

Universidade Federal da Grande Dourados  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS  
COMUNIDADES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE ÁRVORES URBANAS:  
UMA PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES.

Vanderlei Berto Júnior

Dourados-MS  
Fevereiro/2017

Universidade Federal da Grande Dourados  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Vanderlei Berto Júnior

FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS  
COMUNIDADES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE ÁRVORES URBANAS:  
UMA PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES.

Tese apresentada à Universidade Federal da  
Grande Dourados (UFGD), como parte dos  
requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e  
Conservação

Orientador: Josué Raizer

Dourados-MS  
Fevereiro/2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

B482f	<p>Berto Júnior, Vanderlei.</p> <p>Fatores e processos estruturadores das comunidades de formigas (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) de árvores urbanas : uma perspectiva de metacomunidades. / Vanderlei Berto Júnior. – Dourados, MS : UFGD, 2017. 53f.</p> <p>Orientador: Josué Raizer.</p> <p>Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Ecologia urbana. 2. Formigas arborícolas. 3. Ecologia de comunidades. I. Título.</p>
-------	--

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

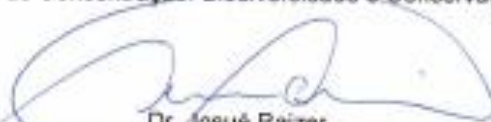
**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

**"FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS COMUNIDADES DE  
FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) ARBORÍCOLAS URBANAS:  
UMA PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES."**

Por

**VANDERLEI BERTO JÚNIOR**

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
**DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**  
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação



Dr. Josué Raizer  
Orientador/Presidente – UFGD



Dr. William Fernando Antoniali Junior  
Membro Titular – UEMS



Dr. Yzel Rondon Suárez  
Membro Titular – UEMS



Dr. Gabriela Schulz  
Membro Titular – SED/MS



Dr. Rodrigo Aranda  
Membro Titular – UFMS

Aprovado em: 21 de fevereiro de 2017.

## Biografia do Acadêmico

Vanderlei Berto Júnior, nascido em Guará, São Paulo em 26 de outubro de 1973, filho de Marisa Aparecida Liporaci Berto e Vanderlei Berto, cursou do primeiro ao sétimo anos do ensino fundamental (primeiro grau, na época) na Escola Estadual Padre Armani, entre 1981 e 1987, o oitavo ano na Escola Estadual Mário Vieira Marcondes, em 1988, o ensino médio (segundo grau) no Colégio Soares Oliveira, entre 1989 e 1991, o ensino superior no Curso de Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) da Universidade Federal de Uberlândia, onde realizou iniciação científica (de 1994 a 1995) e publicou seu primeiro artigo, orientado pelo Dr. Kleber Del Claro (em 1996). Cursou mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, entre 1997 e 1999. Atualmente é funcionário do Centro Universitário da Grande Dourados, onde exerce a função de professor no curso de Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado), entre outros, e onde exerceu a função de coordenador do curso de Graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado).

## Agradecimentos

A este Programa de Pós-Graduação que me acolheu, me ensinou Zoologia dos Insetos e me deu condições de trabalho para finalização desta tese.

Ao Dr. Josué Raizer, pela liberdade e independência na forma de trabalho e pelas lições de Ecologia e Estatística.

Ao Centro Universitário da Grande Dourados pela flexibilidade e confiança e pela cedência do laboratório para realização do trabalho.

À Jaqueline Cáceres, Jéssica V. Wandroski, Bruno S. Araújo e Thaynara K. E. Dias pela parceria e auxílio no trabalho de campo e laboratório.

Ao Dr. Rogério Silvestre pela identificação das formigas.

À Dra. Lucinete Regina Colombo pela identificação das plantas.

Aos meus pais, Marisa e Vanderlei, pelo incentivo a estudar sempre e por terem plantado essa semente da curiosidade científica em minhas entranhas.

Ao amigo Josué, pela força e atenção de sempre.

À minha família, Andreia, Murilo, Letícia e Dafne, pela ajuda no trabalho, pela compreensão, pela tolerância, pelo amor e por terem dividido esta tese comigo mais tempo do que qualquer outro listado aqui, especialmente à Andreia.

## Dedicatória

Aos co-autores principais deste trabalho  
Andreia, Murilo e Letícia

## Sumário

Resumo Geral	1
Abstract	2
Introdução Geral	3
Revisão Bibliográfica	5
Objetivo Geral	10
Hipóteses	11
Fatores e processos estruturadores das comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de árvores urbanas: uma perspectiva de metacomunidades	12



## FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS COMUNIDADES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE ÁRVORES URBANAS: UMA PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES.

### RESUMO GERAL

As características ambientais, a habilidade de dispersão e as interações entre espécies combinam-se para determinar a distribuição e a abundância de espécies de comunidades locais em manchas de habitat numa dinâmica espaço-temporal típica de metacomunidades. Formigas urbanas têm sido estudadas nas últimas décadas no Brasil, principalmente em hospitais, residências e áreas verdes. Hipóteses sobre a importância de características da vegetação pública urbana e do estresse ambiental crônico na determinação da estrutura da metacomunidade de formigas arborícolas foram testadas em 29 trechos de rua (100m) de Dourados, estado de Mato Grosso do Sul. Quatro árvores dos passeios públicos de cada trecho incluído no estudo foram amostradas com armadilhas de queda arbórea e por meio da busca ativa de ninhos de formigas a mais de 5 m de altura. Foram encontradas 35 espécies (ou morfoespécies) de formigas, 14 (40%) delas capturadas apenas em armadilhas, cinco (14%) somente em ninhos encontrados nas árvores e 16 (46%) com os dois métodos. *Camponotus landolti* ocorreu em 29% dos registros e esteve presente em 28 dos trechos de rua amostrados, mas apenas um ninho dessa espécie foi encontrado. *Dorymyrmex spurius* e *Pheidole megacephala* seguiram esse mesmo padrão, com alta frequência em armadilhas e poucos ninhos encontrados. *Brachymyrmex* sp1 foi frequente em armadilhas e ninhos. Para avaliar quais variáveis ambientais explicam as variações na estrutura da metacomunidade de formigas em diferentes escalas, os dados das armadilhas foram analisados sob duas abordagens, uma delas onde todas as armadilhas formaram 29 amostras aleatórias de quatro armadilhas e outra onde as armadilhas foram mantidas associadas aos trechos de rua onde foram instaladas. Para as duas abordagens, as matrizes de dados de formigas e plantas foram ordenadas por NMDS, as variáveis foram reduzidas por PCA de correlações e MANOVA foram usadas para correlacionar as variáveis explicativas e a comunidade de formigas. Nos dois casos, a coerência na matriz de incidência não foi diferente do acaso. As variáveis de habitat e a composição de plantas não explicaram a estrutura da comunidade de formigas arborícolas em nenhuma das abordagens, assim como as variáveis tempo e espaço para a segunda abordagem. Sugerimos que fatores estocásticos impostos pelos habitantes da cidade, como a poda das árvores feita sem planejamento, devem ser mais importantes para os processos de colonização e extinção de espécies, determinando a composição das comunidades locais de formigas arbóreas.

## ABSTRACT

The environmental traits, dispersal ability and species interactions combine with each other to determine the distribution and abundance of species of local community within habitat patches in such a space-temporal dynamics typical of metacommunities. Urban ants have been studied over the last decades in Brazil, mainly in hospitals, residences and green areas. Hypotheses about the importance of urban vegetation traits and chronic environmental stress on determining the structure of arboreal ant metacommunity were tested in 29 street sections (100 m) in the city of Dourados, located in the state of Mato Grosso do Sul. Four trees on the sidewalks were sampled with arboreal pitfalls and active search for ant colonies above 5 m tall. We found 35 ant species (or morphospecies), 14 of them (40%) only in pitfalls, five (14%) only in tree colonies and 16 (46%) in both methods. *Camponotus landolti* occurred in 29% of the registers and was present at 28 of the sections, but only one colony of this species was found. *Dorymyrmex spurius* and *Pheidole megacephala* followed this same pattern, with high frequency in pitfalls and few colonies found. *Brachymyrmex* sp1 was frequently found in both methods. To evaluate which environmental variables explain the variations on the ant metacommunity structure in different scales, pitfalls data were analyzed under two approaches, one where all pitfalls formed random samples formed by four traps and the other where pitfalls were maintained associated with the street sections. On the two approaches, data matrices of ants and plants were ordinated using NMDS, the variables were reduced by PCA and MANOVA was used to correlate the explanatory variables and the ant community. On both cases, the coherence of the incidence matrix did not differ from the chance. The habitat variables and the plant composition did not explain the structure of arboreal ant community in both approaches, such as time and space variables did in the second approach. We suggest that stochastic factors imposed by city inhabitants, like tree pruning without planning, should be more important to the processes of colonization and extinction of species, determining the composition of local arboreal ant communities.

## INTRODUÇÃO GERAL

Formicidae é uma família de Hymenoptera (Hexapoda: Insecta) com cerca de 11700 espécies identificadas (Disponível em <http://www.antweb.org>. Acesso em 01/02/2017). O táxon é abundante e diverso em muitos nichos (ALONSO e AGOSTI, 2000). Formigas arborícolas são consideradas aquelas que forrageiam principalmente sobre a vegetação (CLAY *et al.* 2010) ou aquelas que nidificam nas árvores (RIBAS *et al.* 2003).

Diferentes fatores podem determinar a riqueza de espécies de formigas em diferentes escalas. Numa escala mais fina, a riqueza de espécies varia com a identidade da planta onde ela é encontrada e a cobertura vegetal, enquanto não mostra relação significativa entre as parcelas feitas no cerrado (RIBAS e SCHOEREDER 2004). Santos (2006) não encontrou relação entre o tamanho e a arquitetura de plantas individuais (escala local) com a riqueza de espécies de formigas, mas essa mesma relação foi significativa para a parcela de amostragem (escala intermediária). O tamanho de fragmentos florestais pode influenciar nas frequências de ocorrências de espécies de formigas e em suas taxas de extinção, mostrando que alguns padrões só podem ser percebidos em escala regional (SCHOEREDER *et al.* 2004b).

Metacomunidades são conjuntos de comunidades locais ligadas por dispersão, onde as características locais e a habilidade de dispersão das espécies influenciam a composição e a relação de abundâncias das espécies componentes (LEIBOLD *et al.* 2004). No entanto, a teoria carece de comprovações empíricas para muitos taxa de organismos e nem todos eles respondem da mesma forma a um determinado fator (LEIBOLD *et al.* 2004, LIVINGSTON e PHILPOTT 2010).

As cidades apresentam condições ambientais diferentes do seu entorno no que diz respeito ao clima, à impermeabilização do solo, ao número de espécies exóticas e à poluição, proporcionando ainda alimento e abrigo para artrópodes (McINTYRE *et al.* 2001). O entendimento dos processos ecológicos que atuam em diferentes escalas na determinação de padrões de diversidade de diferentes organismos tem sido acessado em vários ambientes, no entanto poucos estudos abordam essa questão em relação aos impactos da urbanização sobre a diversidade (CONCEPCIÓN *et al.* 2015). A composição de espécies de formigas pode variar entre diferentes tipos de ambientes urbanos, influenciada pelo nível de estresse ambiental crônico (SAVAGE *et al.* 2015).

Formigas urbanas vêm sendo estudadas no Brasil a somente 30 anos (CAMPOS-FARINHA *et al.* 2002) e as informações disponíveis têm origem de amostragens feitas principalmente em hospitais, residências, parques e fragmentos florestais urbanos (CASTRO *et al.* 2015, SOARES *et al.* 2006, DÁTILLO *et al.* 2011, MUNHAE *et al.* 2015). Uma única pesquisa recente (CORIOLANO *et al.* 2014) levantou a mirmecofauna em árvores das calçadas de uma cidade.

Muitos pesquisadores brasileiros têm utilizado formigas como modelos para acessar o efeito da fragmentação de habitat (SCHOEREDER *et al.* 2004, DÁTILLO *et al.* 2011) e outros procuram entender a dinâmica das assembleias de formigas urbanas (KAMURA *et al.* 2007, LUTINSKY *et al.* 2013). Mas, nenhum deles usou os dosséis da vegetação arbórea urbana como modelo para estudos da dinâmica de espécies em manchas de habitat.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Formigas são insetos pertencentes à família Formicidae da ordem Hymenoptera, com cerca de 11700 espécies identificadas (Disponível em <http://www.antweb.org>. Acesso em 01/02/2017). São muito abundantes e, em muitos ambientes, diversas, ocorrendo em solo, serapilheira e todos os estratos da vegetação (ALONSO e AGOSTI 2000). Formigas que constroem ninhos no solo podem forragear no solo e na vegetação, mas formigas verdadeiramente arborícolas são consideradas aquelas que nidificam e forrageiam nas árvores (RIBAS *et al.* 2003) ou aquelas que forrageiam principalmente sobre a vegetação (CLAY *et al.* 2010).

Formigas arbóreas de florestas tropicais podem somar 70% de todos os artrópodes e 50% de toda a biomassa de artrópodes amostrados, mesmo não apresentando alta diversidade em dossel (DAVIDSON 1997). Essa abundância parece ser subsidiada pelos recursos que as plantas oferecem (DAVIDSON e PATRELL-KIM 1996) e talvez, por isso, a disponibilidade e qualidade de sítios de nidificação, alimento e idade (ou tamanho) das árvores pareçam ser fatores mais importantes do que a estrutura ou o tipo de floresta na determinação da distribuição de formigas arborícolas (SCHULZ e WAGNER 2002). O estágio de sucessão (SCHONBERG *et al.* 2004; KLIMES *et al.* 2015), a cobertura do dossel (QUEIROZ e RIBAS 2016), a conectividade do dossel (POWELL *et al.* 2011), a composição de espécies de árvores (SCHULZ e WAGNER 2002) e altura da árvore (CAMPOS *et al.* 2006) são fatores importantes na determinação da estrutura da comunidade de formigas arborícolas.

A teoria e os dados empíricos de conjuntos de comunidades locais ligadas por dispersão enquadram-se dentro de quatro diferentes abordagens ou perspectivas sobre o funcionamento das metacomunidades. No primeiro deles, conhecido por “patch-dynamic”, as metacomunidades organizam-se numa região pela coexistência de espécies em manchas homogêneas (localidades) que combinam sua habilidade de dispersão e competição. Na abordagem de “species-sorting” (classificação de espécies), num ambiente heterogêneo é possível encontrar manchas que combinam diferentes condições ambientais e cada comunidade local é o resultado das interações entre espécies mais ou menos especializadas a cada mancha (a dispersão tem um efeito menor ou é um fator que iguala as espécies nesta abordagem e interações têm papel crucial na determinação da composição de espécies). Nos dois modelos anteriores, colonização e extinção são processos regionais que ocorrem em um tempo diferente daquele em que as interações

locais ocorrem. Na perspectiva dos efeitos de massa (“mass-effects”), a dispersão também influencia os processos de fonte-sumidouro (“source-sink”), fazendo variar a densidade de populações locais e, desta forma, interferindo no resultado das interações que ocorrem em um ambiente heterogêneo. Quando as localidades são semelhantes e as espécies pouco se diferenciam quanto à habilidade de dispersão e competição, processos randômicos lentos como especiação e extinção poderiam mudar a composição da metacomunidade numa dinâmica espaço-temporal própria do modelo neutro (LEIBOLD *et al.* 2004), podendo ser considerada como a hipótese nula para os outros três pontos de vista (BELL 2001).

A conectividade da paisagem tem um papel importante para a dispersão e, conseqüentemente, para os processos de colonização e extinção dentro das metacomunidades (BRUDGIV 2016). Fatores locais podem determinar o estabelecimento de indivíduos dispersantes e quando a história e o tipo de uso da terra pelo homem são componentes importantes ligados a esses fatores, a conectividade e a habilidade de dispersão podem perder importância no resultado da diversidade de espécies locais (BRUDGIV 2016).

No ambiente relativamente homogêneo de um agroecossistema de café em mata sombreada do México, espécies central (“core species”) e satélites de formigas apresentaram padrão aleatório de co-ocorrência, com nenhuma assumindo papel de dominante. Ausência de dominância, espécies usando recursos semelhantes e ausência de resposta à perturbação biótica não suportaram o modelo de “species-sorting”. A espécie central e as dominantes locais e regionais foram melhores dispersoras, colonizadoras mais rápidas e responderam mais fortemente à disponibilidade de local para nidificação do que as espécies satélites (LIVINGSTON e PHILPOTT 2010).

As maiores dificuldades na aplicação da teoria de metacomunidades estão na inexistência de fronteiras discretas das comunidades locais (menor escala espacial) e no fato de que organismos de diferentes espécies respondem de formas distintas aos processos envolvidos (*e.g.*, dispersão; LEIBOLD *et al.* 2004, LIVINGSTON e PHILPOTT 2010). SAVAGE *et al.* (2015) estudaram comunidades de formigas em diferentes tipos de habitat urbanos e discutem que suas conclusões não podem ser extrapoladas para uma escala mais fina como o nível de espécie ou de colônias individuais, pois os efeitos do estresse ambiental sobre as formigas urbanas podem ser diferentes.

