



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO SOBRE A DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS EM MATAS RIPÁRIAS DO CERRADO

KARYNE MARTINS ALVES

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Coorientador: Prof. Dr. Alan Nilo da Costa

Urutaí - GO
Março de 2019



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Vicente Pereira Almeida

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenador

Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

Urutaí – GO

Março de 2019

KARYNE MARTINS ALVES

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO SOBRE A DIVERSIDADE
FUNCIONAL DE FORMIGAS EM MATAS RIPÁRIAS DO
CERRADO**

Orientador

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Coorientador

Prof. Dr. Alan Nilo da Costa

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí - GO
Março de 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

A474e ALVES, KARYNE
Efeito da fragmentação sobre a diversidade funcional de formigas em matas ripárias do Cerrado / KARYNE ALVES; orientador Daniel Paiva Silva; co-orientador Alan Nilo da Costa. -- Urutaí, 2019. 59 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Conservação da biodiversidade. 2. Serviços ecossistêmicos. 3. Formicidae. 4. Modificação do habitat. 5. Métodos de amostragens. I. Paiva Silva, Daniel, orient. II. Nilo da Costa, Alan, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Karyne Martins Alves

Matrícula: 2017101330940107

Título do Trabalho: Efeito da fragmentação sobre a diversidade funcional de formigas em matas ripárias do Cerrado

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 23/05/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Uruaçu 22/05/19
Local Data

Karyne Martins Alves

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

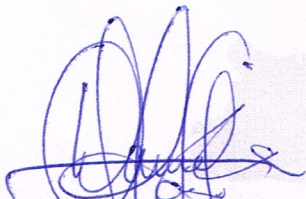
Prof. Dr. Daniel Paiva Silva
Assinatura do Inst. Federal Goiano
SIAPE: 1127690



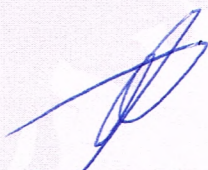
FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	Efeito da Fragmentação sobre a Diversidade Funcional de Formigas em Matas Ripárias do Cerrado
Orientador:	Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva
Coorientador:	Alan Nilo da Costa
Autora:	Karyne Martins Alves

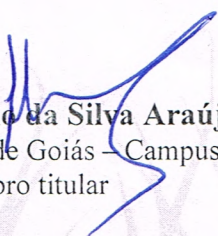
Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 28 de março de 2019, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRA EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:



Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
Presidente



Prof. Dr. André Luís da Silva Castro
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
Membro titular



Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo
Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri
Membro titular

*“Se você não fizer, nada é possível.
Mas se você tentar fazer, pelo menos
você tem uma esperança.”
(Jack Ma)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva por ter aceitado me orientar mesmo não me conhecendo e ao Prof. Dr. Alan Nilo da Costa por me aceitar como co-orientador e por me incentivar e me acompanhar desde o projeto de seleção, coletas de campo e até o final da dissertação, sem o qual não teria chegado até aqui, muito obrigada!

Ao Prof. Dr. Heraldo Vasconcelos responsável pelo Laboratório de ecologia de insetos sociais, da Universidade Federal de Uberlândia –UFU, MG, por me acolher em seu laboratório no qual passei alguns meses identificando e realizando as medidas morfológicas das espécies de formigas.

Ao prof. Dr. Ednaldo Cândido Rocha por me ajudar com as análises do primeiro capítulo.

Aos meus amigos, Lucas Rodrigo, Ingrid Becker e Jaqueline Vaz por participarem das ajudas no campo e incentivos e triagem do material. Agradeço também aos integrantes do LEIS, por me auxiliarem na identificação e pelo apoio durante esse período. A minha amiga Jéssica Vieira, que me ajudou especialmente me ajudando na identificação das espécies e recomendações no projeto e na realização das análises funcionais. A Alessandra Bartimachii, uma amiga e tanto, me acolheu em sua casa durante o tempo que precisei me aconselhando e compartilhando da sua experiência profissional.

Aos meus colegas da pós-graduação, agradeço por todos os momentos de distração e alegria. Especialmente a minha amiga Bárbara, que foi minha colega de quarto durante os períodos de aulas e que sempre esteve presente, me incentivando nos momentos difíceis. Agradeço a Mariane, Robert, Cássio, e a Luana, que se tornaram meus amigos em Urutaí, sempre me acolhendo e me recebendo muito bem em sua casa. A Joana que sempre se dispôs a me ajudar, me apoiando em mais uma jornada.

Agradeço a minha mãe Wilma Dias e minha irmã Kamylla Martins por me darem o suporte necessário durante os momentos difíceis e de indecisão, e ao meu sobrinho querido Heitor Alves por me dar todo o carinho necessário e entender que a tia precisava estudar. Ao Samuel Rodvalho, que acompanhou grande parte dessa jornada, me apoiando e me entendendo, você sabe o quanto foi importante pra mim!

E não poderia me esquecer do meu companheiro João Hudson Bezerra, que me incentivou e me deu todo o amor e carinho.

Gostaria de agradecer também a todos os profissionais do Programa de Pós-graduação Profissional de Conservação de Recursos Naturais do Cerrado pela possibilidade de realização do mestrado. Pela bolsa de estudo, agradeço a Fundação de amparo à pesquisa do estado de Goiás (Fapeg).

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO SOBRE A DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS EM MATAS RIPÁRIAS DO CERRADO

RESUMO

Florestas ripárias (matas ciliares ou matas de galeria) são formações vegetais existentes às margens de rios, córregos e nascentes, constituídas pelas mais variadas formações vegetais. Do ponto de vista ecológico esses ambientes são de grande importância como fontes de alimentos e habitat para a fauna aquática e terrestre. Os ecossistemas brasileiros encontram-se extremamente fragmentados e a agricultura tem sido apontada como uma das principais responsáveis por esta fragmentação. A transformação e a degradação de habitats naturais provocadas por ações antrópicas são consideradas as maiores ameaças à conservação da biodiversidade e ao funcionamento dos ecossistemas. Entre os diferentes grupos de organismos que são comumente utilizados para revelar os padrões de respostas às perturbações causadas nos ecossistemas, destacam-se as formigas. No nosso primeiro capítulo, intitulado “**Avaliação do método armadilha de queda múltipla para amostragem de formigas em áreas de matas ripárias**”, avaliamos a eficiência de se utilizar múltiplas armadilhas de queda na coleta de formiga em dois estratos amostrais em ambientes florestais. Além disso, verificamos se o uso de uma segunda metodologia de coleta no solo, o extrator de Winkler, teria a mesma eficiência ao de armadilhas múltiplas. Nossos resultados mostraram que armadilhas de queda múltiplas são eficientes na amostragem de formigas em ambientes florestais, e sugerimos utilizar o extrator de Winkler combinado com as múltiplas armadilhas de queda para uma amostragem mais abrangente. No nosso segundo capítulo, intitulado “**Influência de perturbações antrópicas sobre a diversidade funcional de formigas em matas ripárias do Cerrado**”, nosso objetivo foi avaliar o efeito da retirada da conectividade de áreas de matas ripárias com a matriz nativa adjacente sobre a diversidade taxonômica e funcional de formigas. Nossos resultados destacam que mesmo pequenos remanescentes de vegetação natural podem ter um potencial significativo para manter uma diversidade funcional e taxonômica de formigas dentro de uma matriz dominada pela agricultura.

Palavras-Chaves: Conservação da biodiversidade, Serviços ecossistêmicos, Formicidae, Modificação do habitat, Métodos de amostragem, Matas Ripárias.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	8
RESUMO	9
SUMÁRIO	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	11
CAPÍTULO 1	12
1.1 INTRODUÇÃO GERAL	12
1.2 REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 2	18
RESUMO	19
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.2.1 Modelo experimental	21
2.2.2 Desing experimental	22
2.2.3 Análise dos dados	23
2.3 RESULTADOS	24
2.4 DISCUSSÃO	28
2.5 CONCLUSÃO	30
2.6 REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 3	36
RESUMO	37
3.1 INTRODUÇÃO	38
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.2.1 Modelo experimental	40
3.2.2 Desing experimental	42
3.2.3 Características funcionais das formigas	42
3.2.4 Análise dos dados	43
2.3 RESULTADOS	45
2.4 DISCUSSÃO	47
2.5 CONCLUSÃO	49
2.6 REFERÊNCIAS	50
ARTIGO 4	55
CONCLUSÕES GERAIS	55

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

- Figura 2-1** Mapa da área de estudo com a localização dos pontos amostrados em fragmentos de mata ripária ao longo de três rios localizados do sudeste de Goiás, Brasil. 22
- Figura 2-2:** Riqueza de espécies de formigas coletadas por armadilha de queda (tipo *pitfall*) e extrator de Winkler em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil..... 25
- Figura 2-3:** Curvas de acumulação de espécies de formigas em relação ao número de registros de espécies nas armadilhas de queda em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil. (A) fauna do solo e (B) fauna da vegetação..... 26
- Figura 2-4:** Ordenação (nMDS) da comunidade de formigas coletadas no solo (A) e na vegetação (B) por diferentes conjuntos de armadilhas de queda e Winkler em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil..... 27
- Tabela 2-1:** Resultados obtidos a partir do teste do grau de congruência entre as matrizes de composição de espécies obtidas por cada método de amostragem 28
-
- Figura 3-1:** Mapa da área de estudo com a localização dos pontos amostrados em fragmentos de mata ripária ao longo de três rios localizados do sudeste de Goiás, Brasil. 41
- Tabela 3-1:** Características morfológicas selecionadas para o cálculo da diversidade funcional com sua significância funcional hipotética e medidas tomadas para comunidades de formigas amostradas em 18 áreas de mata ripária localizadas no sudeste do estado de Goiás. 44
- Figura 3-2:** Comparações das diferenças dos atributos funcionais das formigas coletadas em áreas de mata ripária com e sem a presença de mata remanescente original de Cerrado, no estado de Goiás. A barra central representa a média, e as barras representam o desvio padrão das médias ponderadas das oito características funcionais de comunidades de formigas localizadas em áreas de mata ripária contínua e descontínua á vegetação nativa adjacente. Os asteriscos representam os outlier. Letras diferentes representam diferenças significativas segundo teste de Kruskal-Wallis a 5%. 46
- Figura 3-3:** Média e desvio padrão dos índices de diversidade taxonômicos (A) e funcionais (B-D) de comunidades de formigas localizadas em áreas de mata ripária contínua e descontínua á vegetação nativa adjacente. Letras diferentes associadas aos ambientes representam diferenças significativas nas médias avaliadas pela análise de Kruskal-Wallis..... 47

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Florestas ripárias, também conhecidas como matas ciliares ou matas de galeria, são formações vegetais existentes às margens de rios, córregos e nascentes, constituídas pelas mais variadas formações vegetais (Lorenzi, 2002). Do ponto de vista ecológico os ambientes ripários são de grande importância como fontes de alimentos e habitat para a fauna aquática e terrestre (Barbosa, 2006; Attanasio et al., 2012). Por servirem como corredores ecológicos proporcionam conexões de remanescentes de vegetação nativa, facilitando o fluxo da fauna e a troca genética, assim como para a dispersão vegetal, portanto, fundamentais na manutenção da biodiversidade (Salvador, 1987; Lapola & Fowler, 2008). De maneira geral, esses ambientes desempenham importante ação na filtragem de poluentes, pesticidas agrícolas e sedimentos, provindos das áreas circundantes através do escoamento superficial, impedindo-os de chegar até os cursos d'água (Vogel et al., 2012).

