-100X.2011.00831.x
- Rico-Gray V, Oliveira PS (2007) The ecology and evolution of ant-plant interactions. The University of Chicago, Chicago.
- Rico-Gray V, Díaz-Castelazo C, Ramírez-Hernández A, Guimarães Jr PR, Holland JN (2012) Abiotic factors shape temporal variation in the structure of an ant-plant network. *Arthropod-Plant Interactions* 6:289-295. doi:10.1007/s11829-011-9170-3
- Rodrigues DJ, Izzo TJ, Battistola LD (2011). Descobrindo a Amazônia Meridional: Biodiversidade da Fazenda São Nicolau. *Pau e Prosa Comunicação*, Cuiabá.
- Román-Dañobeytia FJ, Levy-Tacher SI, Aronson J, Ribeiro-Rodrigues R, Castellanos-Albores J (2011) Testing the Performance of Fourteen Native Tropical Tree Species in Two Abandoned Pastures of the Lacandon Rainforest Region of Chiapas, Mexico. *Restoration Ecology* 20(3):378–386. doi:10.1111/j.1526-100X.2011.00779.x
- Scheffler PY (2005) Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. *Journal of tropical Ecology* 21(1):9-19. doi:10.1017/S0266467404001683
- Schleuning M, Blüthgen N, Flörchinger M, Braun J, Schaefer HM, Böhning-Gaese K (2011) Specialization and interaction strength in a tropical plant-frugivore network differ among forest strata. *Ecology* 92(1):26-36. doi: 10.1890/09-1842.1
- Schupp GW, Feener Jr DH (1991) Phylogeny, lifeform, and habitat dependence of ant-defended plants in a Panamanian forest. In: Huxley CR, Cutler DF (eds) *Ant-plant interactions*, Oxford University Press, Oxford, pp 175-197.
- Stang M, Klinkhamer PGL, Waser NM, Stang I, Van-der-Meijden E (2009) Sizespecific interaction patterns and size matching in a plant-pollinator interaction web. *Annals of Botany* 103:1459-1469. doi:10.1093/aob/mcp027
- Sugiura S (2010) Species interactions–area relationships: Biological invasions and network structure in relation to island area. *Proceedings of the Royal Society B* 277:1807–1815. doi:10.1098/rspb.2009.2086
- Tewari DN (1992) Monograph on teak (*Tectona grandis*). International book distributors, Dehradun.

- Touchton JM, Smith JNM (2011) Species loss, delayed numerical responses, and functional compensation in an ant-bird guild. *Ecology* 92(5):1126-1136. doi: 10.1890/10-1458.1
- Tylianakis JM, Tscharntke T, Lewis OT (2007) Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature* 445:202-205. doi:10.1038/nature05429
- Ulrich W, Almeida-Neto M, Gotelli NJ (2009) A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* 118:3–17. doi: 10.1111/j.1600-0706.2008.17053.x
- Vázquez DP, Blüthgen N, Cagnolo L, Chacoff NP (2009) Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review. *Annals of Botany* 103: 1445-1457. doi: 10.1093/aob/mcp057
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Wagner S (2004) Directionality in fruit dispersal models for anemochorous forest trees. *Ecological Modelling* 179(4):487-498. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2004.02.020
- Wang C, Strazanac JS (2001) Association between ants (Hymenoptera: Formicidae) and habitat characteristics in oak-dominated mixed forests. *Environmental Entomology* 30:842–848. doi:10.1603/0046-225X(2001)030[0842:ABAHFA]2.0.CO;2
- Wetterer JK, Porter SD (2003) The little fire ant, *Wasmannia auropunctata*: distribution, impact and control. *Sociobiology* 41(3):1-41.
- Wilkie KTR, Mertl AL, Traniello JFA (2009) Diversity of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in primary and secondary forests in Amazonian Ecuador. *Myrmecological News* 12:139-147.
- Wilson EO (1972) *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge.
- Wunderle JM (1997) The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99:223-235.

ANEXO 1

Lista das 174 espécies de plantas com nectários extra florais coletadas em 14 parcelas em reflorestamentos de Figueira (*Ficus maxima*), 10 parcelas em capoeiras (regeneração natural), 12 parcelas em pastos, 14 parcelas em reflorestamentos de teca (*Tectona grandis*) e 12 parcelas na Amazônia Meridional, localizadas no município de Cotriguaçu, Mato Grosso, Brasil.