Savage *et al.* (2015) acreditam que podemos assumir que os ecossistemas urbanos funcionam como os ecossistemas menos modificados, como florestas, por exemplo, e que as hipóteses a serem testadas nesse ambiente devem ter como ponto de partida as relações entre os padrões de diversidade e seus fatores determinantes, ditadas pelas teorias ecológicas gerais. Tanto os padrões locais de diversidade, quanto a importância da heterogeneidade na determinação de tais padrões numa escala espacial mais fina para a maioria das espécies de tamanho pequeno são pouco compreendidos (SAVAGE *et al.* 2015). Processos que atuam em escala mais ampla tendem a afetar mais os organismos mais móveis que possuem maior área de vida do que organismos sésseis ou com menor capacidade de deslocamento. Os padrões de diversidade de diferentes organismos em diferentes escalas têm sido percebidos em vários ambientes, no entanto poucos estudos abordam as escalas em que os processos ecológicos atuam em relação aos impactos da urbanização sobre a diversidade (CONCEPCIÓN *et al.* 2015).

Ecossistemas urbanos são áreas sob atividade local profunda e constante, formando mosaicos heterogêneos de residências em alta densidade, comércios, indústrias e áreas verdes. As diferenças com seu entorno estão na presença de solo impermeável, poluição, muitas espécies exóticas e clima alterado (McINTYRE *et al.* 2001). Em maior ou menor escala, todos esses espaços apresentam alimentos, resíduos, efluentes e estruturas arquitetônicas que representam alimento e abrigo para artrópodes. Essa interação entre outros organismos e a população humana e suas estruturas construídas pode ser estudada pela ecologia urbana, a pesquisa ecológica feita nas cidades (NIEMELÄ, 1999).

A composição de espécies de formigas pode variar entre os diferentes tipos de ambientes de uma cidade, influenciada pelo nível de estresse ambiental crônico (SAVAGE *et al.* 2015). Essa variação foi encontrada na cidade de Manhattan, nos Estados Unidos, e foi detectada também entre amostras do mesmo tipo de habitat, para aqueles mais preservados (florestas e parques, comparados a quarteirões arborizados). Formigas exóticas não aumentaram (como esperado) sua incidência conforme o estresse ambiental urbano. O estresse ambiental crônico geralmente diminui a diversidade de formigas, mas essa relação é complexa e influenciada por outros fatores em ecossistemas urbanos (SAVAGE *et al.* 2015).

A espécie de árvore teve influência mais importante sobre formigas e outros artrópodes na paisagem urbana, seguida do tamanho da árvore e com pouco efeito do

arranjo de árvores (isolada, em corredor ou em mancha; YASUDA e KOIKE 2009). A seleção das espécies de árvores que compõem a vegetação arbórea pública urbana deve levar em consideração a atração de um grande número de taxa de artrópodes, de forma a aumentar a diversidade desses organismos na paisagem urbana (YASUDA e KOIKE 2009). Artrópodes, como formigas, consomem restos de alimentos jogados pelos habitantes e reduzem sua disponibilidade para vertebrados, como roedores, prestando serviços ambientais à população urbana (YOUNGSTEADT *et al.* 2014), enquanto ainda mantemos nossa cultura de arremessar resíduos nos espaços públicos das cidades.

Estudos têm experimentado o efeito do calor sobre respostas ecológicas de comunidades de formigas e seus resultados sugerem um efeito negativo do aquecimento sobre as comunidades de locais mais quentes situados em latitudes menores (PELINI *et al.* 2014) e uma substituição de espécies ao longo do tempo devido às mudanças impostas pela alteração climática (RESASCO *et al.* 2014).

Apesar de Formicidae representar um táxon muito estudado e conhecido, poucos estudos com foco neste grupo de insetos foram desenvolvidos no estado de Mato Grosso do Sul na última década, menos ainda em ambiente urbano. A maioria das pesquisas mirmecológicas sul-mato-grossenses abordou padrões e/ou processos ecológicos no Pantanal em nível de comunidade com implicações para conservação (RIBAS e SCHOEREDER 2006, MARQUES e SCHOEREDER 2013, SOUZA 2014, CUISSI *et al.* 2015); três estudos investigaram a interação de formigas com outros insetos ou com características de manejo do solo em agroecossistemas (SOARES *et al.* 2010, FERNANDES *et al.* 2012; CREPALDI *et al.* 2014); uma ampliação da distribuição geográfica e do nicho realizado de *Pseudomyrmex acanthobius* foi sugerida para o Pantanal (ARANDA *et al.* 2016); outra pesquisa avaliou a distribuição de formigas na serapilheira de diferentes ambientes preservados na Serra da Bodoquena (SILVESTRE *et al.* 2012); PAULA *et al.* (2016) descreveu a influência de formigas sobre o processo de decomposição de carcaças, com uma abordagem voltada às análises forenses; e apenas três estudos foram realizados em ambiente urbano, todos em hospitais (FERREIRA *et al.* 2008, SANTOS *et al.* 2009, SANTOS *et al.* 2011).

Formigas urbanas começaram a ser estudadas no Brasil a partir da década de 80, principalmente em hospitais, devido ao seu importante papel no transporte de microrganismos patogênicos (CAMPOS-FARINHA *et al.* 2002). Recentemente, estudos de campo com formigas urbanas brasileiras estão quase que totalmente limitados a ambientes hospitalares – três deles em Mato Grosso do Sul (FERREIRA *et*



*al.* 2008, SANTOS *et al.* 2009, SANTOS *et al.* 2011) –, residências/escolas (SOARES *et al.* 2006, KAMURA *et al.* 2007, LUTINSKY *et al.* 2013, SANTOS-SILVA *et al.* 2016) e fragmentos urbanos ou peri-urbanos (RODRIGUES *et al.* 2008, DÁTILLO *et al.* 2011, LUTINSKY *et al.* 2013, SOUZA *et al.* 2012). Poucos deles amostraram formigas na vegetação (RODRIGUES *et al.* 2008, LUTINSKY *et al.* 2013, CORIOLANO *et al.* 2014) e apenas um deles teve como ambiente de coleta os troncos de árvores isoladas ou em grupos componentes da arborização urbana dos passeios públicos (CORIOLANO *et al.* 2014). Nessas pesquisas, a altura máxima em que as armadilhas foram instaladas ou as iscas expostas foi de 2 m (RODRIGUES *et al.* 2008, LUTINSKY *et al.* 2013).

Estudos sobre padrões convergentes de estrutura de comunidades dentro de situações mais convencionais (comunidades locais discretas) podem ajudar a entender sistemas mais complexos (LEIBOLD *et al.* 2004). O fato de cidades possuírem manchas de habitat natural, muitas vezes pequenas e isoladas pela matriz de ambiente construído, permite que padrões e processos ecológicos possam ser examinados dentro de teorias ecológicas específicas como a de biogeografia de ilhas e a de metapopulações (NIEMELÄ, 1999) e, porque não, de metacomunidades. Por isso, formigas arborícolas urbanas e suas árvores interagentes são bons modelos para estudos de metacomunidades, porque são uma simplificação da estrutura de uma floresta, com extremos experimentais e a co-evolução tendo papel pouco importante.

Estudos sobre metacomunidades de formigas arborícolas têm sido realizados em sistemas simples ou simplificados, com poucas espécies de plantas e/ou poucas espécies de formigas. O presente estudo contribuirá com este arcabouço teórico a partir de dados empíricos, tendo como objeto de estudo as comunidades de formigas arborícolas urbanas na vegetação dos passeios públicos.

## OBJETIVO GERAL

Responder se a estrutura do ambiente, representada por características da vegetação componente da arborização urbana, e o estresse ambiental crônico, interferem na estrutura da metacomunidade de formigas arborícolas, em diferentes escalas.

## HIPÓTESES

1- Características ambientais da vegetação pública urbana, tanto em escala local quanto em escala intermediária, são importantes na determinação da estrutura das comunidades dessas formigas, de forma que algumas predições podem ser feitas:

1.1- Localmente, quanto maior a altura da planta, o volume de sua copa e o volume da mancha de copas a que ela pertence, maior a riqueza de espécies de formigas arborícolas capturadas em uma armadilha, além de que a variação nessas variáveis ambientais influencia na mudança da composição de espécies de formigas.

1.2- Em escala intermediária (100 m lineares de rua), quanto maior o número de árvores e arbustos, o número de espécies de plantas, o volume de todas as copas das plantas e a conectividade entre elas, maior é a riqueza de espécies de formigas nos trechos de rua.

2- O nível de estresse ambiental crônico pode interferir na estrutura das comunidades de formigas arbóreas dentro da paisagem urbana, fazendo com que locais com diferentes níveis de estresse apresentem diferentes composições de espécies de formigas arborícolas.

3- Diferentes padrões de distribuição desta comunidade são percebidos em diferentes escalas espaciais e temporais.

Artigo apresentado sob as normas para publicação na Brazilian Journal of Biology.

FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS COMUNIDADES DE  
FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE ÁRVORES URBANAS: UMA  
PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES

Vanderlei Berto-Júnior<sup>1,2</sup> e Josué Raizer<sup>1</sup>

1- Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Dourados, MS, Brasil.

2- Centro Universitário da Grande Dourados, Faculdade de Ciências da Saúde, Dourados, MS, Brasil.

Palavras-chave: ecologia urbana, formigas arborícolas, ecologia de comunidades  
Key-words: urban ecology, arboreal ants, community ecology

Título abreviado: Metacomunidades de formigas arborícolas urbanas

Endereço para correspondência: Vanderlei Berto-Júnior, Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados / Itahum, Km 12 - Unidade II, Caixa Postal: 364, Cep: 79.804-970

## ABSTRACT

The distribution and abundance of species of local community are determined by the environmental traits of habitat patches, the dispersal ability of species and/or the interaction among them. The connectivity of these communities by dispersal and the colonization and extinction dynamics define the metacommunity structure. Urban ants have been studied over the last decades in Brazil, mainly in hospitals, residences and green areas, but never with this wide ecological approach. Hypotheses about the structure of arboreal ant community receive the effect of urban vegetation traits and chronic environmental stress were tested in the city of Dourados, located in the state of Mato Grosso do Sul. Ants on four trees from the sidewalks of street sections were sampled with arboreal pitfalls and active search for ant colonies above 5 m tall. We found 35 ant (morpho)species, 14 of them (40%) only in pitfalls, five (14%) only at tree colonies and 16 (46%) in both methods. *Camponotus landolti* was the most frequent ant in traps and occurred in almost all sampling streets (28), besides the only searched colony. This pattern of high frequency at traps and few colonies encountered was followed by *Dorymyrmex spurius* and *Pheidole megacephala*. One species of *Brachymyrmex* was frequently registered in pitfalls and colonies. To evaluate which environmental variables explain the variations on the ant metacommunity structure, pitfalls data were analyzed under two approaches, one where we sorted traps to form random samplings to independent analysis of space-temporal variations. And the other where each sample was the set of pitfalls at a street section to explicitly include the spatial and temporal variations. On the two approaches, data matrices of ants and plants were ordinated using NMDS, the variables were reduced by PCA and redundancy analysis were used to correlate the explanatory variables and the ant community. On both cases, the coherence of the incidence matrix did not differ from the chance. The habitat variables and the plant composition did not explain the structure of arboreal ant community in both approaches, such as time and space variables for the second approach. Our results suggest that processes of colonization and extinction of arboreal urban ant species respond to strong influence of stochastic factors imposed by society, like tree pruning without planning. This generates a pattern of composition on these communities that are not perceived by environmental variables.

## FATORES E PROCESSOS ESTRUTURADORES DAS COMUNIDADES DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE ÁRVORES URBANAS: UMA PERSPECTIVA DE METACOMUNIDADES

### RESUMO

A distribuição e a abundância de espécies de comunidades locais são determinadas pelas características ambientais das manchas de habitat, pela habilidade de dispersão das espécies e/ou pelas interações entre elas. A ligação dessas comunidades pela dispersão e a dinâmica de colonizações e extinções definem a estrutura da metacomunidade. Formigas urbanas têm sido estudadas nas últimas décadas no Brasil, principalmente em hospitais, residências e áreas verdes, mas nunca com esse enfoque ecológico mais abrangente. Hipóteses sobre a estrutura da comunidade de formigas arborícolas urbanas sofrer o efeito de características da vegetação urbana e do estresse ambiental crônico foram testadas em Dourados, Mato Grosso do Sul. As formigas de quatro árvores dos passeios públicos de trechos de rua da cidade foram amostradas com armadilhas de queda arbórea e por meio da busca ativa de ninhos a mais de 5 m de altura. Foram encontradas formigas de 35 (morfo)espécies, 14 (40%) apenas em armadilhas, cinco (14%) somente em ninhos e 16 (46%) em ambos. *Camponotus landolti* foi a formiga mais frequente em armadilhas e ocorreu em quase todos os trechos amostrados (28), apesar de ter tido apenas um ninho encontrado. Esse padrão de alta frequência em armadilhas e poucos ninhos encontrados foi seguido por *Dorymyrmex spurius* e *Pheidole megacephala*. Uma espécie de *Brachymyrmex* foi frequentemente registrada tanto em armadilhas, quanto em ninhos. Para avaliar quais variáveis ambientais explicam as variações na estrutura da metacomunidade de formigas, os dados das armadilhas foram analisados sob duas abordagens, numa delas sorteamos armadilhas para compor amostras aleatórias para análise independente de variações espaço-temporal. Na outra cada amostra correspondeu ao conjunto de armadilhas num trecho de rua para incluir explicitamente as variações espaciais e temporais, além das variáveis do habitat e da composição de espécies de árvores na análise. Nessas duas abordagens, as matrizes de dados de formigas e plantas foram ordenadas por NMDS, as variáveis foram reduzidas por PCA de correlações e análises de redundância foram usadas para correlacionar as variáveis explicativas e a comunidade de formigas. Nos dois casos, a coerência na matriz de incidência não foi diferente do acaso. As variáveis de habitat e a composição de plantas não explicaram a estrutura da comunidade de formigas arborícolas em nenhuma das abordagens, assim como as variáveis tempo e espaço para a segunda abordagem. Nossos resultados sugerem que os processos de colonização e extinção de espécies de formigas arborícolas urbanas sofrem forte influência de fatores estocásticos impostos pela sociedade, como a poda de árvores feita sem planejamento, o que gera um padrão de composição dessas comunidades que não pode ser percebido pelas variáveis ambientais.

## INTRODUÇÃO

Formigas arborícolas ou arbóreas podem ser definidas como aquelas que nidificam nas árvores (RIBAS *et al.* 2003) ou que usam a vegetação acima do solo como seus principais substratos de forrageamento (CLAY *et al.* 2010). Formigas arbóreas de florestas tropicais podem somar 70% de todos os artrópodes e 50% de toda a biomassa de artrópodes amostrados, sendo mais abundantes do que diversas em dossel (DAVIDSON 1997).

A estrutura do habitat e as interações podem interferir na distribuição de abundâncias de formigas. O estágio de sucessão de uma floresta tropical pode influenciar drasticamente a riqueza de espécies de formigas arbóreas, com o dossel de floresta secundária tendo metade do número de espécies encontrado na floresta primária (SCHONBERG *et al.* 2004). Formigas especialistas de ambientes abertos podem reduzir sua presença em áreas com cobertura vegetal aumentada e a riqueza de espécies é maior nas áreas onde a cobertura vegetal é menor (QUEIROZ e RIBAS 2016). Outro fator importante para formigas arbóreas é a conectividade da vegetação, visto que formigas usam a estrutura da vegetação para forragear e nidificar, aumentando a riqueza de espécies em árvores mais conectadas à vegetação ao redor (POWELL *et al.* 2011). A altura da árvore pode ser preditora da riqueza e da composição de formigas em *Anadenanthera macrocarpa*, uma espécie de árvore da Mata Atlântica (CAMPOS *et al.* 2006). Ainda, a heterogeneidade de habitat pode alterar as proporções relativas das espécies das comunidades locais em ambientes muito diferentes, sem alterar a diversidade (CRAMER e WILLIG 2005).

O conceito de metacomunidade inclui as ideias de que os habitats locais podem ser mais ou menos heterogêneos numa paisagem regional, de que as espécies das comunidades biológicas têm requerimentos e necessidades diferentes e, por isso, têm capacidades competitivas diferentes em diferentes localidades, além da ideia de que a habilidade dispersiva das espécies difere interferindo na capacidade de colonizar novas localidades (LEIBOLD *et al.* 2004). As maiores dificuldades na aplicação da teoria de metacomunidades estão na inexistência de fronteiras discretas das comunidades locais (menor escala espacial) e no fato de que organismos de diferentes espécies respondem de formas distintas aos processos envolvidos (*e.g.*, dispersão; LEIBOLD *et al.* 2004, LIVINGSTON e PHILPOTT 2010).