Os ecossistemas brasileiros encontram-se extremamente fragmentados e a agricultura tem sido apontada como uma das principais responsáveis por esta fragmentação (Barbier, 2004; Lepers et al., 2006). A fragmentação florestal está presente praticamente em todas as etapas do processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil, desde as mais antigas, na Mata Atlântica nordestina, até as mais recentes nos cerrados do Centro-Oeste e florestas úmidas da Amazônia. A transformação e a degradação de habitats naturais provocadas por ações antrópicas são consideradas as maiores ameaças à conservação da biodiversidade e ao funcionamento dos ecossistemas (Wilcox & Murphy, 1985; DeFries et al., 2005; Queiroz & Ribas, 2016). Tais perturbações acabam afetando o ecossistema de várias formas, gerando impactos a nível de organismos, populações e espécies, alterando o equilíbrio das interações, influenciando o processo de exclusão competitiva e reorganizando a ocupação do espaço pelos organismos (Ribeiro et al., 2014). Dessa forma, a alteração na dinâmica do ecossistema pode resultar na mudança da composição de espécies e conseqüentemente, no comprometimento das funções ecológicas (DeFries et al., 2005; Petchey & Gaston, 2006). Uma atenção recente às relações entre a biodiversidade e a função dos ecossistemas aumentou a consciência do papel da diversidade de invertebrados na perda das funções do ecossistema

(podendo levar a uma perda de papéis ecológicos) (Bihn et al., 2010; Winck et al., 2017; Morini et al., 2018). Entre os diferentes grupos de organismos que são comumente utilizados para revelar os padrões de respostas às perturbações causadas nos ecossistemas, destacam-se as formigas (Andersen, 1997; Ruppert et al., 2005).

No Brasil aproximadamente 2.500 espécies de formigas são conhecidas (Baccaro et al., 2015). Esses organismos podem utilizar troncos e ramos caídos no solo ou retidos nas plantas para a construção de ninhos, permitindo a mirmecofauna divergir e especializar-se nos diferentes substratos (Benson & Harada, 2015). As formigas são um grupo dominante em termos de biomassa e número de espécies (Fittkau & Klinge, 2006), possuem uma alta diversidade taxonômica, participam de diversos tipos de interações com outros organismos e são funcionalmente importantes nos ecossistemas em todo o mundo (Holldobler & Wilson, 1990). Muitas espécies possuem hábitos arborícolas, outras vivem exclusivamente dentro do solo. Na serapilheira várias espécies de formigas nidificam entre folhas, galhos ou no interior desses, e, ainda, em grandes troncos apodrecidos (Holldobler & Wilson, 1990; Ruppert et al., 2005; Benson & Harada, 2015).

Diferentes métodos de amostragens foram desenvolvidas para coleta de formigas, dos quais 5 métodos se destacam, sendo estes o extrator de Winkler, funil de Berlese (para espécies presentes na serapilheira), armadilhas de queda, iscas com atrativos alimentares e coletas manuais (para espécies de solo e arbóreas) (Agosti et al., 2000; Bestelmeyer et al., 2000). Mais recentemente, métodos para amostragem de espécies subterrâneas também foram desenvolvidos (Pacheco & Vasconcelos, 2012; Jacquemin et al., 2016). A escolha de um método amostral geralmente depende da natureza do estudo (Agosti et al., 2000), sendo que, utilizar um conjunto de diferentes técnicas parece ser o mais apropriado, permitindo assim, capturar uma diversidade maior de espécies. Estudos comparativos com a utilização desses e de outros métodos de amostragem têm contribuindo bastante para a compreensão da estrutura das comunidades de formigas em diferentes ecossistemas (Agosti et al., 2000; Vasconcelos et al., 2014; Orsolon-Souza et al., 2015).

Nesse contexto, em nosso primeiro capítulo, intitulado “Avaliação do método armadilha de queda múltipla para amostragem de formigas em áreas de matas ripárias”, avaliamos a eficiência de se utilizar múltiplas armadilhas de queda na coleta de formiga em dois estratos amostrais em ambientes florestais. Além disso, verificamos se o uso de uma segunda metodologia de coleta no solo, o extrator de Winkler, teria a mesma eficiência ao de armadilhas múltiplas. No nosso segundo capítulo, intitulado “Influência de perturbações

antrópicas sobre a diversidade funcional de formigas em matas ripárias do Cerrado”, nosso objetivo foi avaliar o efeito da retirada da conectividade de áreas de matas ripárias com a matriz nativa adjacente sobre a diversidade taxonômica e funcional de formigas.

1.1 REFERÊNCIAS

- Agosti D, Majer DJ, Alonso EL & Schultz RT (2000) Applying the ALL Protocol Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.
- Andersen AN (1997) Using ants as bioindicators: Multiscale issues in ant community ecology. *Ecology and Society* 1:1–17.
- Attanasio CM, Gandolfi S, Zakia MJB, Veniziani Junior JCT & Lima W de P (2012) A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. *Bragantia* 71:493–501.
- Baccaro F, Feitosa RM, Fernandez F, Fernandes IO, Izzo TJ, Souza JLP de & Solar R (2015) Guia para os gêneros de Formigas do Brasil. Manaus.
- Barbier EDBB (2004) Explaining agricultural land expansion and deforestation in developing countries. *American Agricultural Economics Association* 86:1347–1353.
- Barbosa LM (2006) Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo. Ecologia.
- Benson W & Harada AY (2015) Local diversity of tropical and temperature ant faunas (Hymenoptera, Formicidae). *Acta Amazonica* 18:275–289.
- Bestelmeyer B., Alonso E., Brandão CR., Brown JR W., Delabie JH. & Silvestre R (2000) Field techniques for the study of Ground-Dwelling ants. :122–144.
- Bihn JH, Gebauer G & Brandl R (2010) Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology* 91:782–792.
- DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N & Snyder PK (2005) Global consequences of land use. *Science* 309:570.
- Fittkau EJ & Klinge H (2006) On Biomass and Trophic Structure of the Central Amazonian Rain Forest Ecosystem. *Biotropica* 5:2.
- Holldobler B. & Wilson EO (1990) *The Ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Jacquemin J, Roisin Y & Leponce M (2016) Spatio-temporal variation in ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in leaf-litter and soil layers in a premontane tropical forest.

- Myrmecological News 22:129–139.
- Lapola D & Fowler H (2008) Questioning the implementation of habitat corridors: a case study in interior São Paulo using ants as bioindicators. *Brazilian Journal of Biology* 68:11–20.
- Lepers E, Lambin EF, Janetos AC, DeFries R, Achard F, Ramankutty N & Scholes RJ (2006) A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981–2000. *BioScience* 55:115.
- Lorenzi H (2002) *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Instituto Plantare, Brasil.
- Morini MS de C, Ribeiro MC, de Bello F, Carmona CP, Martello F, Souza-Campana DR de & Silva RR (2018) Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. *Scientific Reports* 8:1–11.
- Orsolon-Souza G, Veiga-Ferreira S, Mayhé-Nunes A, Esbérard C, Vargas A & Folly-Ramos E (2015) Comparison between Winkler’s extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71:873–880.
- Pacheco R & Vasconcelos HL (2012) Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. *Biodiversity and Conservation* 21:797–809.
- Petchey OL & Gaston KJ (2006) Functional diversity: Back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9:741–758.
- Queiroz ACM & Ribas CR (2016) Canopy cover negatively affects arboreal ant species richness in a tropical open habitat. *Brazilian Journal of Biology* 76:864–870.
- Ribeiro DB, Bradley A V., Marsh CJ, Lefebvre V, Lantschner V, Ribeiro Neto JD, Eigenbrod F, Raheem DC, Tylianakis JM, D’Cruze N, Scherber C, Tyre AJ, Hadley AS, Peres CA, Melles S, Lens L, Robinson R, Betts MG, da Silva Motta C, Laurance WF, Cerezo A, Pidgeon AM, Wood E, Kolb A, Duguay S, Eggermont H, Barlow J, Hawes JE, Wearn O, Arroyo-Rodriguez V, Struebig MJ, Pfeifer M, Klingbeil BT, Overall WL, Ewers RM, Mezger D, Possingham HP, Somarriba E, Gardner TA, Cisneros LM, Brunet J, Heartsill Scalley T, Medina-Rangel GF, Young RP, Vasconcelos HL, Hanson TR, Leal IR, Banks-Leite C, Owen C, Possingham ML, Lachat T, Kormann U, Phalan B, Willig MR, Oldekop JA, Baeten L, Tschardtke T, Stouffer PC, Slade EM, Rytwinski T, Douglas

- Robinson W, Urbina Cardona JN, Pilia O, Lakeman Fraser P, Wells K, Kumar S & Collard S (2014) BIOFRAG - a new database for analyzing BIOdiversity responses to forest FRAGmentation. *Ecology and Evolution* 4:1524–1537.
- Ruppert E., Fox R. & Barnes R. (2005) *Zoologia de Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva*. São Paulo- ROCA.
- Salvador JL. (1987) *Considerações sobre Matas Ciliares e a Implantação de Reflorestamento Mistos nas Margens de Rios e Reservatórios*. Cesp, São Paulo.
- Vasconcelos HL, Frizzo TLM, Pacheco R, Maravalhas JB, Camacho GP, Carvalho KS, Koch EBA & Pujol-Luz JR (2014) Evaluating sampling sufficiency and the use of surrogates for assessing ant diversity in a Neotropical biodiversity hotspot. *Ecological Indicators* 46:286–292.
- Vogel H., Zawadzki C. & Metri R (2012) *Florestas Ripárias: Importância e principais ameaças*. :16–24.
- Wilcox BA & Murphy DD (1985) Conservation Strategy : The Effects of Fragmentation on Extinction. *The American Naturalist* 125:879–887.
- Winck BR, Saccol de Sá EL, Rigotti VM & Chauvat M (2017) Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. *Applied Soil Ecology* 109:49–59.

**AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE ARMADILHA DE QUEDA
MÚLTIPLA PARA AMOSTRAGEM DE FORMIGAS EM
ÁREAS DE MATAS RIPÁRIAS**

AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE ARMADILHA DE QUEDA MÚLTIPLA PARA AMOSTRAGEM DE FORMIGAS EM ÁREAS DE MATAS RIPÁRIAS

RESUMO

As formigas apresentam elevada abundância e riqueza de gêneros e espécies, ocupam uma grande variedade de nichos e habitats, sendo amplamente distribuídas. Representam um grupo importante de insetos nos ecossistemas tropicais e subtropicais do mundo, participando de importantes funções ecológicas sobre a ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes e predação de outros animais. A metodologia de amostragem é uma das primeiras questões que requerem consideração em qualquer estudo ecológico. Diferentes métodos para a captura de formigas foram desenvolvidos, sendo que cada um possui suas vantagens e limitações. O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência do uso de armadilhas múltiplas em habitat florestais para amostragem da fauna de formigas epigéica e arbórea. Além disso, verificamos se a utilização de um segundo método de coleta para espécies no solo, teria a mesma eficiência ao de armadilhas múltiplas. Para isso, as coletas foram realizadas em 9 fragmentos de mata ripária ao longo de 3 rios (Corumbá, Veríssimo e Pirapitinga), localizadas no sudeste de Goiás. Utilizamos o protocolo de coleta proposto por Vasconcelos et al. (2014) para ambiente de Cerrado e para comparar a eficiência do método de múltiplas armadilhas frente a outros métodos, utilizamos o extrator de Winkler. Nossos resultados mostraram que armadilhas de queda múltiplas são eficientes na amostragem de formigas em ambientes florestais tanto no solo quanto na vegetação, o qual coletou uma maior riqueza de espécies. Já para a composição, observamos que o extrator de Winkler registrou uma composição de espécies diferente da observada nas armadilhas. Sendo assim sugerimos utilizar o extrator de Winkler combinado com as múltiplas armadilhas de queda para uma amostragem mais abrangente.