	Ocorrência nos ambientes				
	Figueira	Capoeira	Pasto	Teca	Mata
FAMÍLIA ANARCADIACEAE					
Anacardiaceae sp1			X	X	
FAMÍLIA ANONACEAE					
Anonaceae sp1	X	X		X	
Anonaceae sp2	X		X		
<i>Xylopia</i> sp1					X
FAMÍLIA APOCINACEAE					
Apocinaceae sp1		X			
Apocinaceae sp2	X			X	
FAMÍLIA ASTERACEAE					
Asteraceae sp1				X	
Asteraceae sp2	X	X	X	X	
Asteraceae sp3			X	X	
FAMÍLIA BIGNONIACEAE					
<i>Adenocalyma</i> sp1	X	X	X		
Bignoniaceae sp1				X	
Bignoniaceae sp2			X		
Bignoniaceae sp3	X			X	
Bignoniaceae sp4	X		X	X	
Bignoniaceae sp5	X	X	X	X	
Bignoniaceae sp6	X			X	
Bignoniaceae sp7	X	X	X	X	
Bignoniaceae sp8	X	X			
Bignoniaceae sp9				X	
Bignoniaceae sp10		X			
Bignoniaceae sp11	X				
Bignoniaceae sp12	X	X	X	X	
Bignoniaceae sp13	X	X		X	
Bignoniaceae sp14			X	X	
Bignoniaceae sp15				X	
Bignoniaceae sp16			X		
Bignoniaceae sp17			X	X	

Bignoniaceae sp18				X	
Bignoniaceae sp19	X	X			
Bignoniaceae sp20					X
Bignoniaceae sp21					X
Bignoniaceae sp22					X
Bignoniaceae sp23					X
Bignoniaceae sp24					X
Bignoniaceae sp25					X
Bignoniaceae sp26					X
Bignoniaceae sp27					X
Bignoniaceae sp28					X
Bignoniaceae sp29					X
Bignoniaceae sp30					X
Bignoniaceae sp31					X
Bignoniaceae sp32					X
<i>Jacaranda</i> sp1					X
<i>Tabebuia</i> sp1		X			
FAMÍLIA BIXACEAE					
<i>Bixa</i> sp1					X
FAMÍLIA BOMBACACEAE					
<i>Eriotheca</i> sp1					X
FAMÍLIA BURSERACEAE					
<i>Protium pilosum</i>					X
<i>Protium</i> sp1					X
<i>Trattinnickia</i> sp1					X
<i>Trattinnickia</i> sp2					X
FAMÍLIA CAESAPINALCEAE					
<i>Bauhinia</i> sp1	X				
<i>Bauhinia</i> sp2	X			X	
<i>Bauhinia</i> sp3				X	
<i>Bauhinia</i> sp4	X				
<i>Bauhinia</i> sp5	X	X	X	X	X
<i>Bauhinia</i> sp6					X
<i>Bauhinia</i> sp7					X
<i>Bauhinia</i> sp8					X
Caesapinalceae sp1	X	X	X	X	
Caesalpiniaceae sp2					X
<i>Tachigali venusta</i>					X
FAMÍLIA COMBRETACEAE					
<i>Combretum</i> sp1					X

FAMÍLIA COSTACEAE

<i>Costus</i> sp2					X
<i>Costus</i> sp3					X

FAMÍLIA CRUSIACEAE

Crusiaceae sp1	X	X	X	X	
----------------	---	---	---	---	--

FAMÍLIA CRYSOBALANACEAE

Crysobalanaceae sp1				X	
---------------------	--	--	--	---	--

FAMÍLIA EUPHORBIACEAE

Euphorbiaceae sp1	X				
Euphorbiaceae sp2					X
<i>Mabea</i> sp1					X
<i>Mabea</i> sp2					X

FAMÍLIA FABACEAE

<i>Erythrina</i> sp2					X
Fabaceae sp1				X	
Fabaceae sp2	X	X		X	
Fabaceae sp3			X		
Fabaceae sp4	X	X	X	X	
Fabaceae sp5		X		X	
Fabaceae sp6	X		X		
<i>Machaerium</i> sp1					X
<i>Machaerium</i> sp2					X
<i>Machaerium</i> sp3					X
<i>Vatairea</i> sp1					X

FAMÍLIA FLACOURTIACEAE

<i>Casearia</i> sp3					X
---------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA LECYTIDACEAE

<i>Couratari</i> sp1					X
----------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA MALVACEAE