Mecanismos de seleção de espécies (“species-sorting”) desenhados pelas características ambientais podem ser importantes estruturadores da hierarquia de dominância nas comunidades de formigas, incluindo o nível de perturbação (DEBOUT *et al.* 2009). A dominância comportamental aumenta com a diminuição do estresse e do distúrbio (ANDERSEN 2000) e a perturbação antrópica pode simplificar as interações entre plantas, formigas e outros artrópodes (BARBOSA *et al.* 2015).

A composição de formigas pode variar numa paisagem urbana, influenciada pelo nível de estresse ambiental crônico (SAVAGE *et al.* 2015). Em contrapartida, o arranjo de árvores (isolada, em corredor ou em mancha) na paisagem urbana pode ter pouco efeito sobre formigas e outros artrópodes, com alguma influência do tamanho da árvore e efeito significativo da espécie de árvore (YASUDA e KOIKE 2009).

Formigas urbanas começaram a ser estudadas no Brasil a partir da década de 80, principalmente em hospitais, devido ao transporte de microrganismos patogênicos (CAMPOS-FARINHA *et al.* 2002, LUTINSKY *et al.* 2013). Esses insetos também foram estudados em residências (SOARES *et al.* 2006), parques (SOUZA *et al.* 2012) e fragmentos urbanos (DÁTILLO *et al.* 2011), com os mais diversos desenhos amostrais. Apenas um estudo foi realizado com formigas encontradas nas árvores dos passeios públicos, limitadas a quatro espécies vegetais (CORIOLANO *et al.* 2014).

No presente estudo, objetivamos responder se a estrutura do ambiente, representada por características da vegetação componente da arborização urbana, interfere na estrutura da metacomunidade de formigas arborícolas, em diferentes escalas. Testamos as hipóteses de que 1) características de plantas individuais (altura da árvore, volume da sua copa e volume da mancha à qual pertence uma árvore; menor escala espacial) e características da vegetação pública no entorno dessas árvores (densidade de árvores e volume total do dossel de trechos de rua, a conectividade do dossel e a riqueza de plantas nesses trechos; maior escala espacial) têm relação positiva com a riqueza de espécies de formigas arborícolas urbanas e interferem na composição de espécies dessas comunidades; 2) o estresse ambiental crônico da matriz urbana interfere na composição de espécies de formigas; e 3) diferentes padrões de distribuição desta comunidade são percebidos em diferentes escalas espaciais e temporais.



## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo e Unidades Amostrais**

Os dados desta tese foram coletados entre fevereiro de 2015 e março de 2016 na área urbana do município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil (22°12'-22°16'S; 54°44'-54°51'W). Essa área urbana mais que dobrou de 2001 a 2008, ocupando pouco mais de 1% da bacia do rio Dourados (GONÇALVES 2010). O município possui uma área total de 4086 km<sup>2</sup> (IBGE 2015) e área urbana de 205 km<sup>2</sup> (DOURADOS, 2014). O clima apresenta características de verão quente chuvoso e inverno frio e seco e o relevo é plano com suaves ondulações em uma altitude média de 430 m acima do nível do mar (C.O.E.E.S.T/S.E.P.L.A.N.1990).

A coleta de dados ocorreu em trechos de 100 m de rua, de esquina a esquina nos quarteirões da cidade. Todos os trechos (com exceção daqueles menores que 100m) foram numerados a partir de um mapa atual (contabilizando 4142 trechos) e 29 deles sorteados para serem as unidades amostrais usadas nas coletas (Figura 1). O número de trechos foi limitado pelo tempo disponível para coleta e o intervalo de tempo de coleta entre eles variou de zero a 161 dias (média = 13,4 dias) e foi determinado por conveniência, de acordo com a disponibilidade de transporte, material e pessoal.

### **Variáveis Ambientais**

As variáveis ambientais foram separadas em composição de plantas e variáveis do habitat. As plantas consideradas foram árvores e arbustos maiores que 1 m de altura. Para obter um gradiente representativo da composição de espécies de plantas, as amostras foram ordenadas por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) em duas dimensões, considerando-se a matriz de distâncias Bray-Curtis pela proporção de cada espécie vegetal no montante do volume de dossel de cada trecho (razão entre a soma dos volumes individuais de cada espécie e o volume de todo o dossel do trecho), com transformação de Hellinger, para valorizar a variação na forma de distribuição das espécies no gradiente de ordenação.

Dez variáveis do habitat foram usadas para obter um gradiente de variação em sua estrutura, três dessas variáveis relacionadas às árvores individuais onde se deram as coletas de formigas, cinco delas referentes à vegetação do trecho de rua e suas imediações, e outras duas envolvidas com o estresse ambiental desses mesmos trechos. A altura de

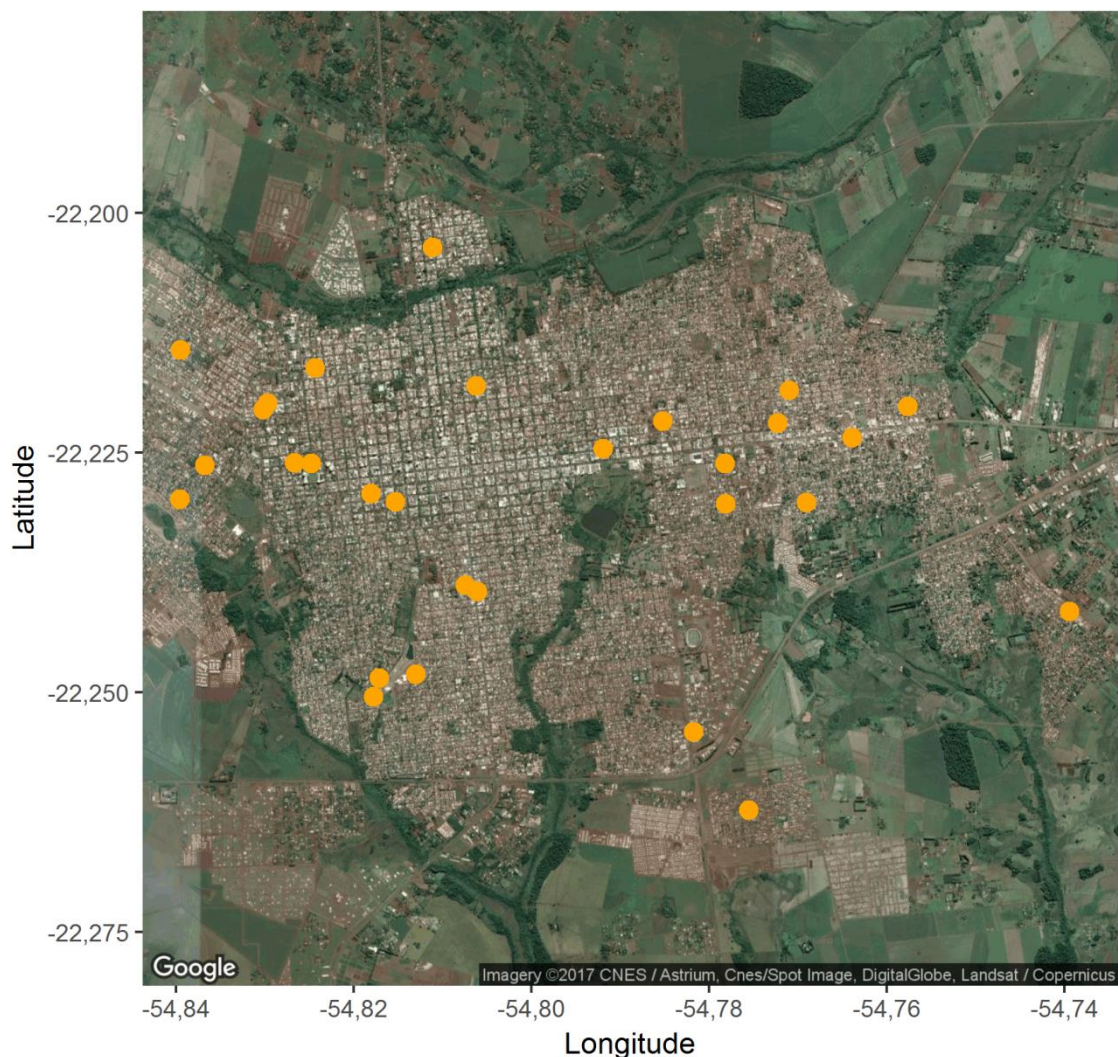


Figura 1. Imagem aérea de Dourados, mostrando a distribuição dos 29 trechos de rua sorteados para amostragem (Fonte: GoogleMaps).

cada planta (ALT.ARVORE) foi tomada para que fosse possível determinar quais indivíduos de cada trecho fariam parte do sorteio para instalação das armadilhas para captura das formigas. Os volumes (em  $m^3$ ) das copas de cada planta (VOL.ARV) foram estimados a partir da observação direta e determinação da forma geométrica mais próxima ao formato de cada copa e da tomada de medidas necessárias ao cálculo do volume da mesma de acordo com a fórmula matemática adequada, a saber: esfera,  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ ; semiesfera,  $\frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ ; cilindro,  $\pi \cdot h \cdot r^2$ ; cone,  $\frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$ ; tronco de cone,  $\frac{\pi \cdot 3 \cdot h \cdot [R^2 + (R \cdot r) + r^2]}{3}$ ; calota esférica (tampa da laranja),  $\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h \cdot [(3 \cdot r^2) + h^2]$ ; e “contra-calota esférica” (laranja sem a tampa),  $(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3) - \{\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h \cdot [(3 \cdot r^2) + h^2]\}$ . Essas medidas também puderam ser usadas para acessar o volume da mancha de dossel da

qual a árvore amostrada fazia parte (pela soma dos volumes individuais de cada planta; VOL.MANCHA).

Para a vegetação de cada trecho de rua, foram registrados o número de plantas (N.PLANTAS), o número de ilhas formadas pelas copas de plantas conectadas (N.ILHAS), o volume total do dossel do trecho (pela soma dos volumes individuais de cada planta; VOL.DOSSEL) e as coberturas vegetais local (CVL) e de vizinhança (CVV). As CVL e CVV foram usadas como substitutas da conectividade do dossel urbano de Dourados. Essas duas medidas foram estimadas a partir da observação de imagens atuais de satélite (obtidas com o software Google Earth). A cobertura vegetal arbustivo-arbórea foi categorizada por uma única pessoa em quatro níveis para o trecho de rua amostrado, sendo 1) de 0 a 25%; 2) de 25,1 a 50%; 3) de 50,1% a 75%; e 4) de 75,1 a 100%. A mesma categorização foi feita para a vizinhança de cada trecho, convencionada como os oito trechos de rua imediatamente ao redor do trecho de amostragem (Figura 2). Esses oito trechos na vizinhança foram categorizados individualmente quanto a sua CVL e a média desses oito valores representou a porcentagem de CVV.



Figura 2. Esquema mostrando os trechos de rua considerados na vizinhança de um trecho de amostragem. Imagem da cidade de Dourados (Fonte: Google Earth).

Além da vegetação, as outras duas variáveis do habitat estimadas foram o estresse ambiental crônico de cada trecho (EAL) e de sua vizinhança (EAV), categorizado em quatro níveis, de acordo com o fluxo de veículos no trecho de rua, sendo 1 o menor fluxo (apenas veículos de residentes do trecho) e 4 o maior (avenidas importantes no centro e nas principais entradas da cidade). A categorização dos trechos foi feita pela percepção e reconhecimento dos trechos de rua por uma única pessoa residente em Dourados a 16 anos (BERTO-JÚNIOR, observação pessoal). Os trechos componentes da vizinhança foram os mesmos descritos acima para cobertura vegetal e o EAV foi considerado o maior nível obtido para qualquer dos oito trechos vizinhos.

Essas dez variáveis de habitat foram reduzidas em dois eixos de ordenação por Análise de Principais Componentes (PCA de correlações). Tais eixos recuperam correlações lineares entre essas variáveis, definindo assim gradientes de variação na estrutura do habitat.

### **Amostragem de Formigas**

Para conhecer as comunidades de formigas arborícolas locais (conjunto de espécies de formigas encontradas nas copas das árvores dos trechos de rua), cada trecho de rua amostrado teve quatro árvores sorteadas e cada uma dessas recebeu uma armadilha de queda amarrada a, pelo menos, 5 m do solo por 48h (metodologia semelhante à descrita por OLIVEIRA-SANTOS *et al.* 2009). Como a armadilha tinha uma isca atrativa (ver descrição a seguir), quatro delas foram consideradas suficientes para amostrar quase que ou totalmente a área do trecho de rua (100 x 20 m), mantendo uma distância de, pelo menos, 10 m entre árvores que receberam armadilhas. A instalação das armadilhas a mais de 5 m de altura teve duas razões, atrair as formigas mesmo que das copas das árvores mais altas e evitar a depredação das mesmas pelas pessoas, por isso, árvores menores que 6 m não entraram no sorteio. Quando o trecho de rua sorteado não tinha quatro árvores maiores que 6 m, um trecho de rua adjacente a este era sorteado entre os possíveis e os mesmos critérios de amostragem eram utilizados até que se conseguisse fazer a amostragem.

Cada armadilha era composta por um recipiente plástico com 12 cm de diâmetro por 8 cm de altura e um copo descartável (3,5 cm de diâmetro por 3,5 cm de altura) fixado com cola quente dentro do recipiente, em seu fundo. Nesse copo era colocada uma porção de isca de sardinha em óleo e mel, na proporção de 1:1. Ao redor do copo



com atrativo foi acrescentada uma solução de detergente a 0,5% (semelhante ao descrito em OLIVEIRA-SANTOS *et al.* 2009). Após as 48 h de exposição das armadilhas, as formigas foram retiradas desse líquido e acondicionadas em frascos plásticos devidamente etiquetados contendo solução de álcool etílico a 80%.

Além da técnica com iscas, a busca ativa de ninhos nas mesmas quatro árvores sorteadas era realizada no momento da fixação das armadilhas e também na sua retirada, 48h depois. A busca era realizada por aproximadamente 5 min e, no caso do encontro de um ninho, algumas formigas eram capturadas próximo a suas entradas com auxílio de pinça e pincel.

Três dos 29 trechos de rua foram amostrados duas vezes em intervalos entre 35 e 130 dias. Os procedimentos foram exatamente os mesmos realizados na primeira amostragem. Esses dados foram usados para gerar curvas de acumulação de espécies para as três situações considerando-se 100 permutações do número de espécies no gradiente exato de acúmulo amostral. Essas curvas foram obtidas com a função *specaccum* do pacote *vegan* (OKSANEN *et al.* 2016) no ambiente de programação R (R Core Team 2017).

Exemplares de formigas de todas as morfoespécies foram montados em via seca e identificadas taxonomicamente pelas chaves de identificação de Bolton (1994) e com auxílio do Dr. Rogério Silvestre (Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados). O material testemunho será depositado na coleção de Entomologia do Museu da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados.

### **Estruturação da comunidade de formigas em armadilhas na primeira coleta**

Gradientes representativos da estrutura espacial da amostragem (padrões em múltiplas escalas na distribuição espacial dos trechos de rua amostrados) foram obtidos por Análise de Coordenadas Principais de Matrizes de Vizinhança (PCNM) para as coordenadas geográficas dos pontos centrais dos trechos de coleta. Para as análises envolvendo variação espacial foram utilizados os três primeiros eixos dessa PCNM que recuperaram a maior parte da variância na estrutura espacial definida pelas distâncias lineares entre amostras (LEGENDRE e LEGENDRE 2012).

Para caracterizar a estrutura da comunidade de formigas, as amostras foram ordenadas por NMDS em uma dimensão para a matriz de distâncias Bray-Curtis pela frequência de ocorrência das espécies. Esses dados sofreram transformação de

Hellinger. Para essa matriz foram estimadas as três métricas dos elementos da estrutura de comunidades: coerência, substituição e agrupamento limite (PRESLEY *et al.* 2010). Essas métricas foram comparadas a modelos nulos mantendo fixas as somas de linhas e colunas em 1000 matrizes aleatórias a fim de definir se a estrutura da comunidade se enquadra em algum padrão idealizado.

A abordagem analítica sugerida por Presley *et al.* (2010), que avalia três elementos (métricas) da estrutura da metacomunidade – coerência, substituição (turnover) e agrupamento limite – foi usada para caracterizar a metacomunidade de formigas arborícolas urbanas de Dourados dentro de uma das estruturas espaciais idealizadas (perfeitas): tabuleiro de xadrez, aninhada, Clementsiana, Gleasoniana, uniformemente espaçada e ao acaso.

Para aumentar a variância recuperada pelo NMDS, ampliamos a ordenação para duas dimensões. Todas essas variáveis (habitat, plantas e espaço) e mais a variação temporal, definida pelas datas de amostragem, foram relacionadas com a comunidade de formigas (NMDS em duas dimensões) em duas abordagens amostrais. Numa delas foram consideradas 29 amostras aleatórias dos dados obtidos em quatro árvores. Isso faz com que em uma mesma amostra existam dados de diferentes locais e datas, minimizando a chance de autocorrelações espaço temporais. Em outra abordagem cada amostra correspondeu aos dados obtidos para o conjunto de quatro árvores de cada trecho, o que permitiu a análise explícita da estrutura espacial e temporal, na relação da comunidade de formigas com a variação em habitat e composição de espécies de plantas.