Palavras-Chaves: Mirmecofauna, Matas ripárias, Técnicas de amostragem, Conservação da biodiversidade, Pitfall, Extrator de Winkler.

2.1.1 INTRODUÇÃO

As formigas (Hymenoptera:Formicidae) apresentam ampla distribuição geográfica, alta abundância e riqueza de gêneros e espécies, ocupando uma grande variedade de nichos e habitats (Ribas et al., 2003; Wilson & Holldobler, 2005), sendo um grupo cosmopolita amplamente distribuído em, praticamente, todas as regiões do planeta, exceto nas regiões polares. Representam um grupo importante de insetos nos ecossistemas tropicais e subtropicais do mundo, participando de importantes funções ecológicas sobre a ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes e predação de outros animais (Holldobler & Wilson, 1990). Além disso, as espécies deste grupo compõem a maior parte da biomassa animal dos ambientes terrestres (Holldobler & Wilson, 1990, 2008). Devido a tais características, as formigas têm sido, frequentemente, utilizadas como modelos no monitoramento do impacto ambiental, manejo e recuperação de ecossistemas (Majer, 1983; Agosti et al., 2000; Segat et al., 2017).

A metodologia de amostragem é uma das primeiras questões que requerem consideração em qualquer estudo ecológico. Diferentes métodos para a captura de formigas foram desenvolvidos, sendo que cada um possui suas vantagens e limitações (Fischer B. L., 1999; Agosti et al., 2000; Bestelmeyer et al., 2000). Os métodos mais comumente utilizados para a coleta de formigas são as armadilhas de queda (*pitfall*), coleta manual com ou sem a utilização de iscas (geralmente sardinha ou mel) e o extrator de Winkler (Agosti et al., 2000). Porém, a escolha de um método de amostragem geralmente depende do objetivo do estudo (Romero & Jaffe, 2006) e do tipo de habitat em que os espécimes são encontrados, levando-se em consideração a área de forrageamento e de nidificação. Em ambientes de savana, onde ocorre menor acúmulo de serapilheira sobre o solo, o método usual para a coleta de formigas é armadilha de queda (Sobrinho et al., 2004; Lopes & Vasconcelos, 2008). Essa metodologia também tem sido adotada para amostragem de formigas na vegetação (Powell et al., 2011; Vasconcelos et al., 2014). Já nos ambientes florestais, que possuem grande cobertura do solo por serapilheira, o extrator de Winkler tende a ser mais eficiente na amostragem da abundância e riqueza de comunidades de formigas (Orsolon-Souza et al., 2015).

Recentemente, Vasconcelos et al. (2014), fazendo levantamentos de mirmecofauna em habitats de savana, estabeleceram que um conjunto de quatro armadilhas de queda, instaladas por ponto de amostragem, tanto no solo quanto na vegetação, coletaria por ponto, em média, 2,5 vezes mais espécies no solo e 2,7 vezes mais espécies na vegetação do que se utilizando uma única armadilha por ponto. No entanto, ainda se desconhece a eficiência desse protocolo

em ambientes florestais e se o esforço de amostragem por ele proposto dispensaria a necessidade de uma metodologia complementar, como por exemplo, o extrator de Winkler. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência do uso de armadilhas múltiplas em habitat de floresta para amostragem da fauna de formigas epigéica e arbórea, testando as seguintes hipóteses: (i) a riqueza da mirmecofauna aumenta, progressivamente, com a adição de armadilhas na amostragem no solo e na vegetação; (ii) a composição registrada muda em função da adição de armadilhas; e (iii) o uso do extrator de Winkler tem resultado similar ao de armadilhas múltiplas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Modelo experimental

O estudo foi desenvolvido no sudeste do estado de Goiás (Figura 2-1). Nesta região predomina um clima marcadamente sazonal (Alvares et al., 2013), com as médias anuais de temperatura e precipitação variando entre 23-25° C e 1600-1900 mm, respectivamente. As coletas foram realizadas em nove fragmentos de Cerrado com área variando entre 22-668 ha e separados por no mínimo 7 km. Mais especificadamente, os pontos de coleta foram estabelecidos no interior de faixas de mata ripária presentes nestes fragmentos, distribuídos ao longo de três rios, sendo estes o rio Corumbá, rio Pirapitinga e o rio Veríssimo (Figura 2-1). A fisionomia de mata ripária consiste em faixas de floresta com largura variável (aprox. 10 a 30 m), ocorrendo ao longo de cursos d'água, com influência fluvial permanente ou sazonal devido à elevação do rio ou do lençol freático (Rodrigues, 2004). Nos locais amostradas, a vegetação se apresentava bem conservada, sendo a mata ripária continuada por áreas de mata semidecídua.

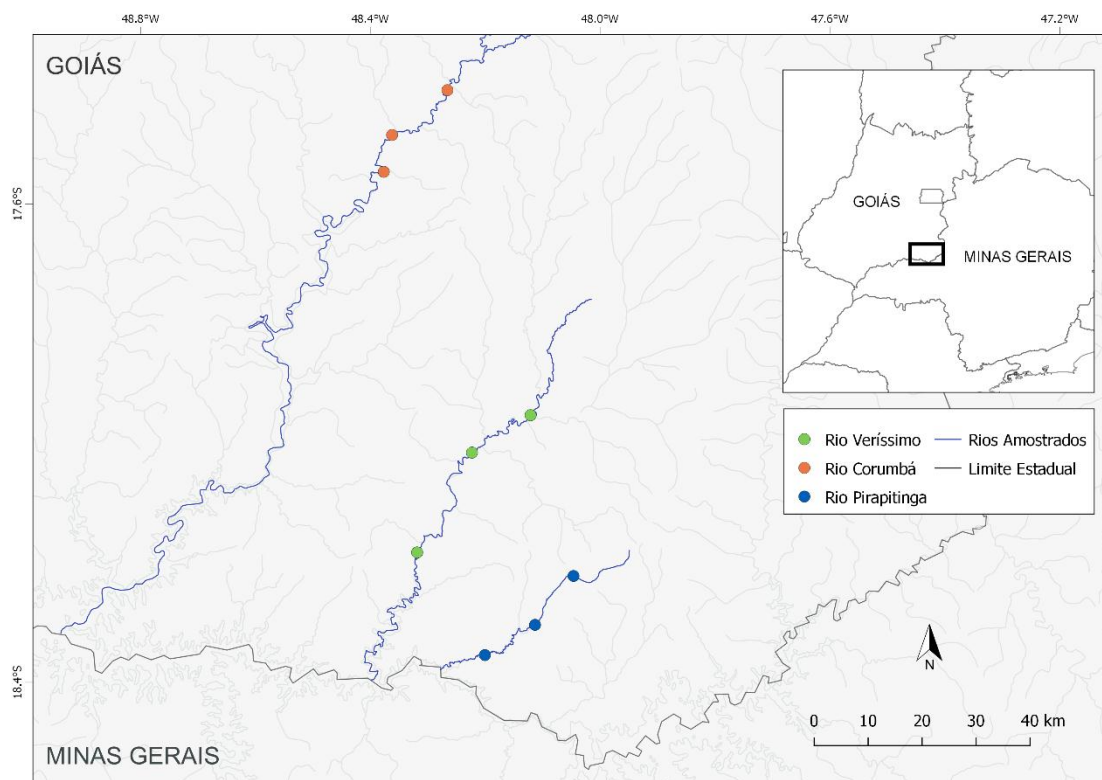


Figura 2-1: Mapa da área de estudo com a localização dos pontos amostrados em fragmentos de mata riparia ao longo de três rios localizados do sudeste de Goiás, Brasil.

2.2.2 Design experimental

Para amostrar a fauna de formigas, utilizamos o protocolo proposto por Vasconcelos et al. (2014) para ambiente de Cerrado, o qual consiste na utilização de múltiplas armadilhas por ponto de amostragem. Em cada local, delimitamos um transecto com comprimento aproximado de 200 m. Ao longo desse transecto, estabelecemos 10 pontos de coleta, separados por um intervalo regular de 20 m, o que é considerado suficiente para garantir independência entre as amostras em levantamentos de formigas. Em cada ponto, instalamos oito armadilhas de queda, sendo quatro armadilhas enterradas no chão e dispostas em uma grade quadrada de, aproximadamente, 2 x 2 m e quatro fixadas em diferentes galhos das árvores próximas. As armadilhas consistiram em copos plásticos de 200 ml contendo cerca de 100 ml de uma solução de água e detergente neutro. No solo, enterramos as armadilhas com a boca rente à superfície do solo e sem isca, uma vez que o distúrbio feito no solo para instalar as armadilhas é suficientemente atraente para as formigas (Greenslade, 1973). No entanto, na vegetação as armadilhas foram iscadas com uma solução nitrogenada (uma parte de urina humana diluída em três partes de água), pois as armadilhas nitrogenadas têm encontrado

comparativamente mais espécies de formigas arbóreas do que as iscas com mel ou sardinha (Powell et al., 2011). Após 48h, recolhemos as armadilhas e transferimos os espécimes coletados para álcool 70%.

Para comparar a eficiência do método de múltiplas armadilhas frente a outros métodos, utilizamos o extrator de Winkler, o qual é recomendado para coleta de formigas em ambientes florestais (Agosti et al., 2000; Lopes & Vasconcelos, 2008; Orsolon-Souza et al., 2015). O procedimento adotado neste método consistiu em peneirar (malha 0,8 cm) a serapilheira recolhida em 1 m² por ponto amostral, totalizando 10 m² por transecto. O material recolhido compôs uma amostra composta, a qual foi transferida para um extrator Winkler (Bestelmeyer et al., 2000) que permaneceu em operação por 48h.

Realizamos as coletas entre janeiro a abril de 2018. No laboratório, identificamos as formigas até o menor nível taxonômico possível (gênero ou espécie) segundo (Baccaro et al., 2015). Para as identificações, nós utilizamos os espécimes depositados na coleção entomológica do Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais da Universidade Federal de Uberlândia (LEIS-UFU) como referência para comparações.

2.2.3 Análise dos dados

Para determinar a eficiência no uso de múltiplas armadilhas no registro de espécies, construímos curvas de acumulação de espécies baseadas na riqueza registrada utilizando-se uma, duas, três ou quatro armadilhas por ponto (Ellison & Gotelli, 2011). Realizamos esta análise no programa EstimateS 9.1 (Colwell et al., 2004) e as curvas foram geradas através do programa Systat v.12 (Systat, 2007).

A partir do registro da incidência das formigas nas armadilhas, também estimamos a riqueza esperada de espécies para cada área, utilizando o estimador Jackknife de primeira ordem. A comparação da riqueza estimada para os diferentes métodos de amostragem foi realizada através de inferência por intervalos de confiança. A análise foi realizada com software R versão 3.5 (R Core Development Team, 2018).

Utilizando-se a técnica de ordenação nós sumarizamos os dados obtidos, Escalonamento Multidimensional Não Métrico - NMDS (Ellison & Gotelli, 2011), no intuito de ordenar as amostras com base na similaridade em termos de composição e incidência de espécies em cada amostra. Para testar se existe diferença significativa entre os métodos de amostragem, aplicamos a análise de similaridade fatorial – ANOSIM (Clarck, 1993). Utilizamos o índice de Jaccard em ambas as análises como uma medida de similaridade entre as amostras. Para testar o grau de congruência entre as matrizes de composição de

espécies obtidas por cada método de amostragem (1, 2, 3 e 4 armadilhas-de-queda e Winkler) nós utilizamos a análise Procrustes (Jackson, 1995). Usamos a ordenação NMDS, feita a partir das matrizes de similaridade de Jaccard, para gerar os autovalores para a realização da análise Procrustes. Estas análises foram conduzidas no software R versão 3.5 (R Core Development Team, 2018), utilizando o pacote vegan (Oksanen et al., 2018).