Malvaceae sp1	X		X	X	
Malvaceae sp2				X	

FAMÍLIA MELASTOMATACEAE

Miconia sp1					X
-------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA MELIACEAE

<i>Trichilia pallida</i>					X
<i>Trichilia</i> sp2					X

FAMÍLIA MEMECYLACEAE

<i>Mouriri</i> sp1					X
--------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA MIMOSACEAE

<i>Abarema</i> sp1					X
--------------------	--	--	--	--	---

<i>Enterolobium</i> sp1					X
-------------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp1		X		X	X
-----------------	--	---	--	---	---

<i>Inga</i> sp2		X			X
-----------------	--	---	--	--	---

<i>Inga</i> sp3	X	X		X	
-----------------	---	---	--	---	--

<i>Inga</i> sp4		X		X	X
-----------------	--	---	--	---	---

<i>Inga</i> sp5					X
-----------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp6					X
-----------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp7					X
-----------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp8					X
-----------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp9					X
-----------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp10					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp11					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp12					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp13					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp14					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp15					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp17					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Inga</i> sp18					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Mimosa</i> sp1					X
-------------------	--	--	--	--	---

<i>Mimosa</i> sp2					X
-------------------	--	--	--	--	---

Mimosaceae sp1				X	
----------------	--	--	--	---	--

mimosaceae sp2	X			X	
----------------	---	--	--	---	--

Mimosaceae sp3		X		X	
----------------	--	---	--	---	--

Mimosaceae sp4		X	X		
----------------	--	---	---	--	--

Mimosaceae sp5	X			X	X
----------------	---	--	--	---	---

Mimosaceae sp6	X	X	X	X	
----------------	---	---	---	---	--

<i>Parkia</i> sp1					X
-------------------	--	--	--	--	---

<i>Stryphnodendron</i> sp1					X
----------------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA MIRTACEAE

Mirtaceae sp1		X			
---------------	--	---	--	--	--

FAMÍLIA MORACEAE

<i>Ficus</i> sp5					X
------------------	--	--	--	--	---

<i>Pseudolmedia</i> sp1					X
-------------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA MYRSINACEAE

<i>Cybianthus</i> sp1					X
-----------------------	--	--	--	--	---

FAMÍLIA PASSIFLORACEAE

Passifloraceae sp1	X	X			
Passifloraceae sp2			X	X	
Passifloraceae sp3				X	
FAMÍLIA RUBIACEAE					
<i>Palicourea</i> sp1					X
<i>Palicourea</i> sp4					X
<i>Remijia amazonica</i>					X
<i>Remijia</i> sp1					X
<i>Remijia</i> sp2					X
Rubiaceae sp1	X			X	
Rubiaceae sp2	X	X	X	X	
Rubiaceae sp3		X			
<i>Uncaria</i> sp1					X
FAMÍLIA RUTACEAE					
Rutaceae sp1	X				
<i>Zanthoxylum</i> sp1					X
FAMÍLIA SAPINDACEAE					
Sapindaceae sp1	X				
<i>Thalisia</i> sp3					X
FAMÍLIA SAPOTACEAE					
<i>Manilkara</i> sp1					X
<i>Pouteria</i> sp3					X
FAMÍLIA SIMAROUBACEAE					
<i>Simarouba amara</i>					X
FAMÍLIA SIPARUNACEAE					
<i>Siparuna</i> sp3					X
FAMÍLIA ULMACEAE					
<i>Celtis</i> sp1					X
<i>Trema micrantha</i>					X
Ulmaceae sp1	X	X	X	X	
<i>Urera</i> sp1					X
FAMÍLIA URTICACEAE					
Urticaceae sp1	X	X	X	X	
NÃO IDENTIFICADA					
Não-identificada sp1		X			
Não-identificada sp2	X				
Não-identificada sp3	X				

Não-identificada sp4	X			X	
Não-identificada sp5	X			X	
Não-identificada sp6	X	X	X	X	
Não-identificada sp7	X	X		X	
Não-identificada sp8	X	X	X	X	
Não-identificada sp9	X				
Não-identificada sp10	X	X	X	X	
Não-identificada sp11	X				
Não-identificada sp12	X			X	
Não-identificada sp13					X
Não-identificada sp14					X
Não-identificada sp15					X
Não-identificada sp16					X
Não-identificada sp17					X
Não-identificada sp18					X
Não-identificada sp19					X

ANEXO 2

Lista das 211 espécies de formigas coletadas em plantas com nectários extra florais em 14 parcelas em reflorestamentos de Figueira (*Ficus maxima*), 10 parcelas em capoeiras (regeneração natural), 12 parcelas em pastos, 14 parcelas em reflorestamentos de teca (*Tectona grandis*) e 12 parcelas na Amazônia Meridional, localizadas no município de Cotriguaçu, Mato Grosso, Brasil.