A estatística de Pearson foi usada para um correlograma de Mantel e avaliar as autocorrelações espaciais em múltiplas escalas nas amostras de formigas. Para testar a hipótese de que a comunidade de formigas está estruturada por essas variáveis, foi usada análise de variância multivariada considerando-se a estatística Pillai (uma aproximação de F para distribuição multivariada). Além disso, para avaliar a estrutura da comunidade de formigas associada às variáveis ambientais (habita e plantas), espaciais e temporais foi usada análise de redundância parcial (RDA). Para testar a significância das parcelas de variância na comunidade de formigas explicadas por essas variáveis foram consideradas 1000 aleatorizações em uma análise de variância.

## RESULTADOS

### Vegetação urbana

Um total de 571 árvores e arbustos foram registrados nas calçadas de 29 trechos de rua. O material vegetal foi identificado com auxílio de manuais de identificação (LORENZI 1992) e ajuda da Dra. Lucinete R. Colombo (Centro Universitário da Grande Dourados). Eles pertenciam a 97 espécies ou morfoespécies de plantas pertencentes a pelo menos 28 famílias. Fabaceae foi a família mais representada, com 14 espécies (Apêndice 1). Três espécies somaram 56,2% do volume de dossel total registrado: sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Dc.) com 25,4%; mangueira (*Mangifera indica* L.) com 19,5%; e oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch) 11,2%. Outras plantas com copas muito volumosas (acima de 4% do total cada e 15,8% juntas) na paisagem urbana foram figueira-benjamim (*Ficus benjamina* L.), os eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) e munguba (*Paquira aquatica* Aubl.). As três espécies de plantas com maior volume de copa também foram as mais frequentes na vegetação de Dourados, com oiti ocorrendo em 27 dos 29 trechos estudados (178 indivíduos; 31,2% dos 571), sibipiruna e mangueira em 17 (75 indivíduos; 13,1%) e 14 trechos (51 indivíduos; 8,9%) respectivamente.

### Diversidade local (alfa)

Registramos 35 espécies (ou morfoespécies) de Formicidae neste estudo, 14 (40%) apenas com armadilhas, cinco (14%) somente por busca ativa de ninhos e 16 (46%) com ambos os métodos (Tabela 1). *Camponotus landolti* foi a mais frequente (29% das ocorrências), presente em 28 dos 29 trechos amostrados. Apesar disso encontramos apenas um ninho dessa espécie. Esse padrão se repetiu para outras espécies frequentes nas armadilhas (e.g., *Dorymyrmex spurius* e *Pheidole megacephala*), para as quais encontramos poucos ninhos (Tabela 1). Por outro lado, como seria de se esperar, a espécie com mais ninhos, *Brachymyrmex* sp1, foi uma das mais frequentes em armadilhas.

A busca direta por colônias de formigas nas árvores aumentou em 18% o número médio de espécies registradas apenas com armadilhas. Em média, 0,86 espécies foram acrescentadas à amostragem com armadilhas de queda nas árvores. Numa segunda amostragem em apenas três dos trechos de ruas amostrados, coletamos

Tabela 1. Frequência absoluta de (morfo)espécies de formigas registradas em armadilhas de queda (A) ou em ninhos (N) nas árvores das calçadas de 29 trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. As siglas referem-se a cada espécie de formigas e são usadas nas figuras a seguir.

<b>Taxa</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>Siglas</b>
<b>Dolichoderinae</b>			
<i>Azteca</i> sp1	1		Az.sp01
<i>Azteca</i> sp2	1	1	Az.sp02
<i>Azteca</i> sp3	1		Az.sp03
<i>Dorymyrmex spurius</i> Santschi, 1929	31	5	Do.spur
<i>Linepithema</i> sp1	3	4	Li.sp01
<i>Linepithema</i> sp2		1	Li.sp02
<i>Linepithema</i> sp3	3		Li.sp03
<i>Linepithema</i> sp4	1		Li.sp04
<i>Tapinoma</i> sp.	1	3	Ta.sp.
Dolichoderinae sp1		1	Doli.01
Dolichoderinae sp2		1	Doli.02
<b>Formicinae</b>			
<i>Brachymyrmex</i> sp1	9	8	Br.sp01
<i>Brachymyrmex</i> sp2	1		Br.sp02
<i>Camponotus arboreus</i> (Smith, F. 1858)		1	Ca.arbo
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, F., 1858)	6		Ca.atri
<i>Camponotus landolti</i> Forel, 1879	62	1	Ca.land
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894	3		Ca.reng
<i>Camponotus</i> sp.		1	Ca.sp.
<i>Paratrechina</i> sp.	1	1	Pa.sp.
Formicinae sp.	1		Form.sp
<b>Myrmicinae</b>			
<i>Cephalotes borgmeieri</i> (Kempf, 1951)	3	5	Ce.borg
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	1	1	Ce.pusi
<i>Cephalotes</i> sp.	2		Ce.sp.
<i>Crematogaster crinosa</i> Mayr, 1862	1	1	Cr.crin
<i>Crematogaster steinheili argentina</i> Forel, 1915	7	1	Cr.stei
<i>Crematogaster thalia</i> Forel, 1911	1		Cr.thal
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	7	1	Mo.flor
<i>Pheidole megacephala</i> (Fabricius, 1793)	11	1	Ph.mega
<i>Solenopsis basalis</i> Forel, 1895	1		So.basa
<b>Ponerinae</b>			
<i>Neoponera villosa</i> (Fabricius, 1804)	2	3	Ne.vill
<b>Pseudomyrmecinae</b>			
<i>Pseudomyrmex acanthobius virgo</i> (Santschi, 1922)	2		Ps.acan
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	6	3	Ps.grac
<i>Pseudomyrmex</i> cf. <i>phyllophilus</i> (Smith, F., 1858)	2	1	Ps.phyl
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, F., 1855)	1		Ps.term
<i>Pseudomyrmex</i> cf. <i>maculatus</i> (Smith, F., 1855)	1		Ps.macu
<b>TOTAIS</b>	<b>173</b>	<b>45</b>	



formigas de sete espécies, duas das quais ainda não havíamos detectado para esta comunidade.

A riqueza de espécies de formigas nas árvores na primeira e segunda coletas com armadilhas e nas observações de ninhos foi representada em curvas de acumulação de espécies por trechos de rua amostrados em cada situação (Figura 3). A sobreposição dos intervalos de confiança gerados por permutação indica riqueza equivalente entre essas situações. Entretanto, projetando essas curvas, a riqueza de espécies de formigas em armadilhas tendeu ser maior do que em busca ativa.

### **Elementos estruturadores de metacomunidades**

Ordenamos as amostras aleatórias de formigas em armadilhas por NMDS em uma dimensão e verificamos que a coerência na matriz de dados (número de ausências embutidas entre amostras) não foi diferente da esperada por acaso ( $p = 0,19$ ) em modelo nulo gerado com 1000 permutações dessa matriz (Figura 4). Se a estrutura de uma metacomunidade não apresenta coerência significativamente diferente do acaso, ela pode ser considerada aleatória, não fazendo sentido seguir com as análises para verificar as outras duas métricas para os elementos da estrutura de comunidades: substituição e agrupamento limite (LEIBOLD e MIKKELSON 2002, PRESLEY *et al.* 2010). Entretanto, isso é feito considerando-se a probabilidade de rejeitar erroneamente a hipótese de nula de não haver diferença, ou seja, não significa que possamos assumir essa hipótese como verdadeira (DALLAS 2014).

Portanto, para investigar se esse padrão aleatório foi inerente à comunidade ou está relacionado a variáveis externas, vamos incluí-las explicitamente nos modelos de análise a seguir. Primeiro, para aumentar a variância recuperada da estrutura dessa comunidade, ampliamos a ordenação das amostras aleatórias para duas dimensões a partir da mesma matriz de distâncias Bray-Curtis considerando-se os dados de frequência de ocorrência com transformação de Hellinger (Figura 5).

Ordenamos essas mesmas amostras aleatórias pelas médias das variáveis do habitat e dos volumes de copas das espécies de árvores. Para caracterizar a variação em estrutura do habitat, reduzimos as 10 variáveis aos dois primeiros eixos de uma PCA de correlações (Figura 6). Já a variação em composição de espécies de árvores, acessamos pela ordenação das amostras em duas dimensões por NMDS, a partir da matriz de distâncias Bray-Curtis entre amostras de volume de dossel com transformação de Hellinger (Figura 7).

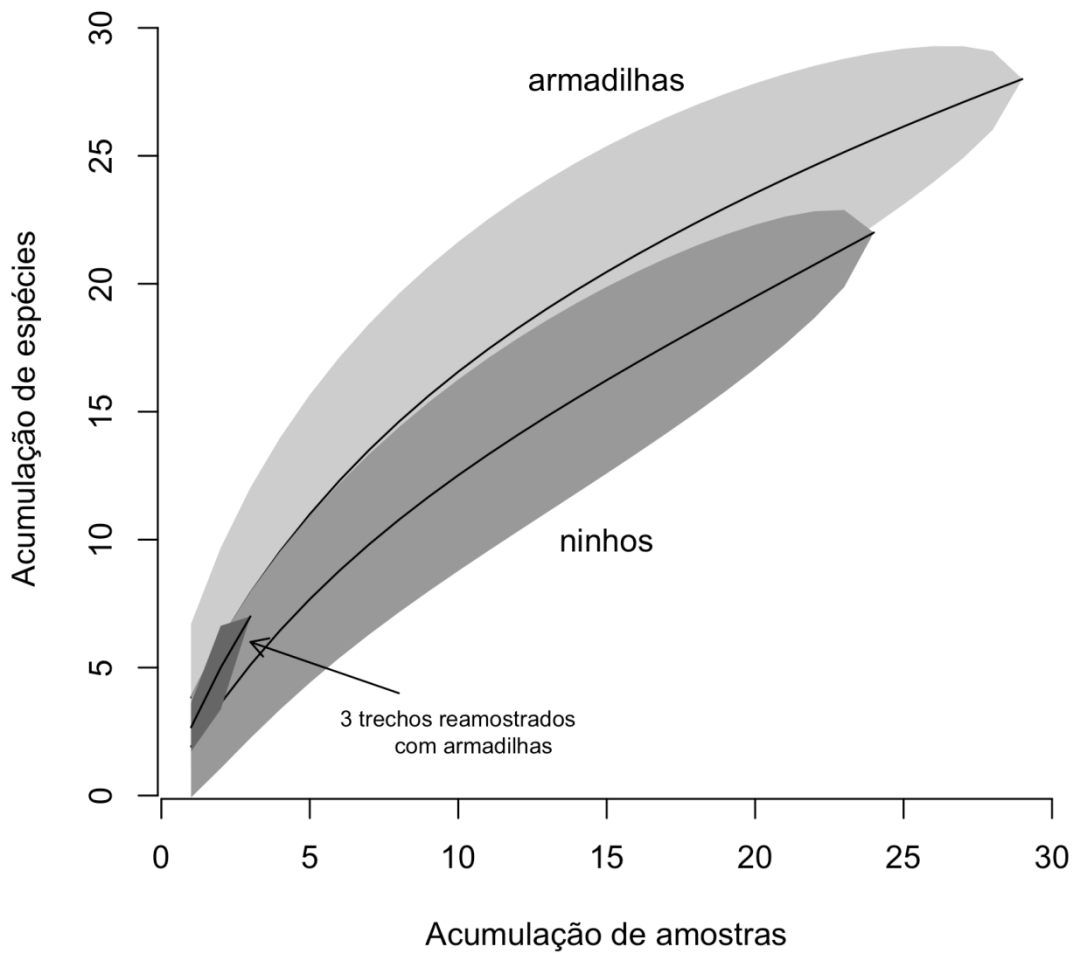


Figura 3. Curvas de acumulação de espécies de formigas em árvores de 29 trechos de ruas amostrados com armadilhas ou por busca ativa de ninhos. A seta indica a curva de acumulação considerando-se uma segunda amostragem com armadilhas em três trechos de rua. Os polígonos em escala de cinza indicam os intervalos de confiança das estimativas da riqueza de espécies (100 permutações).

## Amostras (n = 29)

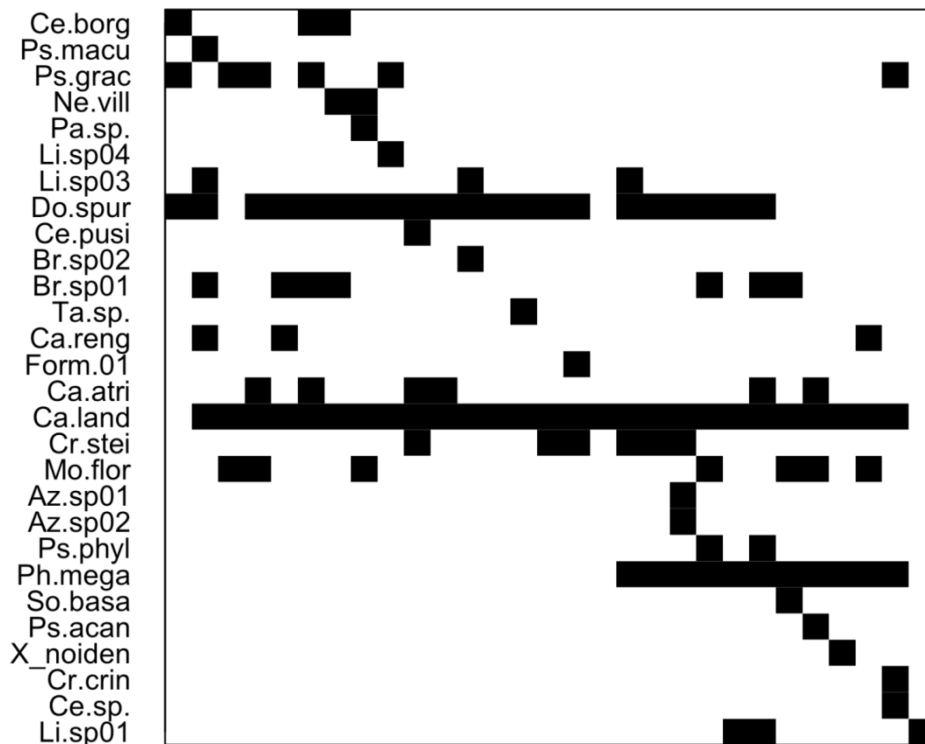


Figura 4. Matriz de incidência de espécies de formigas nas armadilhas em amostras aleatórias ordenadas por escalonamento multidimensional não métrico em uma dimensão ( $R^2$  não métrico = 0,94 entre a matriz de distâncias Bray-Curtis para os dados de frequência de ocorrência com transformação de Hellinger e a matriz de distâncias entre essas amostras na ordenação). A designação completa das espécies (ou morfoespécies) pode ser acessada na Tabela 1.

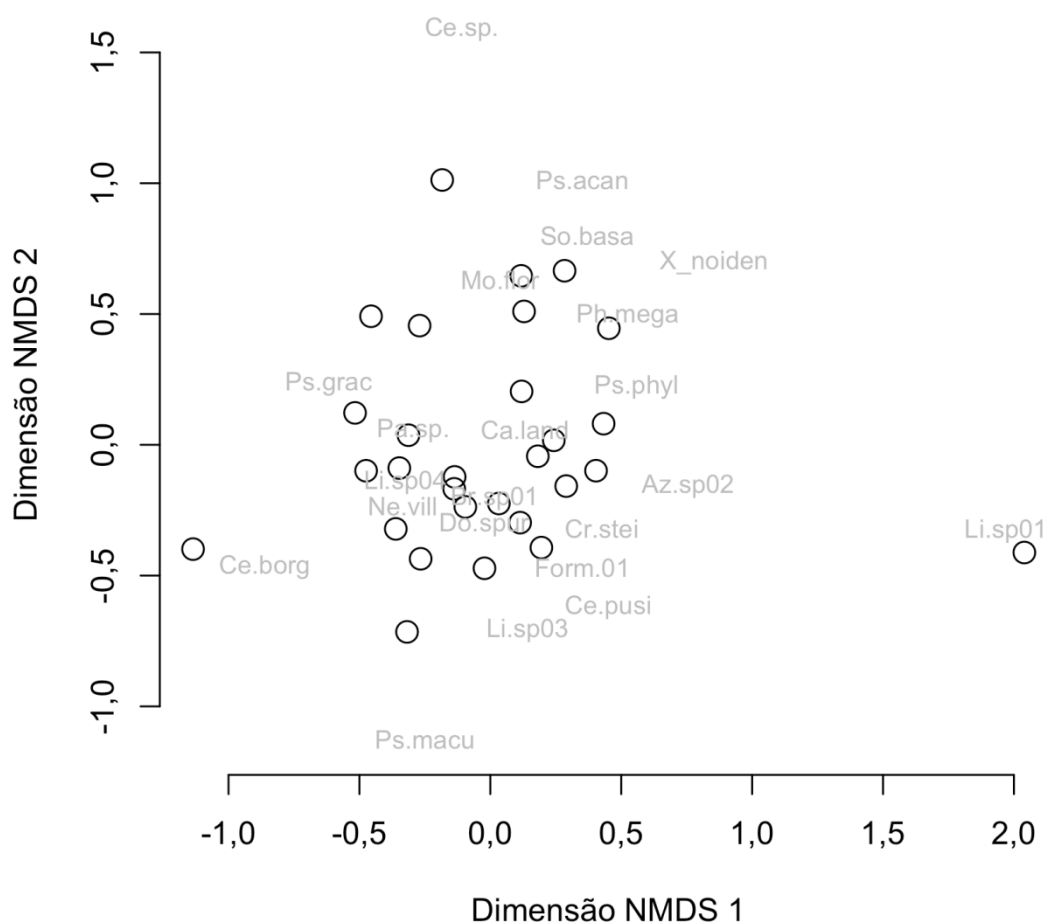


Figura 5. Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) em duas dimensões ( $R^2$  não métrico = 0,97 entre a matriz de distâncias Bray-Curtis para os dados de frequência de ocorrência com transformação de Hellinger e a matriz de distâncias finais obtida na ordenação) de amostras aleatórias da composição de espécies de formigas capturadas em armadilhas de queda em árvores de 29 trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. As siglas representam as espécies (ou morfoespécies) de formigas mais frequentes nas amostras (designação dessas siglas na Tabela 1).