2.3 RESULTADOS

No total, amostramos 6.056 indivíduos de formigas, pertencentes a 143 espécies ou morfoespécies de 44 gêneros e sete subfamílias (Anexo 2-1). Myrmicinae foi a subfamília que apresentou maior riqueza de formigas (75 espécies), seguida por Formicinae (21), Ponerinae (21), Dorylinae (8), Pseudomyrmecinae (6), Dolichoderinae (6) e Ectatomminae (6). O gênero *Pheidole* foi o mais rico (24 espécies) seguido por *Camponotus* (15), *Solenopsis* (10) e *Cephalotes* (10).

O método de amostragem que mais coletou espécies no solo foi o conjunto de quatro armadilhas de queda (118 espécies), seguido pelos conjuntos de três armadilhas (113), duas armadilhas (99 espécies), uma só armadilha (90 espécies) e o extrator de winkler (70 espécies; Figura 2-2A). O mesmo padrão foi observado para os dados de vegetação, sendo que o conjunto de quatro armadilhas de queda obteve a maior riqueza de espécies (68 espécies), seguido pelos conjuntos de três armadilhas (63 espécies), duas armadilhas (56 espécies) e uma só armadilha (35 espécies; Figura 2-2B). Embora o acréscimo no número de armadilhas instaladas por ponto amostral resultou em um aumento progressivo na riqueza total registrada no solo, essa diferença não foi significativa (Figura 2-3). Enquanto que, comparando-se as armadilhas de queda com o extrator de winkler, no solo, observou-se que a riqueza de espécies foi diferente entre o winkler em relação ao conjunto de armadilhas contendo três e quatro armadilhas (Fig.2-2A). Na vegetação a riqueza total de espécies também teve um aumento progressivo de espécies e foi verificado que a riqueza de espécies coletada com uma única armadilha foi significativamente menor do que a riqueza coletada pelas demais armadilhas.

Ao verificar a eficiência de coleta entre os conjuntos de armadilhas de queda foi possível observar que nas amostras de solo a curva de acumulação de espécies tendeu à estabilização, indicando que o esforço amostral, somando-se as quatro armadilhas de queda, foi suficiente para amostrar a riqueza de espécies (Fig. 2-3 A), enquanto que para a vegetação a curva de acumulação de espécies não indica uma estabilização (Fig. 2-3 B).

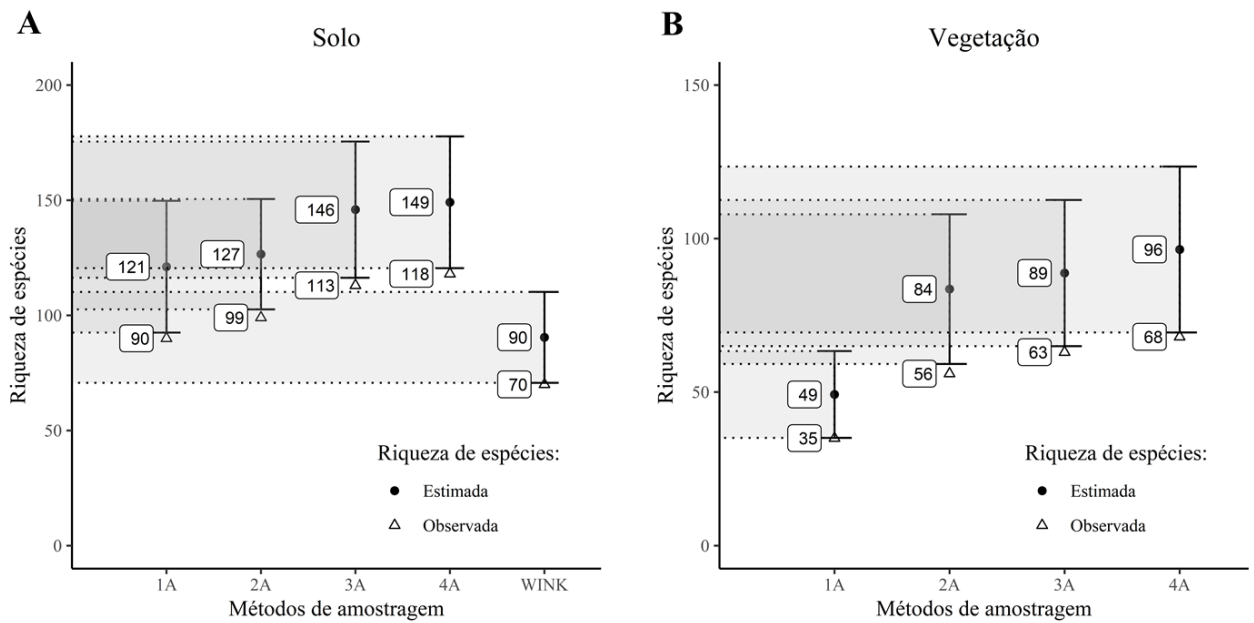


Figura 2-2: Riqueza de espécies de formigas coletadas por armadilha de queda (tipo *pitfall*) e extrator de Winkler em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil. (a) amostragem no solo e (b) amostras da vegetação.

No solo, a análise de ordenação mostrou a separação na composição de espécies de formigas entre os métodos de armadilhas de queda (1,2,3 e 4 armadilhas) e Winkler (Anosim: $r = 0.22$; $p = 0.001$) (Fig.2-4 A). Já a composição de espécies de formigas na vegetação não diferiu entre o conjunto de armadilhas de queda (Anosim: $r = -0.04$; $p = 0.804$) (Figura 2-4 B).

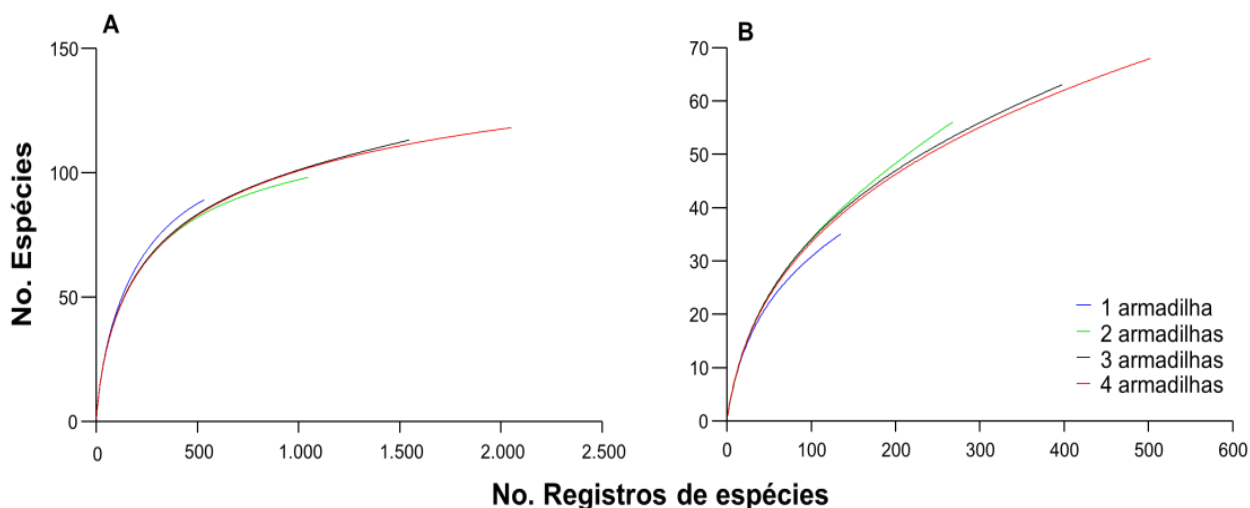


Figura 2-3: Curvas de acumulação de espécies de formigas em relação ao número de registros de espécies nas armadilhas de queda em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil. (A) fauna do solo e (B) fauna da vegetação.

Com a análise de Procrustes, observamos uma concordância significativa entre os conjuntos armadilhas de queda contendo duas e três armadilhas e com três e quatro armadilhas no solo ($m^2 = 0,52$, $P < 0,05$; $m^2 = 0,39$, $P < 0,01$, respectivamente). Já para as armadilhas de vegetação, encontramos uma concordância nos métodos de armadilha de queda contendo uma armadilha e quatro armadilhas e nas amostras contendo duas armadilhas e com quatro armadilhas ($m^2 = 0,36$, $P < 0,01$; $m^2 = 0,54$, $P < 0,05$, respectivamente) (Tabela 2-1).

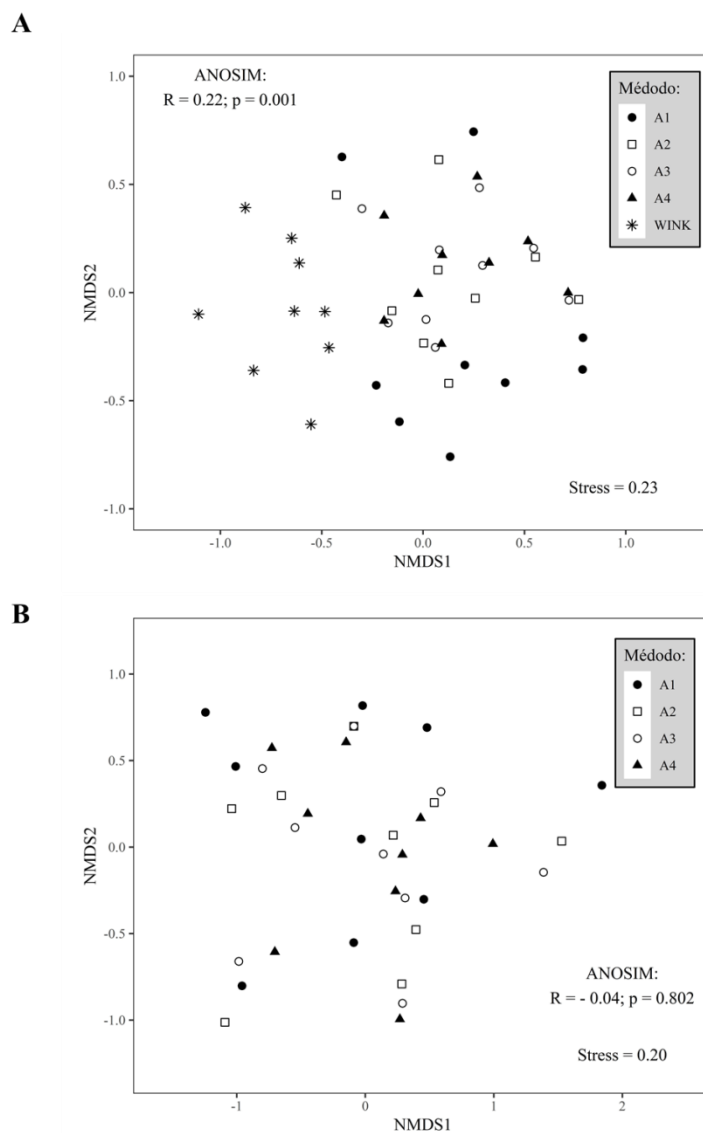


Figura 2-4: Ordenação (nMDS) da comunidade de formigas coletadas no solo (A) e na vegetação (B) por diferentes conjuntos de armadilhas de queda e Winkler em nove fragmentos de mata ripária amostrados de fevereiro a abril de 2018 em três rios localizados em Goiás, Brasil.