FAMÍLIA FORMICIDAE	Ocorrência nos ambientes				
	Figueira	Capoeira	Pasto	Teca	Mata
SUBFAMÍLIA DOLICHODERINAE					
Tribo Dolichoderini					
<i>Azteca</i> sp1					X
<i>Azteca</i> sp2					X
<i>Azteca</i> sp3					X
<i>Azteca</i> sp4					X
<i>Azteca</i> sp5	X			X	
<i>Dolichoderus</i> sp1					X
<i>Dolichoderus</i> sp2					X
<i>Dolichoderus</i> sp3					X
<i>Dolichoderus</i> sp4					X
<i>Dolichoderus</i> sp5	X	X			X
<i>Dolichoderus</i> sp6					X
<i>Dolichoderus</i> sp7	X				X
<i>Dolichoderus</i> sp8					X
<i>Dolichoderus</i> sp9					X
<i>Dolichoderus</i> sp10					X
<i>Dolichoderus</i> sp12					X
<i>Dolichoderus</i> sp13					X
<i>Dolichoderus</i> sp14					X
<i>Dolichoderus</i> sp15	X	X			
<i>Dorymyrmex</i> sp1		X			X
<i>Dorymyrmex</i> sp2			X	X	
<i>Linepithema</i> sp1	X	X	X	X	
<i>Linepithema</i> sp2				X	
<i>Tapinoma</i> sp1					X
<i>Tapinoma</i> sp2					X
<i>Tapinoma</i> sp3					X
SUBFAMÍLIA ECITONINAE					
Tribo Ecitonini					
<i>Eciton</i> sp1					X
SUBFAMÍLIA ECTATOMMINAE					
Tribo Ectatommini					

<i>Ectatomma tuberculatum</i>		X	X	X	X
SUBFAMÍLIA FORMICINAE					
Tribo Camponitini					
<i>Camponotus latangulus</i>		X			X
<i>Camponotus</i> sp1					X
<i>Camponotus</i> sp2					X
<i>Camponotus</i> sp3					X
<i>Camponotus</i> sp4					X
<i>Camponotus</i> sp5					X
<i>Camponotus</i> sp6					X
<i>Camponotus</i> sp7					X
<i>Camponotus</i> sp8					X
<i>Camponotus</i> sp9					X
<i>Camponotus</i> sp10	X	X		X	X
<i>Camponotus</i> sp11					X
<i>Camponotus</i> sp12					X
<i>Camponotus</i> sp13					X
<i>Camponotus</i> sp14					X
<i>Camponotus</i> sp15					X
<i>Camponotus</i> sp16					X
<i>Camponotus</i> sp17					X
<i>Camponotus</i> sp18					X
<i>Camponotus</i> sp19	X				X
<i>Camponotus</i> sp20					X
<i>Camponotus</i> sp21					X
<i>Camponotus</i> sp22					X
<i>Camponotus</i> sp23					X
<i>Camponotus</i> sp24					X
<i>Camponotus</i> sp25					X
<i>Camponotus</i> sp26					X
<i>Camponotus</i> sp27	X				
<i>Camponotus</i> sp28	X	X		X	
<i>Camponotus</i> sp29	X	X	X	X	
<i>Camponotus</i> sp30			X	X	
<i>Camponotus</i> sp31	X			X	
<i>Camponotus</i> sp32		X	X	X	
<i>Camponotus</i> sp33	X		X		
Tribo Gigantiopini					
<i>Gigantiops destructor</i>		X			
Tribo Plagiolepidini					
<i>Brachymyrmex</i> sp1	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp2					X
<i>Brachymyrmex</i> sp3					X
<i>Brachymyrmex</i> sp4					X
<i>Brachymyrmex</i> sp5	X	X	X	X	X