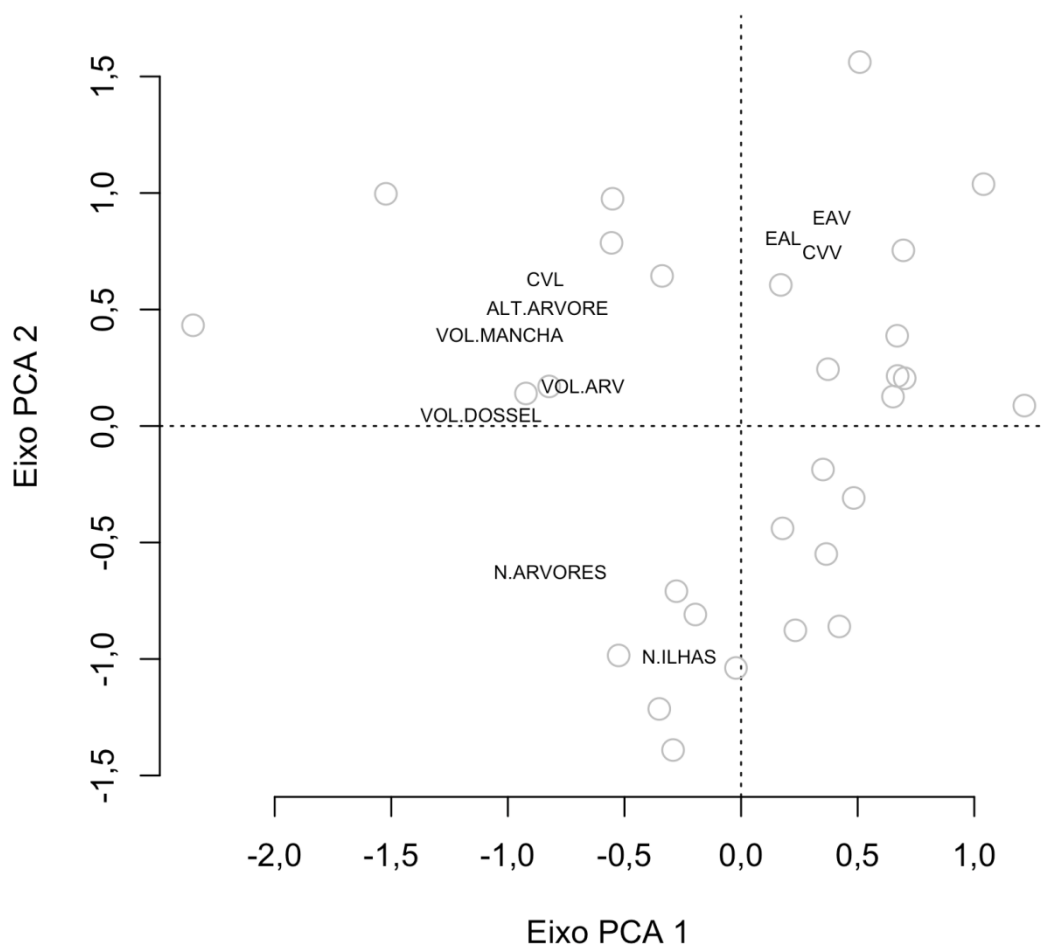


Figura 6. Ordenação de amostras aleatórias de 10 variáveis do habitat de formigas arborícolas por análise de componentes principais (PCA de correlações), em trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul (56% de variância recuperada com os dois eixos). As siglas indicam as correlações das variáveis com os eixos da PCA. N.ARVORES: número médio de árvores; N.ILHAS: número médio de ilhas de copas de árvores; ALT.ARVORE: altura média de árvores amostrais; VOL.DOSSEL: volume médio de dossel; VOL.ARV: volume médio de copas de árvores amostrais; VOL.MANCHA: volume médio de manchas de dossel das quais as árvores amostrais fazem parte; EAL: média de estresse ambiental local; EAV: média de estresse ambiental de vizinhança; CVL: média de cobertura vegetal local; CVV: média de cobertura vegetal da vizinhança.

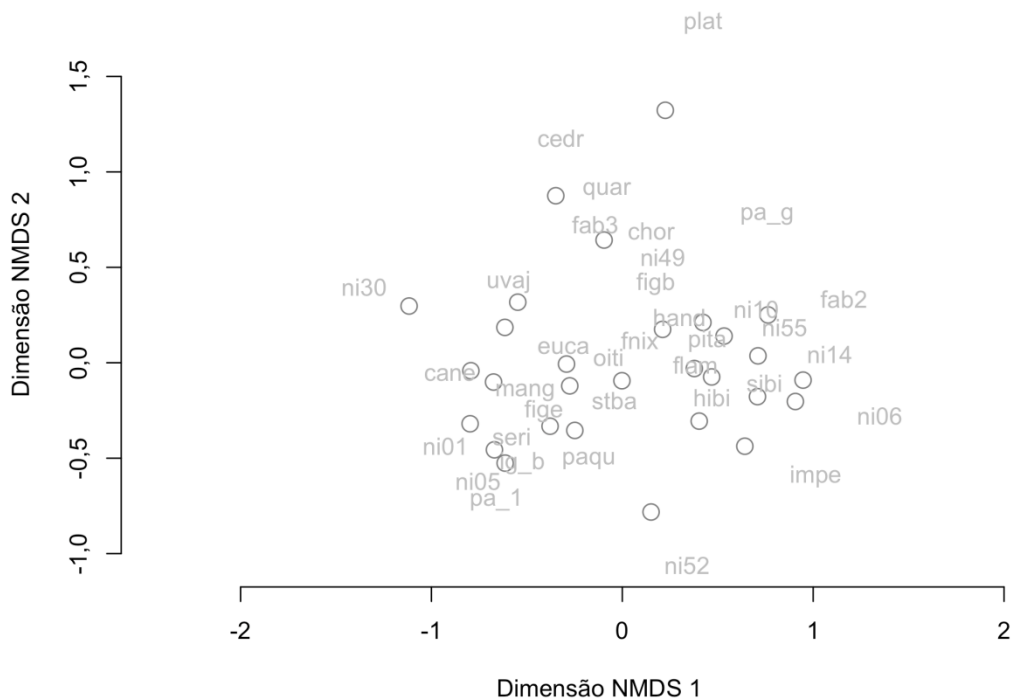


Figura 7. Ordenação por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) em duas dimensões ( $R^2$  não métrico = 0,97) das amostras aleatórias de volume de dossel por espécies de árvores em trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. As siglas indicam as correlações das espécies mais frequentes com o plano de ordenação e suas designações podem ser acessadas no apêndice desta tese.

Considerando-se a estrutura do habitat (eixos da PCA) e a composição de espécies de árvores (dimensões NMDS), notamos que o principal padrão definido pelas variáveis do habitat (primeiro eixo da PCA) teve a menor correlação com o plano de ordenação das amostras de formigas (Figura 8). De qualquer forma, uma análise de variância multivariada (MANOVA considerando-se a estatística Pillai) revelou que a comunidade de formigas não está significativamente estruturada nem pelo habitat (PC1: Pillai = 0,02 e  $p = 0,77$ ; PC2: Pillai = 0,07 e  $p = 0,46$ ), nem pela comunidade de árvores (NMDS 1: Pillai = 0,13 e  $p = 0,19$ ; NMDS 2: Pillai = 0,06 e  $p = 0,49$ ).

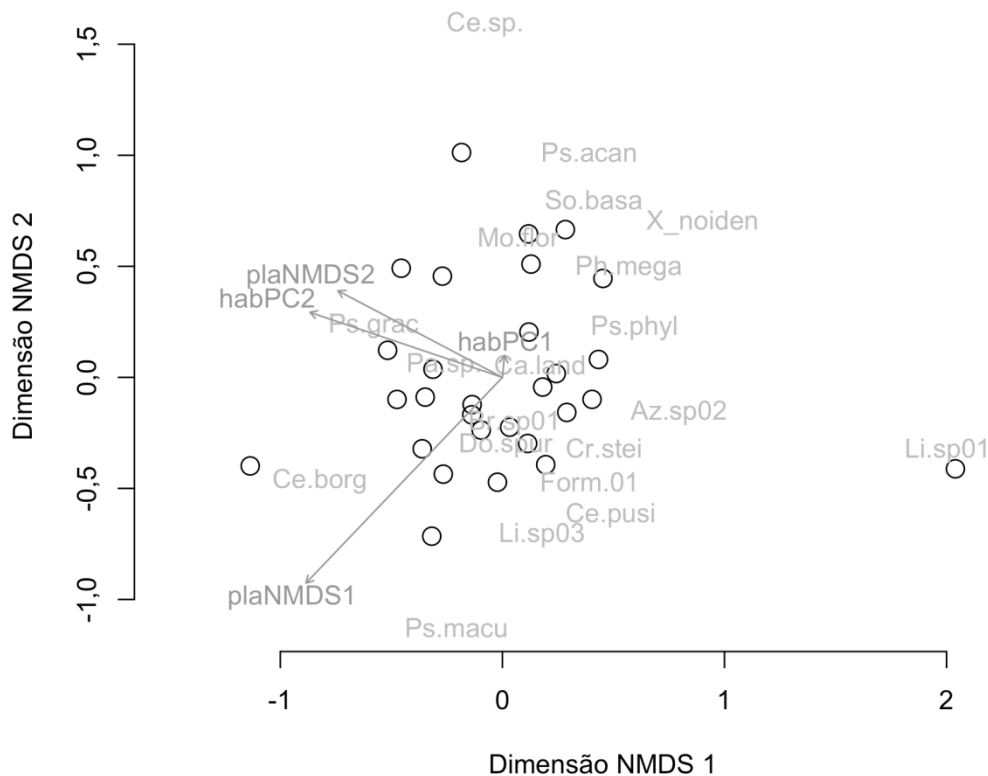


Figura 8. Ordenação (NMDS) em duas dimensões de 29 amostras aleatórias de formigas arborícolas capturadas em armadilhas de queda em trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. As setas indicam as correlações com a estrutura do habitat (reduzida por análise de componentes principais: habPC1 e habPC2) e com a composição de árvores (acessada por escalonamento multidimensional não métrico: plaNMDS1 e plaNMDS2). As demais siglas indicam as correlações das espécies de formigas mais frequentes com o plano da ordenação (ver Tabela 1 para designação das siglas).

As parcelas de variância na comunidade de formigas explicadas pelo habitat ou pela comunidade de árvores foram insignificantes (análise de variância com 1000 permutações:  $F = 0,7$  e  $1,1$ ;  $p = 0,9$  e  $0,3$ , respectivamente para habitat e árvores) em uma análise de redundância parcial (Figura 9). Praticamente toda variância neste modelo foi residual e a RDA parcial recuperou 70% dessa variância nos dois primeiros eixos que resumem a estrutura da comunidade de formigas.

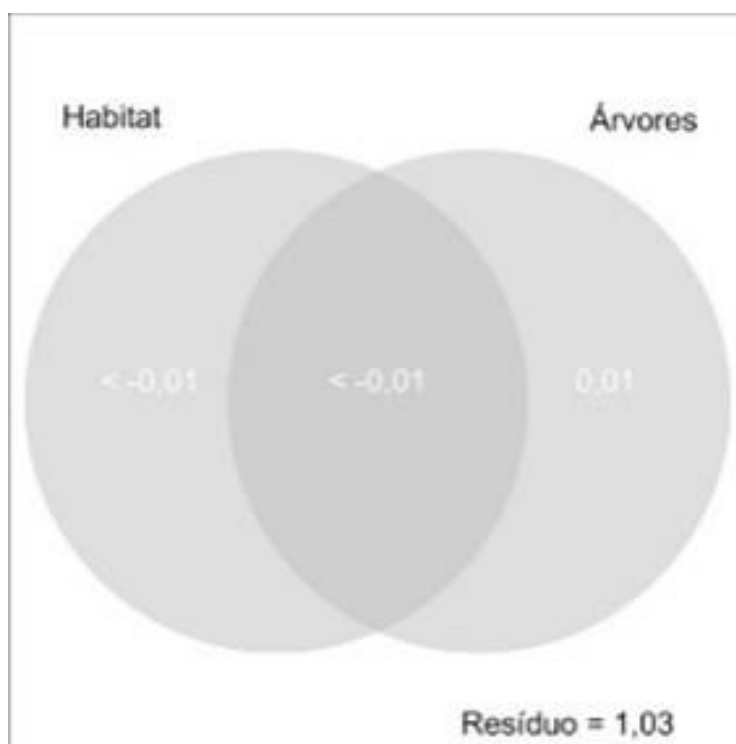
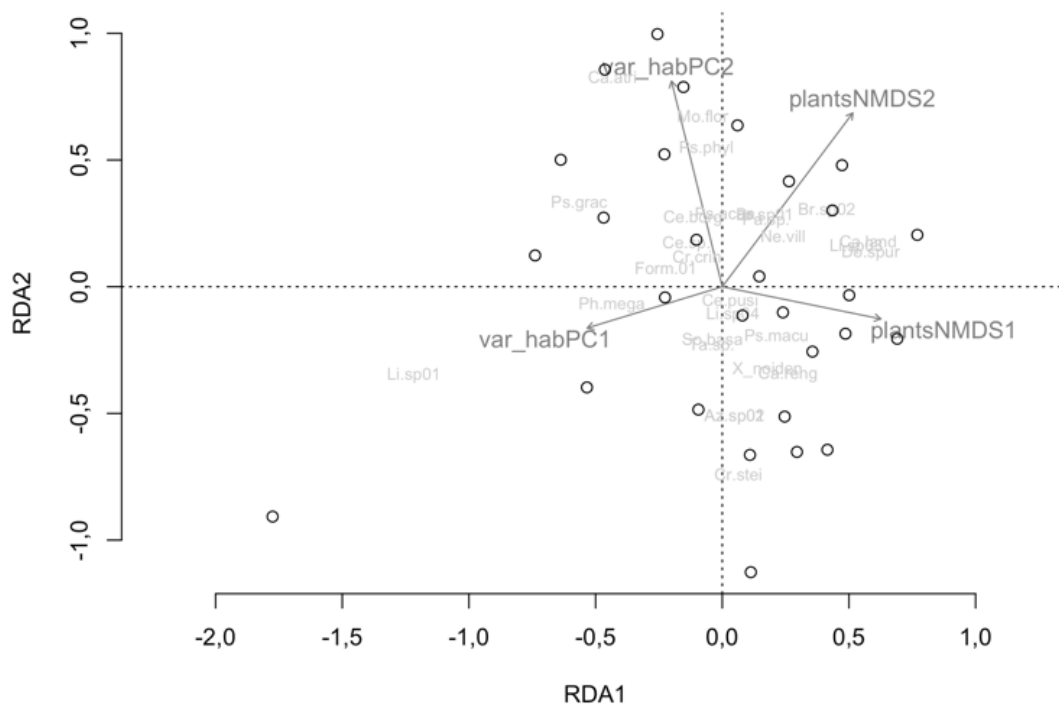


Figura 9. Acima, ordenação das amostras aleatórias de formigas arborícolas por análise de redundância (RDA parcial) com a estrutura do habitat (recuperada por PCA) e a comunidade de árvores (recuperada por NMDS). As siglas em cinza mais claro indicam as correlações das espécies (ou morfoespécies) com o plano da ordenação (ver Tabela 1 para a designação dessas siglas). Abaixo, diagrama de Venn representando a partição de variância na comunidade de formigas definida pela RDA parcial (valores de  $R^2$  ajustados conforme Peres-Neto et al., 2006).