Tabela 2-1: Resultados obtidos a partir do teste do grau de congruência entre as matrizes de composição de espécies obtidas por cada método de amostragem.

Comparações	Solo		Vegetação	
	m ²	p	m ²	p
1 armadilha vs. 2 armadilhas	0.92	0.82	0.66	0.11
1 armadilha vs. 3 armadilhas	0.97	0.96	0.88	0.67
1 armadilha vs. 4 armadilhas	0.96	0.93	0.36 *	0.001 *
1 armadilha vs. Winkler	0.81	0.43		
2 armadilhas vs. 3 armadilhas	0.52 *	0.02 *	0.95	0.925
2 armadilhas vs. 4 armadilhas	0.76	0.30	0.54 *	0.03 *
2 armadilhas vs. Winkler	0.91	0.79		
3 armadilhas vs. 4 armadilhas	0.389*	0.001 *	0.80	0.40
3 armadilhas vs. Winkler	0.86	0.62		
4 armadilhas vs. Winkler	0.72	0.22		

2.4 DISCUSSÃO

De modo geral, a riqueza total de espécies registradas neste estudo corresponde à observada em outras pesquisas realizadas em ambientes florestais (Sobrinho et al., 2004; Silva et al., 2006, 2017; Baccaro et al., 2011; Camacho & Vasconcelos, 2015; Orsolon-Souza et al., 2015; Assis et al., 2018) e a encontrada em outros ambientes, como no Cerrado sentido restrito (Campos et al., 2011; Pacheco & Vasconcelos, 2012). Isso nos leva a acreditar que a amostragem de formigas realizadas nesses ambientes foi satisfatória, refletindo assim a diversidade geral dos diversos grupos de formigas. A subfamília Myrmicinae foi a mais abundante em ambas as técnicas e este resultado provavelmente está relacionado à elevada riqueza e abundância desse grupo na fauna da região tropical (Holldobler & Wilson, 1990). Dentro da subfamília Myrmicinae, *Pheidole* foi o gênero mais abundante em nossas amostras, essa representatividade deve-se ao fato desse gênero ser hiperdiverso e possuir uma ampla diversidade de hábitos alimentares e de nidificação (Holldobler & Wilson, 1990; Camacho & Vasconcelos, 2015).

Um dos protocolos mais utilizados para a amostragem de formigas é o protocolo ALL (*Ants of the Leaf-Litter*; (Agosti et al., 2000). Esse protocolo baseia-se na experiência de pesquisadores em formigas, da suficiência e complementaridade dos métodos de amostragem, especificamente para amostragem de formigas florestais que habitam no solo. Desde então, o

protocolo ALL têm sido comumente usado para coleta de formigas para os mais diferentes ecossistemas. Entretanto, um novo protocolo para amostragem de formigas em ambientes de savana foi proposto no ano de 2014 (Vasconcelos et al., 2014). O protocolo de coleta ALL sugere o uso de dois métodos de amostragem complementares (armadilha de queda e o extrator de Winkler no solo). Já o protocolo proposto para ambientes de savana, propõe o uso de armadilhas de queda múltiplas em dois estratos de forrageio e nidificação (solo e vegetação), mostrando assim, que quando instalados um conjunto de quatro armadilhas de queda, por ponto amostral, coleta-se em média 2,5 vezes mais espécies no solo, e 2,7 vezes mais espécies na vegetação do que quando faz o uso de apenas uma única armadilha (Vasconcelos et al., 2014).

Embora no protocolo de coleta ALL seja recomendado utilizar metodologias complementares para coletas de espécies de formigas em ambientes florestais (Agosti et al., 2000), alguns pesquisadores têm utilizado apenas um único método de coleta que foi proposto, sendo a armadilha de queda (Sobrinho et al., 2004; Coelho & Ribeiro, 2006; Camacho & Vasconcelos, 2015; Lutinski et al., 2017) ou o extrator de Winkler (Silva & Brandão, 2010; Diversity et al., 2015). Dessa forma, neste estudo utilizamos o protocolo de amostragem de formigas em ambientes de savana (armadilhas múltiplas) testando assim a sua eficiência de coleta para ambientes florestais em conjunto com o uso do extrator de Winkler. O resultado obtido nesse estudo mostrou que a riqueza de espécies de formigas não diferiu significativamente entre as armadilhas de queda no solo. Na vegetação nos verificamos que a riqueza de espécies coletadas com uma única armadilha de queda foi menor quando comparado com as demais armadilhas (duas, três ou quatro armadilhas), havendo um aumento progressivo na riqueza de espécies à medida que aumentamos a quantidade de armadilhas. Em relação à eficiência de coleta no solo, entre os dois métodos amostrais (armadilhas de queda e Winkler), podemos notar que nas amostras contendo 3 e 4 armadilhas de queda observamos uma riqueza de espécies maior do que no extrator do Winkler, sendo assim as armadilhas de queda múltiplas mostraram ser mais eficientes na coleta de formigas em ambientes florestais do que quando usado apenas o extrator de Winkler. Apesar de que alguns pesquisadores tenham obtido resultados contrários aos nossos achados (onde a riqueza de espécies em ambientes florestais é maior nas amostragem com o Winkler) (Parr & Chown, 2001; Lopes & Vasconcelos, 2008; Ribeiro et al., 2012; Orsolon-Souza et al., 2015; Hanisch et al., 2018), vale ressaltar que nesses estudos os pesquisadores optaram por utilizar apenas uma ou duas

armadilhas de queda por ponto amostral, enquanto que no nosso estudo utilizamos quatro armadilhas de queda por ponto amostral.

Nossos resultados indicam que a utilização de múltiplas armadilhas de queda pode ser eficiente na amostragem da riqueza de espécies de formigas em ambientes florestais, como foi mostrado nas curvas de acumulação de espécies no solo. A fauna de formigas arbóreas encontrada nesse estudo (75 espécies) pode ser considerada similar à já registrada em outros estudos. Em uma pesquisa realizada em uma área de savana (reserva de aproximadamente 10.000 ha) no Distrito Federal, registrou 75 espécies de formigas (Ribas et al., 2003), e superior a já registrada em áreas de matas ripárias em estudo realizado no Pantanal, no estado de Mato Grosso do Sul, com apenas 35 espécies de formigas coletadas (Ribas & Schoederer, 2007). Embora utilizamos iscas nitrogenadas para amostrar a fauna da vegetação (Powell et al., 2011), as curvas de acumulação de espécie não atingiram a estabilização, tornando-se necessário aumentar a amostragem para a fauna de formigas arbóreas nesses ambientes. As áreas florestais abrigam particularmente uma fauna rica e distinta de formigas arbóreas e epigéicas (Yanoviak & Kaspari, 2000), porém as espécies arbóreas são relativamente difíceis de serem amostradas nesses ambientes, já que acessar o dossel das árvores exige maiores esforços.

Alguns estudos mostraram que ao se utilizar tanto armadilhas de queda quanto extrator de Winkler é possível coletar espécies únicas (Fisher 1999; Martelli et al. 2004; Embora a diversidade de espécies amostradas pelo extrator de Winkler, em nosso estudo, fosse praticamente um subconjunto da assembleia coletada pelas armadilhas de queda (com apenas 10 espécies exclusivas), sua composição no solo diferiu entre os dois métodos amostrais (armadilhas de queda e Winkler), formando assim dois grupos distintos, um com a composição de espécies registradas pelo Winkler, e outro conjunto registrado pelas armadilhas de queda. O extrator de Winkler no geral é mais eficiente para captura de espécies menores e crípticas que vivem na serapilheira, enquanto que as armadilhas de queda são mais eficazes para coleta de espécies maiores e que forrageiam na superfície da serapilheira (Lopes & Vasconcelos, 2008; King & Porter, 2009; Orsolon-Souza et al., 2015).

2.5 CONCLUSÃO

Nosso estudo sugere que o protocolo de coleta originalmente proposto para amostragem de formigas em ambientes de savana também é adequado para amostragem da riqueza de formigas em ambientes florestais. Se o objetivo da pesquisa for amostrar mais

espécies de formigas com um custo de coleta menor, o uso de múltiplas armadilhas de queda é a melhor opção para determinar a riqueza de espécies em áreas de mata, já que a amostragem utilizando o extrator de Winkler torna-se muito mais demorada e trabalhosa do que a armadilha de queda. Entretanto, para uma amostragem mais completa da diversidade de formigas presentes no solo, sugerimos que utilizar o extrator de Winkler combinado com as múltiplas armadilhas de queda seria mais eficiente.

2.6 REFERÊNCIAS

- Agosti D, Majer DJ, Alonso EL & Schultz RT (2000) Applying the ALL Protocol Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM & Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711–728.
- Assis DS, Dos Santos IA, Ramos FN, Barrios-Rojas KE, Majer JD & Vilela EF (2018) Agricultural matrices affect ground ant assemblage composition inside forest fragments. *PLoS ONE* 13.
- Baccaro F, Feitosa RM, Fernandez F, Fernandes IO, Izzo TJ, Souza JLP de & Solar R (2015) Guia para os gêneros de Formigas do Brasil. Manaus.
- Baccaro FB, Ketelhut SM & Morais JW De (2011) Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 41:115–122.
- Bestelmeyer B., Alonso E., Brandão CR., Brown JR W., Delabie JH. & Silvestre R (2000) Field techniques for the study of Ground-Dwelling ants. :122–144.
- Camacho GP & Vasconcelos HL (2015) Ants of the Panga Ecological Station, a Cerrado reserve in Central Brazil. *Sociobiology* 62:281–295.
- Campos RI, Vasconcelos HL, Andersen AN, Frizzo TLM & Spena KC (2011) Multi-scale ant diversity in savanna woodlands: An intercontinental comparison. *Austral Ecology* 36:983–992.
- Clarck KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117–143.
- Coelho IR & Ribeiro SP (2006) Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 35:19–29.
- Colwell RK, Mao CX & Chang J (2004) Interpolating, Extrapolating, and Comparing Incidence-Based Species Accumulation Curves. *Ecology* 85:2717–2727.
- Diversity T, Stork NE & Bolton B (2015) The diversity and abundance of ants in relation to forest urnal disturbance and plantation establishment in southern. 39:18–30.
- Ellison AM & Gotelli NJ (2011) *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre.
- Fischer B. L. (1999) Improving inventory efficiency: a case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. *Ecological Applications* 9:714–731.
- Greenslade PJM (1973) Sampling Ants With Pitfall Effects. *Insectes Sociaux* 20:343–353.

- Hanisch PE, Suarez A V., Tubaro PL & Paris CI (2018) Co-occurrence Patterns in a Subtropical Ant Community Revealed by Complementary Sampling Methodologies. *Environmental entomology* 47:1402–1412.
- Holldobler B. & Wilson EO (1990) *The Ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Holldobler B. & Wilson EO (2008) *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*.
- Jackson D (1995) PROTEST: A PROcrustean randomization TEST of community environment concordance. *Ecoscience* 2:297–303.
- King JR & Porter SD (2009) Evaluation of Sampling Methods and Species Richness Estimators for Ants in Upland Ecosystems in Florida. *Environmental Entomology* 34:1566–1578.
- Lopes CT & Vasconcelos HL (2008) Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling Ants in the Brazilian Cerrado. *Neotropical Entomology* 37:399–405.
- Lutinski JA, Lutinski CJ, Guarda C, Busato MA & Garcia FRM (2017) Richness and structure of ant assemblies (Hymenoptera: Formicidae) in Atlantic forest in southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 89:2719–2729.
- Majer JD (1983) Ants: Bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management* 7:375–383.
- Oksanen J, Blanchet F., Friendly M, Kindt R, Legendre P, Minchin D, Minchin P., O’Hara R., Simpson G., Solymos P, Stevens MH., Szoecs E & Wagner H (2018) *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-2.
- Orsolon-Souza G, Veiga-Ferreira S, Mayhé-Nunes A, Esbérard C, Vargas A & Folly-Ramos E (2015) Comparison between Winkler’s extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71:873–880.
- Pacheco R & Vasconcelos HL (2012) Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. *Biodiversity and Conservation* 21:797–809.
- Parr CT & Chown SL (2001) Inventory and bioindicator sampling: Testing pitfall and winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation* 5:27–36.
- Powell S, Costa AN, Lopes CT & Vasconcelos HL (2011) Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *The Journal of animal ecology* 80:352–60.