<i>Brachymyrmex</i> sp6					X
<i>Brachymyrmex</i> sp7	X		X	X	
<i>Brachymyrmex</i> sp8	X		X	X	
<i>Brachymyrmex</i> sp9	X	X		X	
<i>Nylanderia</i> sp1					X
<i>Nylanderia</i> sp2					X
<i>Nylanderia</i> sp3					X
<i>Nylanderia</i> sp4					X
<i>Nylanderia</i> sp5					X
<i>Nylanderia</i> sp6					X
<i>Nylanderia</i> sp7				X	
<i>Nylanderia</i> sp8			X	X	
<i>Nylanderia</i> sp9		X	X	X	

SUBFAMÍLIA MYRMICINAE

Tribo Attini

<i>Cyphomyrmex</i> sp1				X	
<i>Cyphomyrmex</i> sp2		X			
<i>Sericomyrmex</i> sp1					X
<i>Trachymyrmex</i> sp1					X

Tribo Blepharidattini

<i>Wasmannia aurupunctata</i>	X	X	X	X	X
-------------------------------	---	---	---	---	---

Tribo Cardiocondyliini

<i>Cardiocondyla</i> sp1	X		X	X	
--------------------------	---	--	---	---	--

Tribo Cephalotini

<i>Cephalotes atratus</i>					X
<i>Cephalotes clypeatus</i>	X	X			
<i>Cephalotes pusillus</i>	X				X
<i>Cephalotes</i> sp2					X
<i>Cephalotes</i> sp3					X
<i>Cephalotes</i> sp4					X
<i>Cephalotes</i> sp5					X
<i>Cephalotes</i> sp6					X
<i>Cephalotes</i> sp7					X
<i>Cephalotes</i> sp8					X
<i>Cephalotes</i> sp9	X				
<i>Cephalotes</i> sp10	X				
<i>Cephalotes</i> sp11	X				
<i>Cephalotes</i> sp12	X				
<i>Cephalotes</i> sp13	X				
<i>Cephalotes</i> sp14	X				

Tribo Crematogastrini

<i>Crematogaster</i> sp1					X
<i>Crematogaster</i> sp2					X
<i>Crematogaster</i> sp3					X
<i>Crematogaster</i> sp4					X

<i>Crematogaster</i> sp5					X
<i>Crematogaster</i> sp6					X
<i>Crematogaster</i> sp7					X
<i>Crematogaster</i> sp8			X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp9	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp10					X
<i>Crematogaster</i> sp11					X
<i>Crematogaster</i> sp12		X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp13	X	X		X	
Tribo Dacetini					
<i>Pyramica</i> sp1	X		X		
<i>Strumigenys</i> sp1		X			
<i>Strumigenys</i> sp2		X			
Tribo Formicoxenini					
<i>Nesomyrmex</i> sp1					X
<i>Nesomyrmex</i> sp2					X
<i>Nesomyrmex</i> sp3					X
Tribo Ochetomyrmecini					
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>				X	X
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i>					X
Tribo Pheidolini					
<i>Pheidole</i> sp1					X
<i>Pheidole</i> sp2					X
<i>Pheidole</i> sp3					X
<i>Pheidole</i> sp4					X
<i>Pheidole</i> sp5					X
<i>Pheidole</i> sp6					X
<i>Pheidole</i> sp7		X			X
<i>Pheidole</i> sp8					X
<i>Pheidole</i> sp9					X
<i>Pheidole</i> sp10					X
<i>Pheidole</i> sp11					X
<i>Pheidole</i> sp12					X
<i>Pheidole</i> sp13					X
<i>Pheidole</i> sp14					X
<i>Pheidole</i> sp15					X
<i>Pheidole</i> sp16					X
<i>Pheidole</i> sp17					X
<i>Pheidole</i> sp18					X
<i>Pheidole</i> sp19		X		X	X
<i>Pheidole</i> sp20					X
<i>Pheidole</i> sp21					X
<i>Pheidole</i> sp22					X
<i>Pheidole</i> sp23					X
<i>Pheidole</i> sp24	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp25				X	

<i>Pheidole</i> sp26		X	X		
<i>Pheidole</i> sp27				X	
<i>Pheidole</i> sp28		X			
<i>Pheidole</i> sp29	X	X		X	
<i>Pheidole</i> sp30		X		X	
<i>Pheidole</i> sp31	X			X	
<i>Pheidole</i> sp32		X	X		
<i>Pheidole</i> sp33	X	X	X	X	
Tribo Solenopsidini					
<i>Megalomyrmex</i> sp1					X
<i>Solenopsis</i> sp1	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp2					X
<i>Solenopsis</i> sp3					X
<i>Solenopsis</i> sp4					X
<i>Solenopsis</i> sp5					X
<i>Solenopsis</i> sp6					X
<i>Solenopsis</i> sp7					X
<i>Solenopsis</i> sp8		X			X
<i>Solenopsis</i> sp9					X
<i>Solenopsis</i> sp10					X
<i>Solenopsis</i> sp11				X	
<i>Solenopsis</i> sp12				X	
<i>Solenopsis</i> sp13		X	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp14				X	