Adotamos outra abordagem para avaliar a organização da comunidade de formigas arborícolas em relação a variações no espaço e no tempo em associação a variáveis do habitat e da comunidade de árvores. Nesse caso, cada unidade amostral correspondeu ao conjunto de armadilhas por trecho de rua amostrado (27 trechos com quatro armadilhas e dois com três). As correlações de Mantel em múltiplas escalas não revelaram qualquer padrão de estruturação espacial da comunidade de formigas (Figura 10).

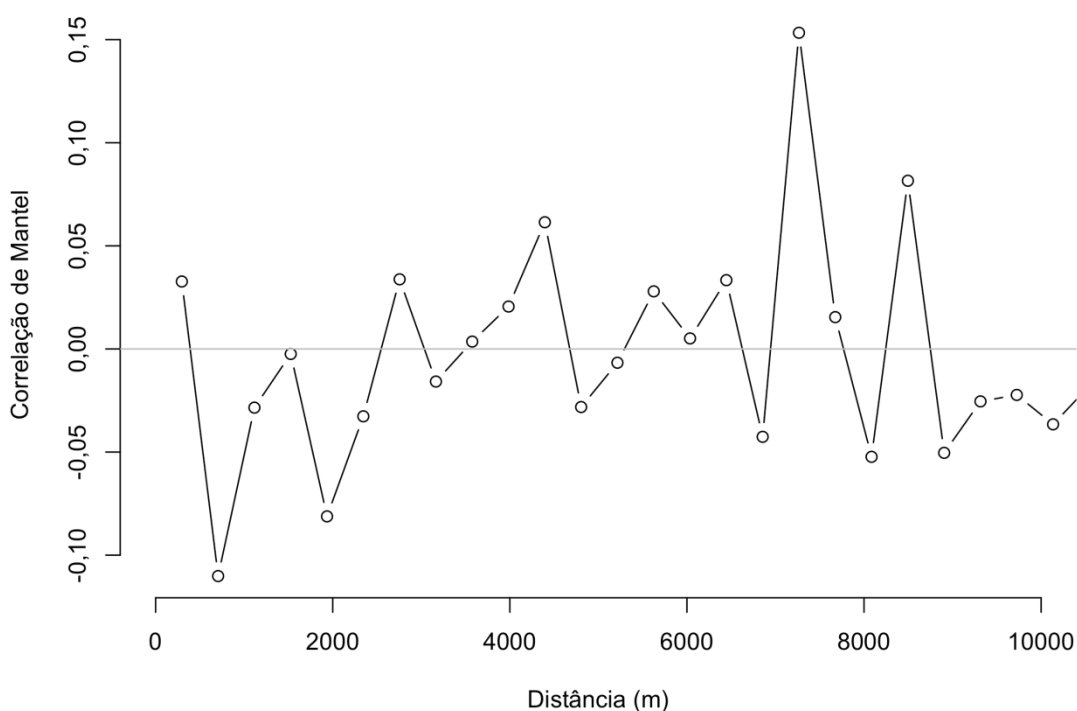


Figura 10. Correlograma de Mantel com 26 classes de distância para a comunidade de formigas arborícolas no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Ordenamos a matriz de incidência das espécies de formigas nos trechos de coleta pelo escores de NMDS em uma dimensão a partir da matriz de distâncias Bray-Curtis pela frequência de ocorrência (com transformação de Hellinger) de formigas arborícolas em armadilhas de queda (Figura 11). A coerência nessa matriz de incidência não foi diferente da esperada por acaso ( $p = 0,49$ ) em modelo nulo gerado com 1000 permutações dessa matriz.

## Trechos (n = 29)

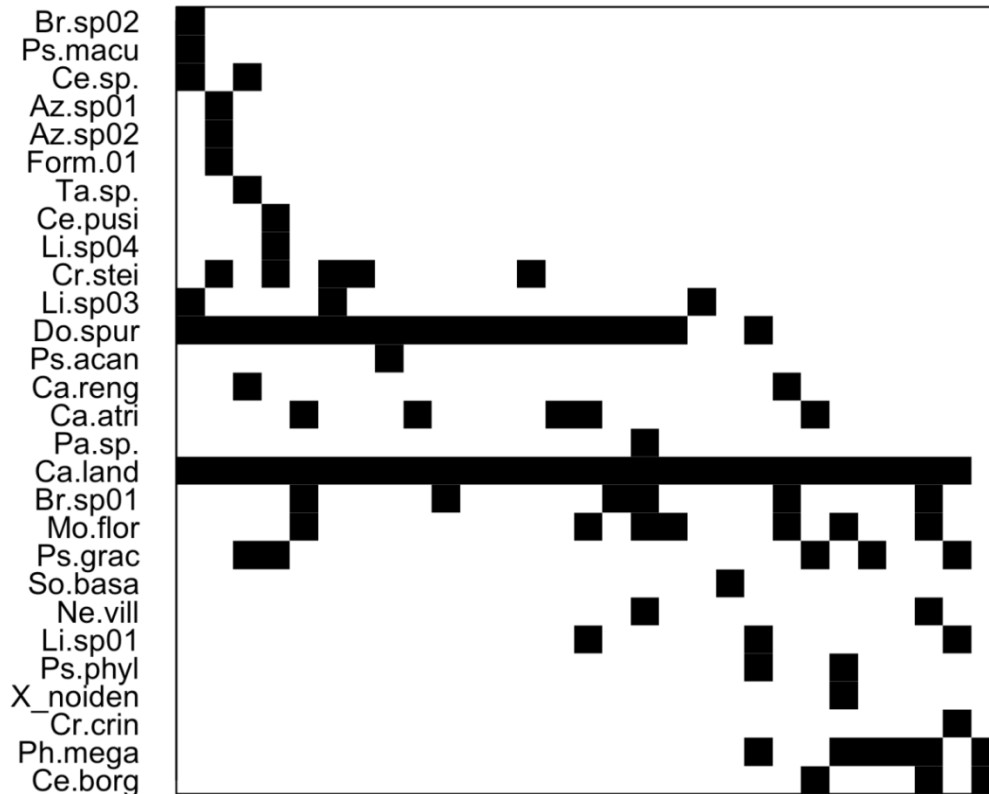


Figura 11. Matriz de incidência de espécies de formigas arborícolas em 29 trechos de rua no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. Trechos ordenados por escalonamento multidimensional não métrico em uma dimensão ( $R^2$  não métrico = 0,9 entre a matriz de distâncias Bray-Curtis para os dados de frequência de ocorrência com transformação de Hellinger e a matriz de distâncias entre essas amostras na ordenação). A designação completa das espécies (ou morfoespécies) pode ser acessada na Tabela 1.

Assim como na abordagem com amostras aleatórias, para aumentar a variância recuperada da estrutura dessa comunidade, ampliamos a ordenação dos trechos para duas dimensões ( $R^2$  não métrico = 0,97) a partir da matriz de distâncias Bray-Curtis para os dados de frequência de ocorrência com transformação de Hellinger (Figura 12). Ao longo da primeira dimensão desse plano de ordenação, a frequência de ocorrência das espécies *Pseudomyrmex* cf. *maculatus* e *Brachymyrmex* sp2 diminuiu, contrastando com a frequência de *Cephalotes borgmeieri* e *Pheidole megacephala*. Já ao longo da segunda dimensão, a frequência de *Crematogaster crinosa* contrastou com a frequência das cinco espécies mais positivamente correlacionadas com essa dimensão.

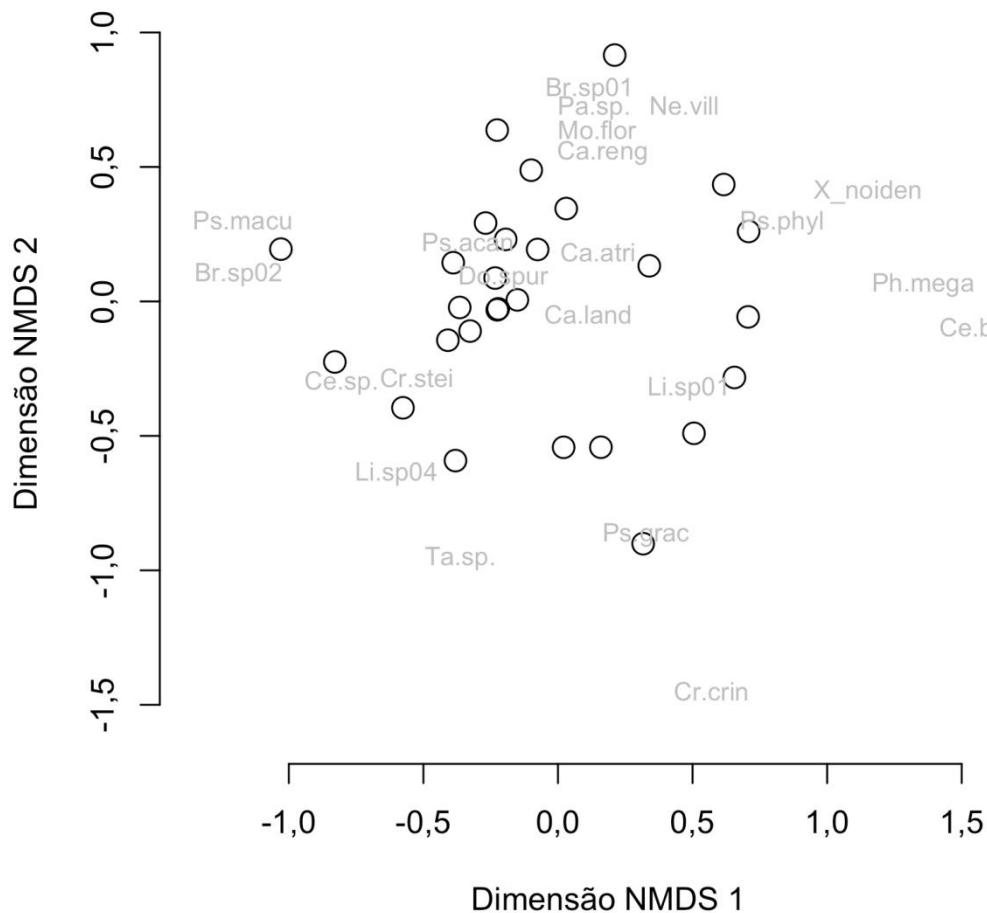


Figura 12. Ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico de 29 trechos de rua com amostras de formigas em árvores no perímetro urbano de Dourados, Mato Grosso do Sul. As siglas indicam as correlações das espécies de formigas mais frequentes com o plano da ordenação (ver Tabela 1 para designação das siglas).

Novamente, como fizemos na abordagem anterior, ordenamos amostras (neste caso, equivalentes aos trechos de rua amostrados) pelas variáveis do habitat e pelo volume de dossel das espécies de árvores. Para caracterizar a variação em estrutura do habitat, reduzimos 10 variáveis aos dois primeiros eixos de uma PCA de correlações que explicaram cerca de 71% da variância. Recuperamos a variação em composição de espécies de árvores pela ordenação dos trechos de coleta por NMDS em duas dimensões ( $R^2$  não métrico = 0,97), a partir da matriz de distâncias Bray-Curtis entre amostras de volume de dossel com transformação de Hellinger. Além disso, para caracterizar a

estruturação espacial da amostragem, usamos os três primeiros eixos de uma PCNM pelas coordenadas do centro de cada trecho de rua amostrado.

As parcelas de variância na comunidade de formigas explicadas pelo habitat, comunidade de árvores, espaço e tempo (correspondente à variação entre datas de coleta) foram insignificantes (Tabela 2) em uma análise de redundância parcial (Figura 13). Praticamente toda variância neste modelo foi residual e a RDA parcial recuperou 57% dessa variância nos dois primeiros eixos.

Tabela 2. Resultados da análise de variância com 1000 permutações para os efeitos aditivos do habitat (recuperada por PCA), comunidade de árvores (recuperada por NMDS), espaço (recuperado por PCNM) e tempo (datas de coleta) sobre a composição de espécies de formigas arborícolas urbanas (reduzida por uma RDA parcial desses efeitos).

Fonte de variação	Gl	Variância	F	P
PCA 1	1	0,017	0,95	0,49
PCA 2	1	0,021	1,19	0,25
NMDS 1	1	0,009	0,50	0,95
NMDS 2	1	0,025	1,40	0,16
PCNM 1	1	0,023	1,27	0,21
PCNM 2	1	0,014	0,78	0,70
PCNM 3	1	0,017	0,97	0,46
dias1 (tempo)	1	0,012	0,68	0,81

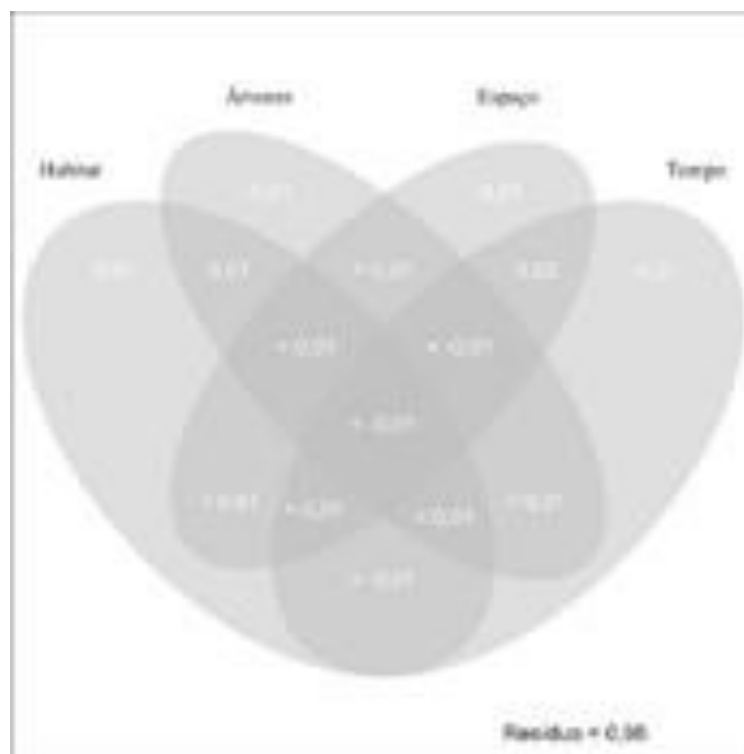
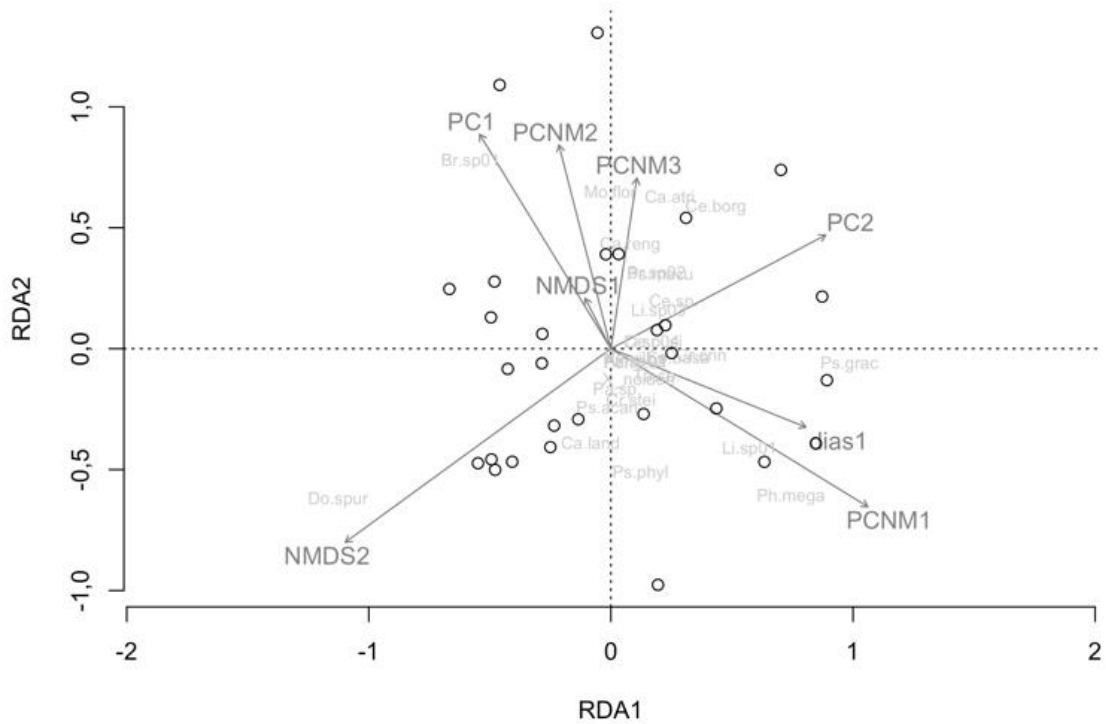


Figura 13. Acima, ordenação de trechos de rua amostrados quanto à frequência de ocorrência de formigas arborícolas por análise de redundância (RDA parcial) com a estrutura do habitat (recuperada por PCA), comunidade de árvores (recuperada por NMDS), estrutura espacial da amostragem (eixos PCNM) e datas de coleta (dias1). As siglas em cinza mais claro indicam as correlações das espécies (ou morfoespécies) com o plano de ordenação (ver apêndice para a designação dessas siglas). Abaixo, diagrama de Venn representando a partição de variância na comunidade de formigas definida pela RDA parcial (valores de  $R^2$  ajustados conforme Peres-Neto et al., 2006).