- R Core Development Team (2018) R: A language and environment for statistical computing.
- Ribas CR & Schoereder JH (2007) Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation* 16:1511–1520.
- Ribas CR, Schoereder JH, Pic M & Soares SM (2003) Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology* 28:305–314.
- Ribeiro FM, Sibinel N, Ciocheti G & Campos AEC (2012) Analysis of ant communities comparing two methods for sampling ants in an urban park in the city of são paulo, brazil. *Sociobiology* 59:971–984.
- Rodrigues RR (2004) Uma discussão nomenclatural das florestas ciliares. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. (ed by RR Rodrigues & HF Leitão-Filho) 3rd edn. EDUSP/FAPESP, São Paulo, pp 91–99.
- Romero H & Jaffe K (2006) A Comparison of Methods for Sampling Ants (Hymenoptera, Formicidae) in Savannas. *Biotropica* 21:348.
- Segat JC, Figueiredo Vasconcellos RL, Paiva Silva D, Baretta D & Cardoso EJBN (2017) Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. *Forest Ecology and Management* 404:338–343.
- Silva RR & Brandão CRF (2010) Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecological Monographs* 80:107–124.
- Silva L, Ciências CDEPEM & Florestais AE (2006) Composição, riqueza e raridade de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em povoamento de eucaliptos e mata nativa na Reserva Biológica União/. Dissertação de Mestrado, UFRRJ:34.
- Silva LF, Souza RM, Solar RRC & Neves FDS (2017) Ant diversity in Brazilian tropical dry forests across multiple vegetation domains. *Environmental Research Letters* 12.
- Sobrinho TG, Sperber CF, Lopes-Andrade C, Schoereder JH, Ribas CR & Soares SM (2004) How large is large enough for insects? Forest fragmentation effects at three spatial scales. *Acta Oecologica* 27:31–41.
- Systat (2007) Systat for Windows, version 12.
- Vasconcelos HL, Frizzo TLM, Pacheco R, Maravalhas JB, Camacho GP, Carvalho KS, Koch EBA & Pujol-Luz JR (2014) Evaluating sampling sufficiency and the use of surrogates for assessing ant diversity in a Neotropical biodiversity hotspot. *Ecological Indicators* 46:286–292.

Wilson EO & Holldobler B (2005) The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:7411–7414.

Yanoviak ASP & Kaspari M (2000) Community Structure and the Habitat Templet : Ants in the Tropical Forest Canopy and Litter. *89:259–266.*

**INFLUÊNCIA DE PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE A
DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS EM MATAS
RIPÁRIAS DO CERRADO**

INFLUÊNCIA DE PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE A DIVERSIDADE FUNCIONAL DE FORMIGAS EM MATAS RIPÁRIAS DO CERRADO

RESUMO

A fragmentação e a perda de habitat constituem algumas das maiores ameaças à biodiversidade mundial. O estabelecimento de matrizes agrícolas geralmente envolve o desmatamento, levando à fragmentação da floresta remanescente. Essa fragmentação pode afetar a dinâmica da floresta. Como a maioria das espécies animais é afetada, certos grupos podem ser usados para medir o impacto dessa fragmentação. Este estudo teve como objetivo investigar o potencial efeito da retirada da conectividade de áreas de matas ripárias com a matriz nativa adjacente sobre a diversidade taxonômica e funcional de formigas. Coletamos as formigas em 18 fragmentos de mata ripária (9 contínuos e 9 descontínuos) ao longo de 3 rios, localizados no sudeste do estado de Goiás. Utilizamos dois métodos amostrais, sendo armadilhas de queda múltiplas e o extrator de Winkler. As comunidades de formigas presentes nas áreas de mata ripária contínua apresentaram o menor tamanho do olho em relação às espécies de formigas presentes em mata descontínua. Os dois tratamentos não diferiram em sua diversidade taxonômica. Já para a diversidade funcional foi possível observar que as matas ripárias descontínuas mostraram-se uma abundância de espécies menos distribuídas (Feve). Nossos resultados sugerem que embora a fragmentação de ambientes florestais possa causar sérios impactos ao meio ambiente, para as comunidades de formigas esses ambientes possuem um potencial significativo para manter a diversidade de formigas.

Palavras-chave: Traços funcionais, Matrizes agrícolas, Remanescentes naturais, Hymenoptera, Função do ecossistema, Mudanças no uso do solo.

3.1 INTRODUÇÃO

A fragmentação e a perda de habitat constituem algumas das maiores ameaças à biodiversidade mundial, uma vez que afetam a estrutura, a composição e o funcionamento das comunidades biológicas (Wilcox & Murphy, 1985; Saunders et al., 1991). A fragmentação se constitui em uma diminuição da conectividade do habitat, em que habitats de vegetação original tornam-se manchas menores de vegetação circundadas por vegetação matriz. Estas manchas de habitat isolados podem diferir substancialmente na composição das espécies, devido à agregação de espécies, limitação da dispersão ou dos efeitos de colonização e da extinção. Já a perda de habitat implica na redução da área de habitat natural, que pode levar a uma redução na riqueza de espécies, consistente com as relações espécie-área bem conhecidas (Laurance, 2008). À medida que a área do habitat diminui, o habitat da borda torna-se proporcionalmente maior e o habitat interior, menor (Fahrig, 2003). Assim, a forma e o tamanho do fragmento estão diretamente relacionados ao efeito de borda, definido por uma série de mudanças físicas e biológicas no ecossistema (Gascon et al., 1999). Além da forma e tamanho dos fragmentos, o efeito de borda e outras características, como a qualidade da matriz, são importantes na determinação da abundância de espécies em paisagens perturbadas (Fahrig, 2003; Crist, 2009).

As atividades agrícolas são particularmente crescentes no Cerrado e tornaram-se uma ameaça à biodiversidade deste bioma, que tem perdido grande parte da sua área natural. Nos últimos anos, cerca de 50% da área natural de Cerrado foi transformada em áreas de cultivo e pastagens e apenas 19,8% permanece inalterado (Strassburg et al., 2017). Embora o Cerrado seja considerado um dos *hotspots* de biodiversidade mundial (Myers et al., 2000), apenas 7,5% da vegetação remanescente encontra-se dentro de áreas protegidas (Klink & Machado, 2005). As modificações ambientais decorrentes das práticas agrícolas no Cerrado são extensas, ocasionando forte fragmentação, invasão biológica, erosão e degradação do solo, poluição da água, mudanças no regime do fogo, todas potencialmente levando à perda da biodiversidade (Carvalho et al., 2009).

As matas ripárias (isto é, matas de galeria e matas ciliares) são áreas de vegetação florestal que acompanham córregos e rios. Estas áreas são protegidas pela legislação vigente (Brasil, 2012) e por isso representam boa parte dos remanescentes de vegetação do Cerrado (Lorenzi, 2002). Estas áreas, além de serem habitat para diversas espécies e fonte de alimento para a fauna aquática, são fundamentais na manutenção da biodiversidade por funcionarem como

corredores biológicos para o deslocamento das espécies entre remanescentes naturais (Salvador, 1987). Contudo, além dos efeitos da fragmentação, as áreas de matas ripárias são alvo de ações exploratórias, sendo severamente reduzidas em virtude do desmatamento ou do manejo inadequado da matriz no entorno. Assim, a retirada da vegetação natural de bacias hidrográficas para ocupação por agropecuária, representa usualmente apenas uma etapa intermediária no processo de deterioração das matas ripárias e dos corpos d'água que estas acompanham (Menezes et al., 2009; Loyola et al., 2016).

As espécies animais em um fragmento podem ser afetadas pelo tipo e pela quantidade de recursos disponíveis e pelas interações com outras espécies presentes no fragmento e no ambiente circundante (Perfecto & Snelling, 1995; Duffy, 2002). A rapidez com que ocorrem essas mudanças, muitas vezes não permitem adaptações dos animais ao ambiente modificado, ocasionando severa perda na riqueza de espécies, incluindo aquelas que desempenham papéis únicos no ecossistema (Vasconcelos, 1999). Contudo, compreender os processos responsáveis pela variação na riqueza e composição de espécies ao longo dos gradientes ambientais é um dos desafios centrais na ecologia. Muitos estudos sugerem que o ambiente é um fator chave que conduz a tal variação (Ribas et al., 2003; Coelho & Ribeiro, 2006; Queiroz & Ribas, 2016). Embora a ligação entre o ambiente e as distribuições de espécies ou a composição comunitária tem sido amplamente abordada de um ponto de vista taxonômico ou filogenético, a importância de usar uma abordagem funcional foi recentemente ressaltada (McGill et al., 2006; Bihn et al., 2010).

A diversidade funcional é uma medida de diversidade que incorpora os atributos (caracteres morfológicos) das espécies (Cianciaruso et al., 2009). Esses atributos são chamados de funcionais, por serem importantes para diferentes processos ecossistêmicos. Sendo assim, a diversidade funcional é uma medida de biodiversidade que explica melhor qual a importância ecológica das espécies em uma comunidade, bem como uma forma de entender como a biodiversidade afeta funções específicas do ecossistema (Ricotta, 2005). O grau em que as espécies desempenham funções ecológicas semelhantes em termos funcionais nas comunidades e ecossistemas, isto é, o nível de redundância funcional, é de extrema importância para estabilidade e produtividade dos ecossistemas (Cianciaruso et al., 2009). Espera-se que as espécies funcionalmente redundantes desempenhem papéis semelhantes nos processos ecossistêmicos (Bihn et al., 2010). A diversidade funcional tem sido frequentemente usada no estudo de ecossistemas perturbados. Isso porque, as mudanças ambientais podem alterar componentes taxonômicos e funcionais da diversidade de

comunidades locais e, conseqüentemente, comprometer a dinâmica dos ecossistemas (Wiescher et al., 2012).

Vários grupos de artrópodes, como as formigas, desempenham importantes funções no ecossistema, atuando na ciclagem e aeração do solo, dispersão de sementes e ainda podendo regular as populações de outros animais (Holldobler & Wilson, 1990, 2008). As formigas são um grupo dominante no Cerrado e caracterizam-se pela ocupação de quase todos os habitats, apresentando uma ampla distribuição geográfica, abundância e elevada riqueza de gêneros e espécies (Andersen, 1997). Esses insetos podem também ser bons bioindicadores do nível de impacto de diferentes perturbações de origem antrópica sobre a qualidade do habitat em paisagens fragmentadas, conseqüentemente, as formigas são consideradas componentes cruciais da maioria dos ecossistemas (Agosti et al., 2000). No entanto, as conseqüências das mudanças ocasionadas pela fragmentação sobre a fauna de formigas ainda são pouco conhecidas, sendo que a maioria dos trabalhos tem como foco a diversidade taxonômica e nenhum estudo no Cerrado avaliou os efeitos da fragmentação sobre a estrutura e composição da comunidade de formigas a nível funcional. Este conhecimento é importante para a compreensão de como a complexidade da comunidade ecológica é afetada pela fragmentação, e o quanto e quais funções ecológicas estão sendo perdidas devido à modificação da paisagem pela ação antrópica.