SUBFAMÍLIA PARAPONERINAE

Tribo Paraponerini

<i>Paraponera clavata</i>					X
---------------------------	--	--	--	--	---

SUBFAMÍLIA PONERINAE

Tribo Ponerini

<i>Odontomachus</i> sp1					X
<i>Odontomachus</i> sp2			X	X	
<i>Pachycondila</i> sp1					X
<i>Pachycondila</i> sp2					X
<i>Pachycondila</i> sp3					X
<i>Pachycondila</i> sp4					X
<i>Pachycondila</i> sp5					X
<i>Pachycondila</i> sp6					X
<i>Pachycondila</i> sp7					X
<i>Pachycondila</i> sp8					X
<i>Pachycondila</i> sp9					X
<i>Pachycondila</i> sp10					X
<i>Pachycondila</i> sp11					X
<i>Pachycondila</i> sp12		X			

SUBFAMÍLIA**PSEUDOMYRMICINAE****Tribo Pseudomyrmecini**

<i>Pseudomyrmex tenues</i>		X		X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp2					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp3	X	X		X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp4					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp5					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp6					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp7					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp8					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp9			X		X
<i>Pseudomyrmex</i> sp10	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp11					X
<i>Pseudomyrmex</i> sp12			X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp13	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp14	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp15	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp16	X		X	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp17	X	X			
<i>Pseudomyrmex</i> sp18	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp19	X	X	X	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp20	X		X	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp21	X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp22	X		X	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp23	X		X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp24	X				

ANEXO 3

INSTRUÇÕES PARA AUTORES - BIODIVERSITY AND CONSERVATION

General:

Language- The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Authors are responsible for ensuring the language quality prior to submission.

Spacing- Please double-space all material, including notes and references.

Nomenclature- The correct names of organisms conforming with the international rules of nomenclature must be used. Descriptions of new taxa should not be submitted unless a specimen has been deposited in a recognized collection and it is designated as a type strain in the paper. Biodiversity and Conservation uses the same conventions for the genetics nomenclature of bacteria, viruses, transposable elements, plasmids and restriction enzymes as the American Society for Microbiology journals.

Article types- The journal publishes original research, and also Editorials, Comments and Research notes. These types of articles should be submitted to the Journals Editorial Office in the usual way, but authors should select whether they are Original Research, Editorials, Comments or Research notes.

Manuscript submission- Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions- Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission- Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page:

The title page should include: The name(s) of the author(s); A concise and informative title; The affiliation(s) and address(es) of the author(s); The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract- Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords- Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text:

Text Formatting- Manuscripts should be submitted in Word. Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text. Use italics for emphasis. Use the automatic page numbering function to number the pages. Do not use field functions. Use tab stops or other commands for indents, not the space bar. Use the table function, not spreadsheets, to make tables. Use the equation editor or MathType for equations. Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

- [Word template \(zip, 154 kB\)](#)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

Headings- Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations- Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes- Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments- Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

References:

Citation- Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

Reference list- The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article- Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

Article by DOI- Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

Book- South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter- Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document- Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation- Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

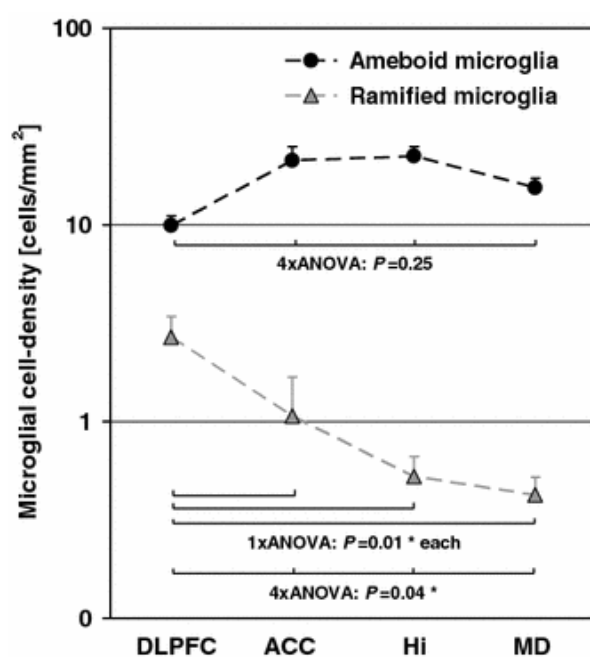
For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list. [EndNote style \(zip, 3 kB\)](#)