## DISCUSSÃO

As hipóteses testadas neste estudo foram todas refutadas, pois a comunidade de formigas arborícolas urbanas de Dourados, MS, não responde à estrutura do habitat ou à composição de árvores e arbustos dos trechos de rua amostrados. No entanto, metade dos taxa de formigas registrados nesta cidade coincidiram com os achados em oito pesquisas recentes feitas em cidades no Brasil, apesar de cinco delas amostrarem formigas no solo (exceto aqueles realizados em ambiente hospitalar; SOARES *et al.* 2006, KAMURA *et al.* 2007, RODRIGUES *et al.* 2008, DÁTILLO *et al.* 2011, SOUZA *et al.* 2012, LUTINSKY *et al.* 2013, CORIOLANO *et al.* 2014, SANTOS-SILVA *et al.* 2016).

Dos oito estudos brasileiros citados acima, sete tiveram espécies e gêneros em comum com nossos registros e um deles (KAMURA *et al.* 2007) apenas gêneros (média = 9,6 taxa em comum). Das dezenove espécies que puderam ser identificadas neste estudo, sete não foram encontradas pelos outros autores nas cidades brasileiras amostradas, inclusive *Camponotus landolti*, a formiga mais comum nas nossas amostragens. Esta espécie foi amostrada quase que exclusivamente em armadilhas (um único ninho encontrado entre os 63 registros da espécie), que foram instaladas nas árvores entre 5 e 7 m de altura do solo, intervalo em que seus ninhos foram procurados. É possível que esta espécie esteve presente em ninhos nas árvores a uma altura superior a 7 m, por isso não foram encontrados. Isso pode explicar também porque essa espécie de formiga comum em Dourados não foi encontrada nos estudos levantados. Rodrigues *et al.* (2008), Lutinsky *et al.* (2013) e Coriolano *et al.* (2014) amostraram formigas na vegetação, mas usaram iscas atrativas no máximo a 2 m de altura do solo. Esses autores ainda coletaram formicídeos por uma ou duas horas durante o dia, enquanto nossas armadilhas ficaram no campo por 48h, atraindo formigas diurnas e noturnas. Não encontramos a informação sobre o período de atividade de *C. landolti*.

*Paratrechina longicornis* foi registrada em sete das oito bibliografias levantadas, sugerindo que esta espécie é muito comum nas cidades brasileiras e pode ser encontrada no solo e na vegetação de residências, parques e fragmentos urbanos. É muito provável que esta espécie possa ser encontrada nas árvores de Dourados e um maior esforço de coleta poderia incluí-la na mirmecofauna levantada por nós. *Wasmannia auropunctata* e espécies de *Atta* e *Odontomachus*, não registradas em Dourados, foram encontradas em cinco, quatro e cinco dos oito levantamentos, respectivamente. Importante destacar que

este estudo relatou o primeiro registro de captura de *Neoponera villosa* em armadilha de queda arbórea (Disponível em <http://www.antweb.org>. Acesso em 01/02/2017).

Os métodos amostrais utilizados pelos mirmecólogos incluem mais de uma técnica de coleta no mesmo local porque formigas habitam diferentes nichos em um mesmo habitat. A constatação direta da presença de colônias de formigas nas árvores dos passeios públicos de Dourados aumentou a quantidade de informações obtidas apenas pelas armadilhas. Em média, quase uma (0,86) espécie nova por trecho foi incrementada com os registros de formigas em ninhos das árvores, aumentando a riqueza local. Como não foram encontradas muitas espécies por trecho (média = 4,83; N máximo = 8), esse aumento representou 18% mais espécies de formigas por localidade. No entanto, mais de 85% dos taxa de formigas encontrados nas árvores dos trechos de ruas de Dourados foram atraídos pelas armadilhas com isca de mel e sardinha em óleo, mesmo nas localidades onde ninhos dessas mesmas espécies não foram encontrados pela busca ativa. O armadilhamento com isca poderia ser usado sozinho numa avaliação rápida da mirmecofauna arborícola em outros tipos de ambiente, relacionada ao manejo florestal, por exemplo. Porém, num estudo mais detalhado na busca de padrões ecológicos de toda a assembleia de formigas, os dois métodos são complementares e é recomendável que sejam associados.

A densidade (número) de árvores nos trechos de rua de Dourados, o volume da copa da árvore amostrada, o volume do dossel do trecho e a cobertura vegetal local eram esperados que influenciassem a riqueza de espécies de formigas arborícolas. Os ramos, galhos e folhas representam sítios de forrageamento e nidificação e, em maior quantidade, poderiam suportar uma fauna mais diversa de formigas. Em ambientes naturais preservados como florestas e savanas (cerrado), formigas responderam positivamente à densidade e idade (tamanho) das árvores e à disponibilidade de sítios de nidificação (SCHULZ e WAGNER 2002, RIBAS *et al.* 2003, CAMPOS *et al.* 2008).

O efeito da cobertura vegetal pode ser negativo sobre a riqueza de espécies de formigas em formações vegetais abertas como o candeial do estado de Minas Gerais, onde a maioria das espécies de formigas está adaptada a altas temperaturas e luminosidade (QUEIROZ e RIBAS 2016). Nesses locais, poucas espécies estão adaptadas a áreas sombreadas e com menor temperatura, por isso a relação negativa entre cobertura vegetal e formigas foi evidente.

A altura das plantas pode ser uma variável fortemente relacionada com diâmetro do tronco, altura e volume da copa e número de bifurcações. A partição vertical de

recursos é esperada entre a fauna de diferentes estratos vegetais. No entanto, alguns estudos com formigas arbóreas têm mostrado que a altura das árvores tem uma relação positiva com a riqueza de espécies, mas não com a composição, seja em uma única espécie de planta ou na vegetação arbustivo-arbórea independente da espécie (CAMPOS *et al.* 2006, 2008). Esses estudos têm mostrado que a fauna de formigas no estrato arbustivo é um subconjunto da fauna do estrato arbóreo. Essa relação positiva entre altura da planta e a comunidade de formigas urbanas de Dourados não foi observada. Uma explicação plausível é a frequência com que as árvores dos passeios públicos são podadas, por motivos estéticos ou de segurança. A poda é um fator estocástico importante no ambiente urbano, que mantém muitas das árvores baixas, apesar de sua idade ou volume da copa, desfazendo a relação positiva entre altura/volume da copa/diâmetro do tronco.

Metade dos indivíduos de formigas forrageando em uma árvore em floresta tropical pertence a espécies que não nidificam naquela árvore, mas em árvores vizinhas (KLIMES *et al.* 2015), por isso a conectividade do dossel é importante no deslocamento de animais não voadores como formigas. A conexão entre as áreas verdes urbanas é condição para a ocorrência de organismos com pequena habilidade de dispersão (NIEMELÄ 1999) e importante nos processos de colonização e extinção, que podem influenciar mais a composição do que a riqueza de espécies (BANKS-LEITE *et al.* 2012). No entanto, as características locais condicionadas pelo manejo do ambiente urbano podem influenciar o estabelecimento de indivíduos dispersantes, alterando os efeitos da conectividade (BRUDGIV 2016). Talvez por isso nossos dados não mostrem essa relação entre conectividade de habitat (número de manchas de um trecho de rua, volume da mancha de dossel da qual a árvore amostral fazia parte, cobertura vegetal local e de vizinhança) e composição ou riqueza de espécies de formigas. O modo como a conectividade exerce influência sobre as comunidades biológicas ainda é tema de discussão na literatura (BRUDGIV 2016).

Formigas arbóreas dominantes podem ser atraídas para certas espécies de plantas mais do que outras (DEJEAN *et al.* 2003) e antes do tamanho ou do arranjo de árvores num ambiente urbano (isolada, em corredor ou em mancha), a espécie de árvore pode ter mais influência sobre formigas e outros artrópodes (YASUDA e KOIKE 2009). Yasuda e Koike (2009) chegam a sugerir que a seleção das espécies de árvores que compõem a vegetação arbórea pública urbana deve levar em consideração a atração de



um grande número de taxa de artrópodes, de forma a aumentar a diversidade desses organismos na paisagem urbana.

Nota-se que algumas espécies vegetais são numerosas, muito frequentes e somaram um dossel volumoso na paisagem urbana de Dourados (e.g. sibipiruna). Outras espécies, de grande porte, muito usadas na arborização no passado, passaram a ser substituídas por outras espécies menores e tornaram-se pouco numerosas e pouco frequentes, mas os indivíduos ainda presentes possuem volume de dossel acumulado relativamente grande (e.g. espécies de eucaliptos). *Licania tomentosa* (oiti) é uma espécie de planta que tem sido introduzida na arborização urbana brasileira nas últimas décadas (MONTEIRO *et al.* 2012), por ser uma espécie mais adequada ao manejo e conservação de estruturas urbanas. A predominância numérica desta espécie (quase um terço dos indivíduos) e sua presença em quase todos os trechos mostram a preferência da população urbana e da administração pública desta cidade pelo oiti. No entanto, a história recente dessa substituição arbórea faz com que a maioria dos indivíduos seja pequena e a contribuição dessa espécie para o volume total de dossel seja de pouco mais de 11%.

Apesar da alta riqueza de plantas encontradas como componentes da vegetação urbana desta cidade (67 taxa de plantas, pertencentes a 28 famílias, mais 30 exemplares não identificados), a heterogeneidade ambiental que elas representaram neste estudo não influenciou a composição de espécies de formigas encontradas nelas. Powell *et al.* (2011) fizeram seus experimentos em *Caryocar brasiliensis* e observaram que a diversidade de cavidades (tamanho da entrada) para nidificação tem efeito positivo sobre a coexistência de espécies de formigas arborícolas. Eles sugeriram que, com mais espécies de plantas envolvidas, a resposta do número de espécies de formigas seria mais evidente. Esperava-se que uma maior riqueza de espécies de árvores numa localidade (trecho de rua de Dourados) promoveria uma maior diversidade de sítios de nidificação, permitindo a coexistência de um maior número de espécies de formigas pelo processo de diferenciação de nicho (SCHULZ e WAGNER 2002, POWELL *et al.* 2011), o que nossos dados não revelaram. Mesmo não alterando a diversidade, a heterogeneidade de habitat poderia alterar as proporções relativas das espécies das comunidades locais em ambientes muito diferentes (CRAMER e WILLIG 2005), mas isso também não ficou evidente neste estudo.

Em uma paisagem urbana, a composição de espécies de formigas pode variar entre tipos de ambientes ou entre amostras de um mesmo tipo, influenciada pelo nível

de estresse ambiental crônico (SAVAGE *et al.* 2015). Criamos um índice de estresse ambiental, baseado no fluxo de veículo nos trechos de rua amostrados neste estudo. Esse índice, usado em nível local e regional (na vizinhança do trecho), não descreveu a comunidade de formigas arbóreas. Outras medidas de estresse antrópico podem mostrar-se mais eficientes como descritores das comunidades de artrópodes arborícolas, como a frequência e a intensidade de poda de árvores urbanas.

Presley *et al.* (2010) sugerem que a maioria das metacomunidades avaliadas experimentalmente pelo método de análise dos três elementos da estrutura da comunidade (coerência, substituição e agrupamento limite), proposto anteriormente por Leibold e Mikkelsen (2002), apresentam coerência espacial. Não foi o caso das comunidades de formigas arbóreas dos passeios públicos de Dourados, nem para a escala mais fina das árvores, nem para a meso-escala dos trechos urbanos.

Organismos com maior área de vida e alta mobilidade tendem a ser mais afetados por mecanismos que atuam numa escala mais ampla (CONCEPCIÓN *et al.* 2015). O entendimento dos processos ecológicos que atuam em diferentes escalas na determinação de padrões de diversidade de diferentes organismos tem sido acessado em vários ambientes, no entanto poucos estudos abordam essa questão em relação aos impactos da urbanização sobre a diversidade (CONCEPCIÓN *et al.* 2015).

O reconhecimento de escalas apropriadas de análise é crucial para a detecção e interpretação corretas de padrões e processos envolvendo as distribuições de espécies (PRESLEY *et al.* 2010) e a aplicação dessa abordagem para dados empíricos de diferentes grupos taxonômicos é importante para o desenvolvimento do entendimento da dinâmica das metacomunidades.

Nenhuma das hipóteses testadas nesta tese foi aceita, de forma que a riqueza e a composição de espécies de formigas arborícolas urbanas não responderam a características das árvores individuais ou da vegetação local próxima a elas ou ao estresse ambiental crônico. O padrão aleatório de plantio das árvores nos passeios públicos e a poda drástica efetuada para fins estéticos ou de segurança podem representar fatores estocásticos que não permitem que a comunidade de formigas alcance qualquer padrão diferente do randômico. Dessa forma, as interações desses insetos com o ambiente físico, as interações de alimentação com plantas e presas, predadores e parasitas, além da competição entre as espécies de formigas que poderiam gerar tais padrões diferentes do aleatório provavelmente são quebradas por esses fatores

estocásticos antrópicos, impedindo o estabelecimento dos processos naturais que estruturam as comunidades biológicas.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, L.E. and AGOSTI, D., 2000. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. In: Agosti, D. Majer, J.D. Alonso L.E. and Schultz, T.R. AGOSTI, D. MAJER, J.D. ALONSO L.E. and SCHULTZ, T.R. eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, p.1-8.
- ANDERSEN, A.N., 2000. A Global Ecology of Rainforest Ants: Funcional Groups in Relation to Environmental Stress and Disturbance. In: AGOSTI, D. MAJER, J.D. ALONSO L.E. and SCHULTZ, T.R. eds. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 25-34.
- AntWeb. Available from <http://www.antweb.org>. Accessed 1 February 2017.
- ARANDA, R., OLIVIER, R. and FERRARO, A. 2016. First record of *Pseudomyrmex acanthobius* Emery in Brazilian Pantanal. *EntomoBrasilis*, 9: 56–58.
- BANKS-LEITE, C., EWERS, R.M. and METZGER, J.P., 2012. Unraveling the drivers of community dissimilarity and species extinction in fragmented landscapes. *Ecology*, vol. 93, pp. 2560–2569.
- BARBOSA, B.C., FAGUNDES, R., SILVA, L.F., TOFOLI, J.F.V., SANTOS, A.M., IMAI, B.Y.P., GOMES, G.G., HERMIDORFF, M.M. and RIBEIRO, S.P., 2015. Evidences that human disturbance simplify the ant fauna associated a *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae) compromising the benefits of ant-plant mutualism. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 75, no. 1, pp. 58-68
- Bell, G., 2001. Neutral macroecology. *Science*, vol. 293, pp. 2413–2418.
- BOLTON, B. 1994. *Identification guide to the ant genera of the world*. Massachussets, Harvard University Press, 222 p.
- BRUDGIV, L.A., 2016. Interpreting the effects of landscape connectivity on community diversity. *Journal of Vegetation Science*, vol. 27, pp. 4-5.
- CAMPOS, R.I., VASCONCELOS, H.L., RIBEIRO, S.P., NEVES, F.S. and SOARES, J.P., 2006. Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. *Ecography*, vol. 29, no. 3, pp., 442-450.
- CAMPOS, R.I. LOPES, C.T., MAGALHÃES, E.C.S. and VASCONCELOS, H.L., 2008. Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, vol. 98, no. 3, pp. 311-316.
- CAMPOS-FARINHA, A.E.C., BUENO, O.C., CAMPOS, M.C.G., and KATO, L.M., 2002. As Formigas Urbanas No Brasil. *Retrospecto Biológico*, vol. 64, no. 2, pp. 129-133.