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da retirada da conectividade de matas ripárias com a matriz adjacente natural sobre a diversidade taxonômica e funcional de formigas, considerando a variação de características morfológicas no cálculo da diversidade funcional. Nossa hipótese é que as áreas onde os remanescentes de mata possuem continuidade com a vegetação nativa adjacente teriam maior diversidade funcional e taxonômica do que as áreas onde a vegetação nativa adjacente foi retirada.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Modelo experimental

Desenvolvemos o estudo no sudeste do estado de Goiás (Figura 3-1). O clima nesta região é marcadamente sazonal (Alvares et al., 2013), com as médias anuais de temperatura e precipitação variando entre 23-25° C e 1600-1900 mm, respectivamente.

Nós coletamos as formigas em 18 fragmentos de Cerrado separados entre si por no mínimo 1 km de distância. Mais especificadamente, os pontos de coleta foram estabelecidos

no interior de faixas de mata ripária presentes nestes fragmentos, distribuídos ao longo de três rios, sendo estes o rio Corumbá, rio Pirapitinga e o rio Veríssimo (Figura 3-1). A fisionomia de mata ripária consiste em faixas de floresta com largura variável (aprox. 10 a 30 m) ocorrendo ao longo de cursos d'água, com influência fluvial permanente ou sazonal devido à elevação do rio ou do lençol freático (Rodrigues, 2004). Seleccionamos 18 locais distribuídos por dois tratamentos: (a) áreas de mata ripária contínuas com vegetação nativa adjacente e (b) áreas de mata ripária sem continuidade com vegetação nativa. As áreas de mata ripária contínuas consistiram em fragmentos variando entre 22 a 668 ha de extensão. Já os tratamentos descontínuos, eram ambientes cuja vegetação nativa adjacente foi totalmente retirada para a instalação de pastagens, ou seja, ambientes de mata ripária com áreas variando de 10 a 30 m de largura de mata.

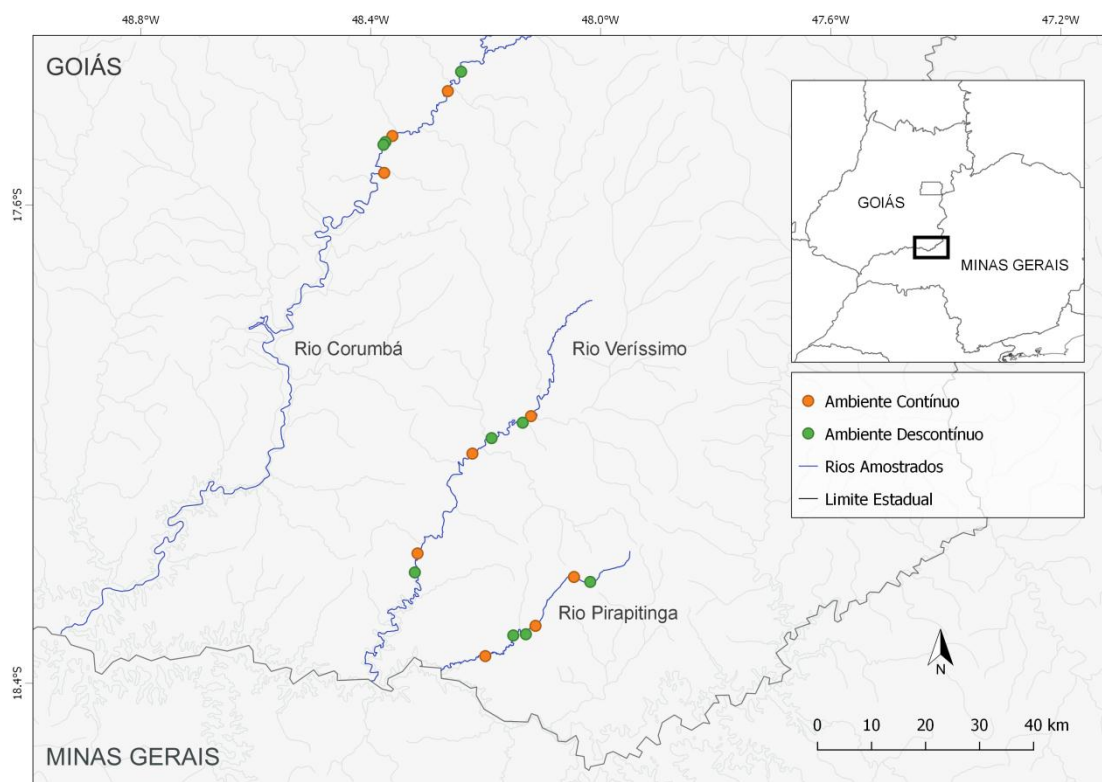


Figura 3-1: Mapa da área de estudo com a localização dos pontos amostrados em fragmentos de mata ripária ao longo de três rios localizados do sudeste de Goiás, Brasil.

3.2.2 Design experimental

Para amostrar a fauna de formigas nós utilizamos dois métodos de coleta: armadilhas de queda múltiplas e o extrator de Winkler. A utilização das múltiplas armadilhas de queda foi proposta por Vasconcelos et al. (2014) no protocolo de coletas de formigas para ambiente de Cerrado e consiste na utilização de múltiplas armadilhas por ponto de amostragem. Em cada local, delimitamos um transecto com comprimento aproximado de 200 m. Ao longo desse transecto, estabelecemos 10 pontos de coleta, separados por um intervalo regular de 20 m, o que é considerado suficiente para garantir independência entre as amostras em levantamentos de formigas (Agosti et al., 2000). Em cada ponto, instalamos quatro armadilhas de queda (dispostas em uma grade quadrada de aproximadamente 2 x 2 m). As armadilhas consistiram em copos plásticos de 200 ml instalados no solo, com a abertura ao nível do solo. Preenchemos os copos até metade de sua capacidade com uma solução de água e detergente neutro. Após 48h, recolhemos as armadilhas e transferimos os espécimes coletados para álcool 70%.

Para as coletas utilizando o extrator de Winkler, nós removemos toda a camada de serapilheira encontrada em 1 m² por ponto amostral do solo e peneirada através de uma malha de 0,8 cm. O material recolhido compôs uma amostra composta, a qual nós transferimos para um extrator Winkler (Bestelmeyer et al., 2000) que permaneceu em operação por 48h. Ambos os métodos amostrais foram realizadas ao mesmo tempo.

Realizamos as coletas entre janeiro a abril de 2018. No laboratório, identificamos as formigas até o menor nível taxonômico possível (gênero ou espécie) (Baccaro et al., 2015). Para as identificações das espécimes nós comparamos com a coleção entomológica do Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais da Universidade Federal de Uberlândia (LEIS-UFU).

3.2.3 Características funcionais das formigas

Para descrever a morfologia de cada espécie, foram utilizadas medidas morfométricas contínuas. Escolhemos aleatoriamente cinco operárias de cada espécie para a realização das medidas morfológicas, exceto quando menos espécimes da espécie foram observados. Para cada indivíduo foram realizadas medidas padronizadas usando um micrômetro ocular montado em um estereomicroscópio (Leica) equipado com um micrómetro ocular com precisão de 0,01 mm. Utilizamos a ampliação máxima quando possível, mantendo a estrutura dentro da faixa do micrômetro. Foram obtidas medidas do clipeo, mandíbula, fêmur, escapo,

mesossoma, pronoto, tamanho relativo e a posição dos olhos (Tabela 3-1). Ao todo, mediu-se 770 indivíduos de 182 espécies de formigas capturadas durante o trabalho.

3.2.4 Análise dos dados

No total, utilizamos oito medidas morfométricas para o cálculo dos índices de diversidade funcional (Tabela 3-1). Primeiramente, transformamos cada atributo funcional das formigas na escala log e, posteriormente, fizemos uma regressão de cada traço pelo tamanho do corpo para obter resíduos não dependentes do tamanho do corpo. Estimamos a diversidade taxonômica pela riqueza de espécie, riqueza funcional (FRic), equidade funcional (Feve), índice de entropia quadrática de Rao (RaoQ) e a média ponderada da comunidade para cada característica funcional (CWM). A métrica FRic representa a quantidade de espaço de características funcionais ocupadas pela comunidade (Mouchet et al., 2010), enquanto a métrica Feve descreve a distribuição de uniformidade de abundância em um espaço de características funcionais (Mouchet et al., 2010). Já a métrica RaoQ expressa as diferenças funcionais entre as espécies da comunidade, ponderadas por suas abundâncias relativas (De Bello et al., 2013). Por fim, calculamos o CWM a partir do valor médio do atributo de cada espécie, ponderada de acordo com sua abundância local; refletindo o valor dominante da característica da comunidade (Garnier et al., 2004).

Para avaliar se houve diferença nos índices de diversidade funcional e taxonômico entre comunidades de formigas em áreas de mata ripária com ou sem a vegetação nativa adjacente, primeiramente nós realizamos um teste de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk). Caso não houvesse normalidade dos dados, nós utilizamos então o teste de Kruskal-Wallis para averiguar se houve diferença estatística das métricas de diversidade funcional obtidas para os diferentes tipos de ambientes (Siegel & Castellan, 1988).

Tabela 3-1: Características morfológicas selecionadas para o cálculo da diversidade funcional com sua significância funcional hipotética e medidas tomadas para comunidades de formigas amostradas em 18 áreas de mata ripária localizadas no sudeste do estado de Goiás.

Traços morfológicos	Significância funcional hipotética	Medidas
Mesosoma	Indicativo do tamanho do corpo (Kaspari, 1996), que é uma chave para muitas características da história de vida, como o uso de recursos (Kaspari & Weiser, 1999).	Distância da margem anterodorsal do pronoto à margem póstero-ventral do propódio.
Mandíbula	Indicativo de dieta; mandíbulas mais longas poderiam permitir a predação de presas maiores (Fowler et al., 1991).	Distância em linha reta da inserção até a ponta da mandíbula
Clypeo	Muitos gêneros que dependem fortemente de alimentos líquidos, como os de Dolichoderinae e Formicinae, têm o clypeo altamente modificado. (Davidson, 2005).	Comprimento do Clypeo em linha reta
Fêmur	Indicativo de velocidade de forrageio, que reflete a complexidade do habitat (Feener et al., 2006).	Comprimento do fêmur da perna traseira
Escapo	Habilidades sensoriais - trajetos mais longos facilitam o acompanhamento de trilhas de feromônio (Weiser & Kaspari, 2006).	Comprimento do escapo da antena
Posição dos olhos	Relacionado ao método de caça (Fowler et al. 1991) ou ao componente do habitat ocupado (Gibb & Parr, 2013).	Distância entre os olhos menos a largura da cabeça através do topo dos olhos
Tamanho relativo dos olhos	É indicativo do comportamento de busca de alimentos e dos tempos de atividade (Weiser & Kaspari, 2006).	Relação entre o comprimento do olho e o comprimento da cabeça
Pronoto	Tamanho das lacunas através das quais o trabalhador pode passar (Sarty et al., 2006).	Largura do pronoto em vista dorsal

Calculamos os índices de diversidade funcional e CWM usando o pacote “FD” no software R 3.5.2 (R Core Development Team, 2018) e os testes de Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis foram realizados no programa Systat 12 (Systat, 2007).