Tables- All tables are to be numbered using Arabic numerals. Tables should always be cited in text in consecutive numerical order. For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table. Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption. Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case

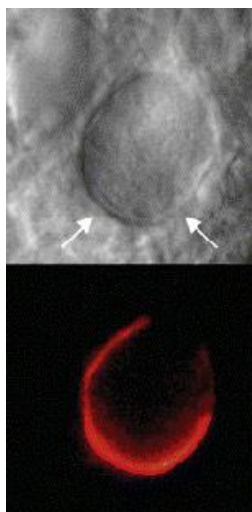
letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body. All tables are to be numbered using Arabic numerals. Tables should always be cited in text in consecutive numerical order. For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table. Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption. Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body. For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission: Supply all figures electronically. Indicate what graphics program was used to create the artwork. For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files. Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

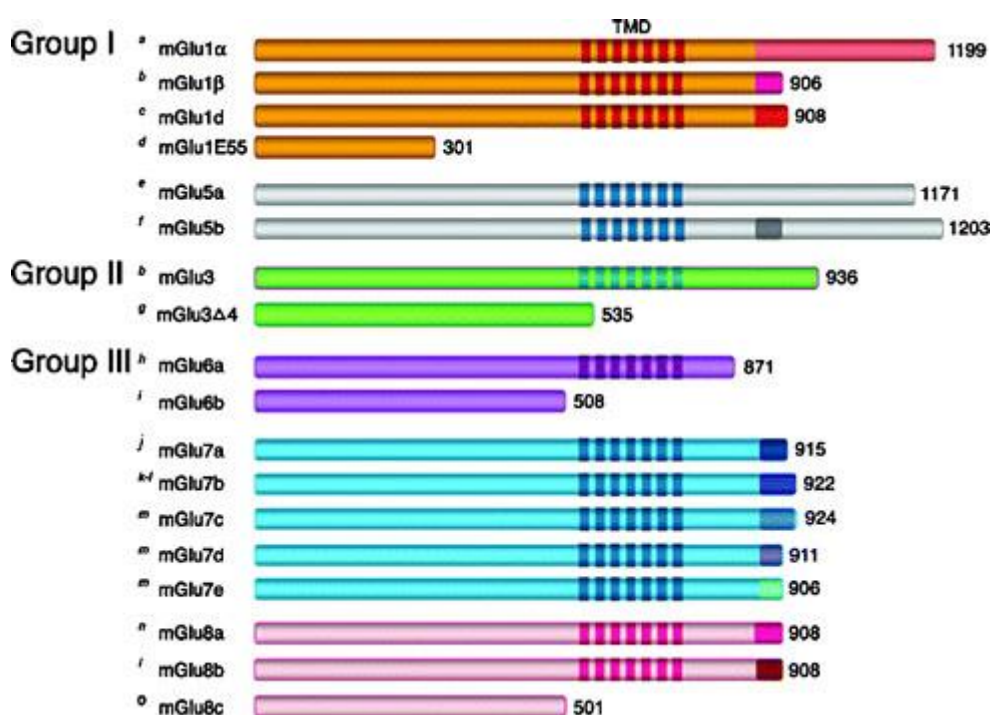
Line Art- Definition: Black and white graphic with no shading. Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size. All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide. Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.



Halftone Art- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc. If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves. Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.



Combination Art: Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc. Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.



Color Art- Color art is free of charge for online publication. If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not

distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent. If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts). Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label. Avoid effects such as shading, outline letters, etc. Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering- All figures are to be numbered using Arabic numerals. Figures should always be cited in text in consecutive numerical order. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.). If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file. Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type. No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size- When preparing your figures, size figures to fit in the column width. For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm. For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions- If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility- In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that: All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware); Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying

information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements); Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material:

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission- Supply all supplementary material in standard file formats. Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author. To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability. A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended. If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables. Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4". Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.