- CASTRO, M.M., SANTOS-PREZOTO, H.H., FERNANDES, E.F., BUENO, O.C., and PREZOTO, F., 2015. The ant fauna of hospitals: advancements in public health and research priorities in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 59, pp.78–84.
- CLAY, N.A., BAUER, M., SOLIS, M. and YANOVIK, S.P., 2010. Arboreal substrates influence foraging in tropical ants. *Ecological Entomology*, vol. 35, pp. 417–423.
- C.O.E.S.T/S.E.P.L.A.N., 1990. *Município: Dourados. Informações básicas*. Dourados, MS: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, 16p.
- CONCEPCIÓN, E.D., MORETTI, M., ALTERMATT, F., NOBIS, M. P. and OBRIST, M. K. 2015. Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. *Oikos*, vol. 124, pp. 1571–1582.
- CORIOLOANO, R.E., ESTRADA, M.A., SANTOS, N.T., CAIXEIRO, L.R., VARGAS, A.B. and ALMEIDA, F.S., 2014. Mirmecofauna associada à arborização urbana no município de Três Rios, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, vol. 12, no. 4, pp. 210-214.
- CRAMER, M.J. and WILLIG, M.R., 2005. Habitat heterogeneity, species diversity and null models. *Oikos*, vol. 108, no. 2, pp. 209-218.
- CREPALDI, R.A., PORTILHO, I.I.R., SILVESTRE, R and MERCANTE, F.M., 2014. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. *Ciência Rural*, vol. 44, no. 5, pp. 781-787.
- CUISSI, R. G., LASMAR, C. J., MORETTI, T. S., SCHMIDT, F. A., FERNANDES, W. D., FALLEIROS, A. B., SCHOEREDER, J. H. and RIBAS, C. R. 2015. Ant community in natural fragments of the Brazilian wetland: species–area relation and isolation. *Journal of Insect Conservation*, 19(3): 531-537.
- DALLAS, T., 2014. Metacom: an R package for the analysis of metacommunity structure. *Ecography*, vol. 37, pp. 402–405.
- DÁTTILO, W., SIBINEL, N., FALCÃO, J.C.F. and NUNES, R.V., 2011. Mirmecofauna em um fragmento de floresta atlântica urbana no município de Marília, SP, Brasil. *Bioscience Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 494-504.
- DAVIDSON, D.W. and PATRELL-KIM, L., 1996. Tropical arboreal ants: why so abundant? In: GIBSON, A. C. (ed.) *Neotropical biodiversity and conservation*. Los Angeles: Mildred E. Mathias Botanical Garden, University of California.
- DAVIDSON, D.W., 1997. The role of resource imbalance in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 61, pp. 153-181.
- DEBOUT, G.D.G., DALECKY, A., NGOMI, A.N. and McKEY, D.B., 2009. Dynamics of species coexistence: maintenance of a plant-ant competitive metacommunity. *Oikos*, vol. 118, pp. 873-884.

DEJEAN, A., CORBARA, B., FERNÁNDEZ, F. and DELABIE, J.H.C., 2003. Mosaicos de hormigas arbóreas em bosques y plantaciones tropicales. In: FERNÁNDEZ, F. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 398p.

DOURADOS, PREFEITURA MUNICIPAL. 2014. Lei Complementar n° 273

FERNANDES, W.D., SANT'ANA, M. V., RAIZER, J. and LANGE, D., 2012. Predation of Fruit Fly Larvae *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) by Ants in Grove. *Psyche*, vol. 2012, pp. 1-7.

FERREIRA, F.P., SOARES, S.A. and ANTONIALLI-JUNIOR, W.F., 2008. Communities of ants (Hymenoptera: Formicidae) in two hospitals of Ponta Porã, MS, Brazil. *Sociobiology*, vol. 51, pp. 783-794.

GONÇALVES, G.G.G., and DO SUL, M. G., 2010. *Procedimentos metodológicos para determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas*. Mato Grosso do Sul: Universidade Federal da Grande Dourados, 130p. Dissertação de Mestrado em Agronomia –Produção Vegetal.

KAMURA, C.M., MORINI, M.S.C., FIGUEIREDO, C.J., BUENO, O.C. and CAMPOS-FARINHA, A.E.C., 2007. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 67, no. 4, pp. 635-641.

KLIMES, P., FIBICH, P., IDIGEL, C., and RIMANDAI, M., 2015. Disentangling the diversity of arboreal ant communities in tropical forest trees. *PloS one*, vol. 10, no. 2, e0117853.

LEGENDRE, L. and LEGENDRE, P., 2012. *Numerical Ecology*. 3rd edition, Elsevier.

LEIBOLD, M. A., and MIKKELSON, G. M., 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos*, vol. 97, no. 2, pp. 237-250.

LEIBOLD, M.A., HOLYOAK, M., MOUQUET, N., AMARASEKARE, P., CHASE, J.M., HOOPEs, M.F., HOLT, R.D., SHURIN, J.B., LAW, R., TILMAN, D., LOREAU, M and GONZALEZ, A., 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, vol. 7, pp. 601-613.

LIVINGSTON, G.F., and PHILPOTT, S.M., 2010. A metacommunity approach to co-occurrence patterns and the core-satellite hypothesis in a community of tropical arboreal ants. *Ecological Research*, vol. 25, pp. 1129-1140.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Vol. 1, 2 e 3. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

- LUTINSKI, J.A., LOPES, B.C., and DE MORAIS, A.B.B., 2013. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil/Urban ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in ten cities of southern Brazil. *Biota Neotropica*, vol. 13, no. 3, pp. 332- 342.
- MARQUES, T. and SCHOEREDER, J. H. 2013. Ant diversity partitioning across spatial scales: ecological processes and implications for conserving Tropical Dry Forests. *Austral Ecology*, 39: 72-82.
- McINTYRE, N.E., RANGO, J., FAGAN, W.F. and FAETH, H.H., 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning*, vol. 52, pp. 257-274.
- MONTEIRO, K.L., DE OLIVEIRA, C., DA SILVA E SILVA, B.M.; MORO, F.V. and CARVALHO, D.A. 2012. Caracterização morfológica de frutos, de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. *Ciência Rural*, vol. 42, no. 1, pp. 90-97.
- MUNHAE, C. B., SOUZA-CAMPANA, D. R., KAMURA, C. M. AND MORINI, M. S. C. 2014. Ants communities (Hymenoptera: formicidae) in urban centers of the Alto Tietê, São Paulo, Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 20: 1-5.
- NIEMELÄ, J., 1999. Is there a need for a theory of urban ecology?. *Urban Ecosystems*, vol. 3, no. 1, pp. 57-65.
- OLIVEIRA-SANTOS, L.G.R., LOYOLA, R.D. and VARGAS, A.B., 2009. Armadilhas de dossel: uma técnica para amostrar formigas no estrato vertical de florestas. *Neotropical Entomology*, Vol. 38, no. 5, pp. 691-694.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D. MINCHIN. P. R. *et al.* 2016. *vegan*: community ecology package. R package version 2.4-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- PAULA, M.C., MORISHITA G.M., CAVARSON, C.H., GONÇALVES, C.R. TAVARES, P.R., MENDONÇA, A. ,SÚAREZ, Y.R. and ANTONIALLI-JUNIOR, W.F. 2016. Action of ants on vertebrate carcasses and blow flies (Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, vol. 53, no. 6, pp. 1283-1291.
- PELINI, S.L., DIAMOND, S.E., NICHOLS, L.M., STUBLE, K.L., ELLISON, A.M., SANDERS, N.J., .and GOTELLI, N.J., 2014. Geographic differences in effects of experimental warming on ant species diversity and community composition. *Ecosphere*, vol. 5, no. 10, pp. 1-12.
- POWELL, S., COSTA, A.N., LOPES, C.T., and VASCONCELOS, H. L., 2011. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *Journal of Animal Ecology*, vol. 80, no. 2, pp. 352-360.
- PRESLEY, S.J., HIGGINS, C.L., and WILLIG, M.R., 2010. A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure. *Oikos*, vo., 119, no. 6, pp. 908-917.

QUEIROZ, A.C.M., and RIBAS, C.R., 2016. Canopy cover negatively affects arboreal ant species richness in a tropical open habitat. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 76, no. 4, pp. 864-870.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org>

RESASCO, J., PELINI, S.L., STUBLE, K.L., SANDERS, N.J., DUNN, R.R. and DIAMOND, S.E., 2014 Using Historical and Experimental Data to Reveal Warming Effects on Ant Assemblages. *PLoS ONE*, vol. 9, no. 2. e88029. doi:10.1371/journal.pone.0088029

RIBAS, C. R. and SCHOEREDER, J. H. 2004. Determining factors of arboreal ant mosaics in Cerrado vegetation (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, v.44, p.49-68.

RIBAS, C. R., and SCHOEREDER, J. H. 2007. Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation*, 16: 1511-1520.

RIBAS, C.R., SCHOEREDER, J.H., PIE, M. and SOARES, S.M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, vol. 28, pp. 305-314.

RODRIGUES, C.A., DA SILVA ARAÚJO, M., CABRAL, P.I.D., LIMA, R., BACCI, L., and OLIVEIRA, M. A. 2008. Comunidade de formigas arborícolas associadas ao pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) em fragmento de Cerrado Goiano. *Pesquisa Florestal Brasileira*, no. 57, pp. 39- 44.

SANTOS, I.A. 2006. *Características estruturais de plantas determinam riqueza de espécies de formigas no Cerrado?* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, MG. 40p.

SANTOS, V.S., SOARES, S.R., DELABIE, J.H.C. and ANTONIALLI-JUNIOR, W.F. 2009. Further studies on ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in hospitals of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Sociobiology* vol.54, pp. 881-891.

SANTOS, V.S., SANTOS-JUNIOR, L.C.S., SOARES, S.A., LOUREIRO, E.S. and ANTONIALLI-JUNIOR, W.F.A. 2011. Evaluation of methods of baiting ants and record of associated fungi occurring in hospitals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Sociobiology* vol.57, pp. 143-152.

SANTOS-SILVA, L., VICENTE, R.E., and FEITOSA, R.M., 2016. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. *Check List*, vol. 12, no. 3, pp 1885.

SAVAGE, A.M., HACKETT, B., GUÉNARD, B., YOUNGSTEADT, E.K., and DUNN, R.R., 2015. Fine-scale heterogeneity across Manhattan's urban habitat mosaic is



associated with variation in ant composition and richness. *Insect Conservation and Diversity*, vol. 8, no.3, pp. 216-228.

SCHOEREDER, J.H., SOBRINHO, T.G., RIBAS, C.R., and CAMPOS, R.B., 2004. Colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. *Austral Ecology*, vol. 29, no. 4, pp. 391-398.

SCHONBERG, L.A., LONGINO, J.T., NADKARNI, N.M., YANOVIK, S.P. and GERING, J.C. 2004. Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropica*, vol.36, pp.402–409.

SCHULZ, A. and WAGNER, T., 2002. Influence of forest type and tree species on canopy ants (Hymenoptera: Formicidae) in Budongo Forest, Uganda. *Oecologia*, vol. 133, pp. 224-232.

SILVESTRE, R., DEMÉTRIO, M.F. and DELABIE, J.C.H., 2012. Community Structure of Leaf-Litter Ants in a Neotropical Dry Forest: A biogeographic approach to explain beta diversity. *Psyche*, vol. 2012. ID 306925, 15p. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/306925>.

SOARES, N.S., ALMEIDA, L.O., GONÇALVES, C.A., MARCOLINO, M.T. and BONETTI, A.M., 2006. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. *Neotropical Entomology*, vol. 35, no. 3, pp. 324-328.

SOARES, S.A., ANTONIALLI-JUNIOR, W.F. and LIMA-JUNIOR, S.E. 2010. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em dois ambientes no Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(1): 76-81.

SOUZA, P.R. 2014. *Padrões de distribuição e diversidade de espécies da mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) no Chaco Brasileiro*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS.

SOUZA, D.R., SANTOS, S.G., MUNHAE, C.B. and MORINI, M.S.C. 2012. Diversity of Epigeal Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Urban Areas of Alto Tietê. *Sociobiology*, vol. 29, no. 3, 703-717.

YASUDA, M., and KOIKE, F., 2009. The contribution of the bark of isolated trees as habitat for ants in an urban landscape. *Landscape and Urban Planning*, vol. 92, no. 3-4, pp. 276-281.

YOUNGSTEADT, E., HENDERSON, R.C., SAVAGE, A.M., ERNST, A.F., DUNN, R.R. and FRANK, S.D., 2014. Habitat and species identity, not diversity, predict the extent of refuse consumption by urban arthropods. *Global Change Biology*, vol. 21, pp. 1103–1115.

## Apêndice 1. Taxa de plantas amostradas nas calçadas dos trechos de rua de Dourados, MS.

Taxa de plantas	Sigla	N° indivíduos	% de indivíduos	N° de trechos que ocorreu	% do volume total
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Mangifera indica</i> L.	mang	51	8,93	14	19,50
<i>Schinus molle</i> L.	chor	25	4,38	11	3,43
<i>Spondias purpurea</i>	seri	2	0,35	2	0,50
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	late	1	0,18	1	0,02
<b>Arecaceae</b>					
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jaaq.) Lodd. ex Mart.	pa_b	1	0,18	1	0,03
<i>Caryota</i> sp.	impe	1	0,18	1	0,10
<i>Cocos nucifera</i>	coqu	1	0,18	1	0,02
<i>Dypsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje & J. Dransf.	pa_2	1	0,18	1	0,01
<i>Livistona chinensis</i>	pa_1	4	0,70	1	0,05
<i>Phoenix roebelenii</i>	fnix	4	0,70	2	0,04
<i>Roystonea regia</i>	pa-g	5	0,88	3	0,37
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	pa_3	1	0,18	1	0,03
<b>Bignoniaceae</b>					
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart.ex A. DC.) Mattos	ip_a	1	0,18	1	0,01
<i>Handroanthus</i> spp.	hand	18	3,15	9	0,92
<i>Jacaranda</i> sp.	cd1	1	0,18	1	0,00
<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	xixi	5	0,88	3	0,26
Bignoniaceae spp.	big	11	1,93	8	0,91
<b>Bixaceae</b>					
<i>Bixa orellana</i> L.	uruc	1	0,18	1	0,02
<b>Bombacaceae</b>					
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	paqu	22	3,85	8	4,92
<b>Caesalpinaceae</b>					
<i>Caesalpinia pluviosa</i> Dc.	sibi	75	13,13	17	25,44

Chrysobalanaceae						
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	oiti	178	31,17	27	11,25	
Cupressaceae						
Cupressaceae spp.	cipr	5	0,88	4	0,03	
Eucalypteae						
<i>Eucalyptus</i> spp.	euca	5	0,88	1	5,02	
Euphorbiaceae						
<i>Codiaeum variegatum</i>	crot	1	0,18	1	0,00	
<i>Jatropha multifida</i>	jatr	1	0,18	1	0,00	
<i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.	leit	2	0,35	1	0,00	
Fabaceae						
<i>Bauhinia</i> sp.	pata	3	0,52	1	0,16	
<i>Caesalpinia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> Benth.	ca_f	1	0,18	1	1,08	
<i>Clitoria fairchildiana</i> RA Howard	somb	1	0,18	1	0,30	
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	flam	9	1,58	2	2,36	
<i>Erythrina indica picta</i>	eryt	1	0,18	1	0,01	
<i>Inga</i> sp.	Ig_b	4	0,70	2	0,67	
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D. Penn.	Ig_1	1	0,18	1	0,11	
<i>Machaerium</i> sp.	jcda	1	0,18	1	0,26	
<i>Senna</i> sp.	senn	1	0,18	1	0,45	
<i>Tamarindus indica</i> L.	tama	1	0,18	1	0,45	
<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) O. Kuntze	tipu	3	0,52	1	0,71	
Fabaceae sp1	Fab1	1	0,18	1	0,16	
Fabaceae sp2	Fab2	1	0,18	1	0,62	
Fabaceae sp3	Fab3	1	0,18	1	0,22	
Lauraceae						
<i>Cinnamomum</i> sp.	cane	1	0,18	1	0,11	
<i>Persea</i> sp.	abac	3	0,52	3	0,22	
Lythraceae						
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	malp	3	0,52	2	0,03	

<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	rgig	1	0,18	1	0,00
Magnoliaceae					
<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	magn	8	1,40	4	0,21
Malvaceae					
<i>Dombeya wallichii</i>	Cor1	1	0,18	1	0,06
<i>Gossypium</i> sp.	Algo	4	0,70	1	0,01
<i>Hibiscus</i> sp.	hibi	3	0,52	2	0,03
Melastomataceae					
<i>Tibouchina granulosa</i> Cogn.	quar	2	0,35	2	0,08
Meliaceae					
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nem	1	0,18	1	0,07
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedr	1	0,18	1	0,87
<i>Melia azedarach</i>	Stba	2	0,35	2	0,06
Moraceae					
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaqu	1	0,18	1	0,02
<i>Ficus benjamina</i> L.	Fige	9	1,58	4	5,86
<i>Ficus carica</i>	Figo	2	0,35	1	0,01
<i>Morus nigra</i>	amor	1	0,18	1	0,45
Myrtaceae					
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pita	2	0,35	2	0,01
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiá	2	0,35	1	0,06
Nyctaginaceae					
<i>Bougainvillea</i> sp.	Prim	2	0,35	1	0,00
Oleaceae					
<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	Figb	4	0,70	2	0,35
Platanaceae					
<i>Platanus</i> sp.	Plat	7	1,23	1	0,54
Rhamnaceae					
<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg	Uvaj	1	0,18	1	2,15
Rosaceae					

<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindley	Nesp	1	0,18	1	0,00
Rubiaceae					
Rubiaceae spp.	Crav	2	0,35	1	0,00
Rutaceae					
<i>Citrus</i> sp.	Mexe	1	0,18	1	0,01
<i>Murraya paniculata</i>	Buch	20	3,50	7	0,10
Sapindaceae					
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapi	1	0,18	1	0,83
Espécies não identificadas (30)		33	5,78	19	7,41
TOTAIS		571	100,00		100,00