3.3 RESULTADOS

Apenas uma das oito características funcionais analisadas apresentou diferentes valores médios ponderados pela comunidade (CWM) entre os dois tratamentos (Figura 3-2). As comunidades de formigas presentes nas áreas de mata ripária contínua apresentaram o menor tamanho relativo do olho (média de 0,178 mm) do que aquelas localizadas em matas ripárias descontínuas (média de 0,188 mm; Kruskal-Wallis: Chi-Square = 7,737, $p < 0,005$) (Figura 3-2 H).

As áreas de mata ripária contínua e descontínua não diferiram em sua diversidade taxonômica, sendo que a riqueza de espécies encontrada entre os dois tratamentos amostrais não mostrou diferença significativa (Figura 3-3A; Kruskal-Wallis: Chi-Square = 0,237, $p > 0,005$). Já para a diversidade funcional foi possível observar que as matas ripárias descontínuas mostraram-se uma abundância de espécies menos distribuídas (média de 0,60mm; Figura 3-3C), ou seja, a distribuição de espécies possui menor uniformidade de abundância do que as áreas de matas ripárias contínuas (média de 0,65mm; Kruskal-Wallis: Chi-Square = 4,306, $p < 0,005$). Não houve diferença na diversidade funcional de formigas em matas ciliares com e sem vegetação de Cerrado adjacente segundo os índices de riqueza funcional (Kruskal-Wallis: Chi-Square = 0,439, $p > 0,05$; Figura 3-3B) e o RaoQ (Kruskal-Wallis: Chi-Square = 1,218, $p > 0,05$; Figura 3-3D).

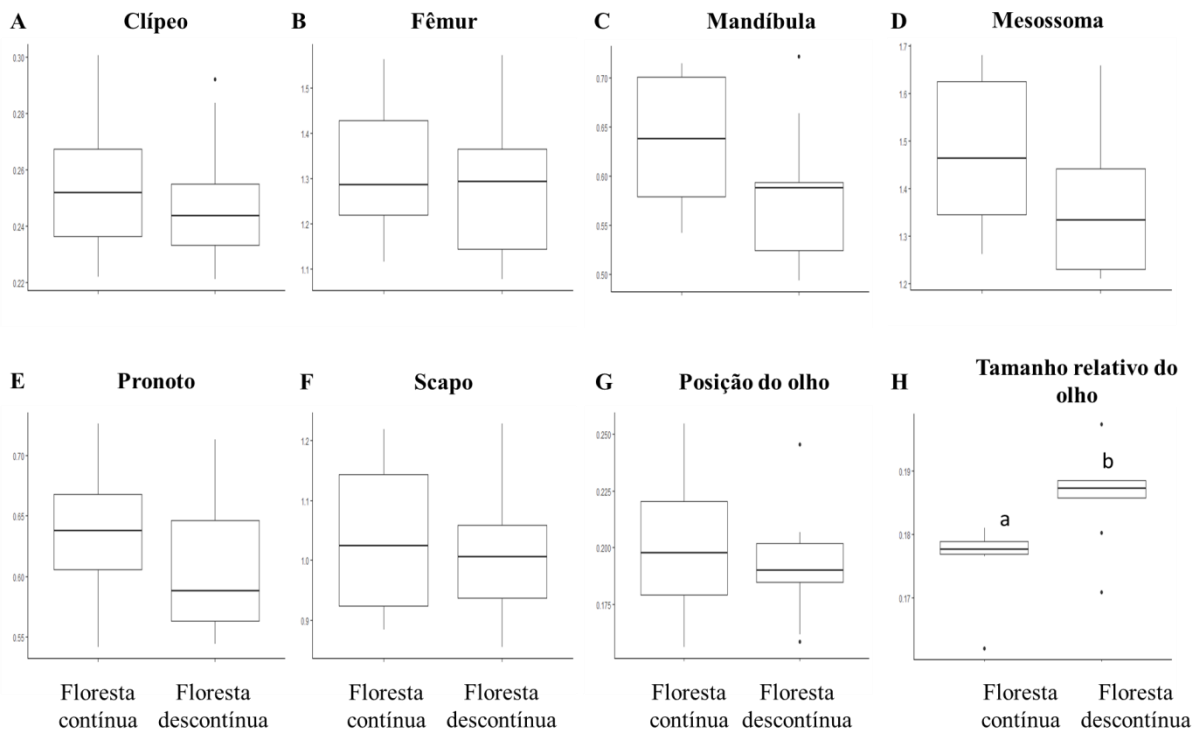


Figura 3-2: Comparações das diferenças dos atributos funcionais das formigas coletadas em áreas de mata ripária com e sem a presença de mata remanescente original de Cerrado, no estado de Goiás. A barra central representa a mediana, e as barras representam o desvio padrão das médias ponderadas das oito características funcionais de comunidades de formigas localizadas em áreas de mata ripária contínua e descontínua á vegetação nativa adjacente. Os asteriscos representam os outlier. Letras diferentes representam diferenças significativas segundo teste de Kruskal-Wallis a 5%.

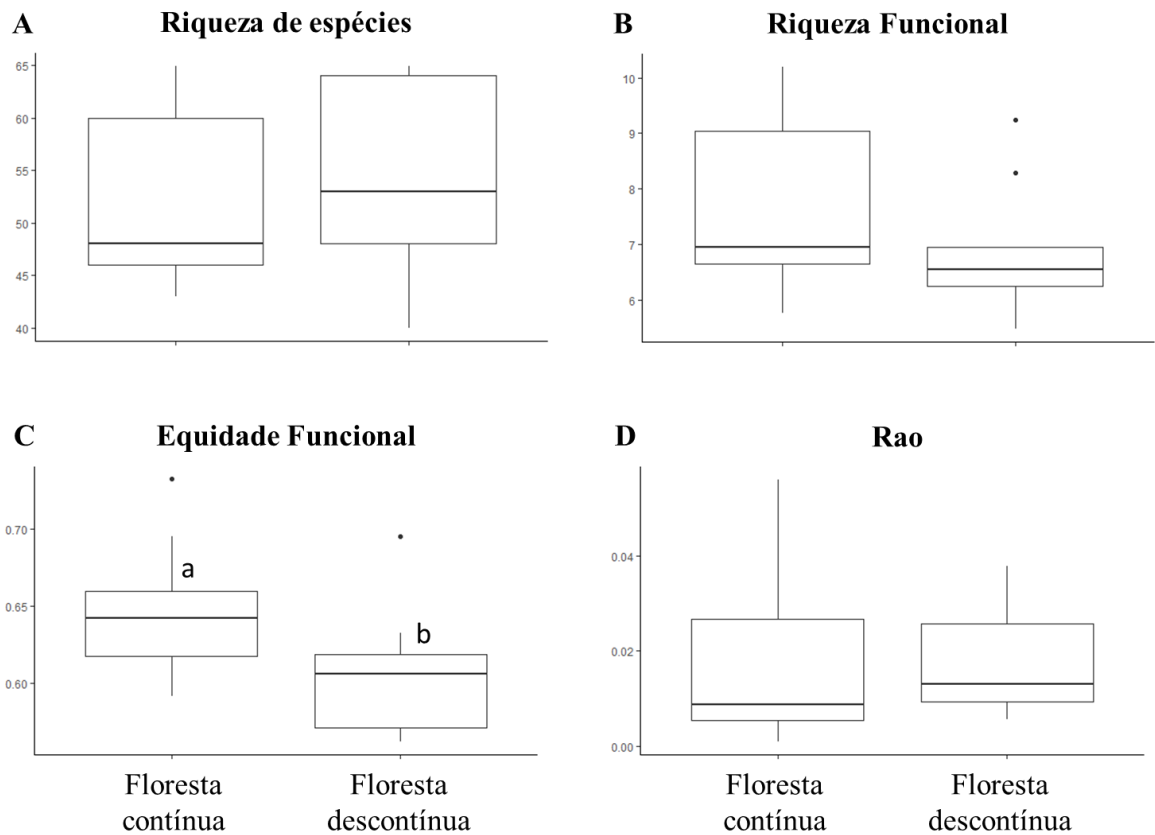


Figura 3-3: Mediana e desvio padrão dos índices de diversidade taxonômicos (A) e funcionais (B-D) de comunidades de formigas localizadas em áreas de mata ripária contínua e descontínua á vegetação nativa adjacente. Letras diferentes associadas aos ambientes representam diferenças significativas nas médias avaliadas pela análise de Kruskal-Wallis.

3.4 DISCUSSÃO

É comumente reconhecido que as mudanças no uso do solo levam a uma perda da biodiversidade, tanto localmente quanto regionalmente, sendo este efeito apontado como uma das principais ameaças para a biodiversidade (Sala et al., 2000; Fedoroff et al., 2003; Silva et al., 2006; de Bello et al., 2010; Pfeifer et al., 2014). Isto é especialmente verdadeiro no Brasil, que vêm presenciando mudanças rápidas na cobertura do solo nas últimas décadas (Leipers et al., 2006). Notavelmente, nos últimos 50 anos, o Cerrado brasileiro vem sofrendo um rápido processo de conversão em campos de soja e milho, criação extensiva de gado e na expansão da cana-de-açúcar. As matas ripárias são consideradas áreas de preservação permanente

obrigatória (APP), estabelecidas pelo Novo Código Florestal (Lei n.º 12.651/12)(Brasil, 2012). As áreas de preservação permanente são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. De acordo com o artigo 4º dessa lei (incluído pela lei nº 12.727/12) a largura da faixa de mata a ser preservada está relacionada com a largura do curso d'água. No nosso estudo, observamos que a largura da faixa de mata que deveria ser preservada era inferior á estabelecida pela legislação, por exemplo, no rio Corumbá, cuja largura do rio é superior a 50 metros, a área de mata preservada observada em praticamente toda a extensão do rio era menor que 50 metros, descumprindo a legislação, a qual estabelece uma área de mata superior a 100 metros de largura. No entanto, ainda de acordo com essa lei, a recuperação de APPs a serem restauradas ao longo de cursos d'água, estabelece faixas muito estreitas, variando de 5 a 100 metros (Loyola et al., 2016).

A conversão de ambientes florestais em plantações é, geralmente, prejudicial para a diversidade de formigas (Perfecto et al., 1997; Armbrrecht et al., 2005; Pacheco et al., 2013), mas a relação entre espécies e diversidade funcional ainda é pouco documentada para a maioria dos sistemas ecológicos (Naeem, 2002). Em um estudo realizado em áreas de plantação de eucaliptos e florestas nativas do Atlântico, mostrou que as plantações de eucalipto reduziram a diversidade taxonômica e funcional das comunidades de formigas (Morini et al., 2018). Na Caatinga brasileira foi verificado que a diversidade funcional e a diversidade filogenética diminuíram com níveis aumentados de perturbação ambiental e aridez do solo (Arnan et al., 2018).

Em nossos resultados, apenas o índice de equidade funcional apresentou diferença entre as comunidades de formigas. O Feve diminui quando a abundância é menos distribuída entre as espécies ou quando as distâncias funcionais entre as espécies são menos regulares, como observado nos ambientes descontínuo. Dessa forma, nossos resultados indicaram que a retirada da vegetação nativa adjacente à mata ripária não afetou a diversidade taxonômica e funcional das comunidades de formigas, apenas a distribuição da abundância entre as espécies, mostrando valores de diversidade funcional e taxonômica semelhantes aos encontrados em ambientes contínuos.

As comunidades de formigas no sudoeste do Mediterrâneo mostraram uma forte resposta funcional em diferentes gradientes ambientais, ressaltando que as características funcionais podem modular as respostas das espécies de formigas ao ambiente (Arnan et al.,

2014). Descobrimos que as espécies de formigas presentes em florestas com continuidade à vegetação nativa adjacente apresentaram o menor tamanho relativo do olho em comparação com as formigas nas áreas descontínuas. O tamanho relativo do olho também foi menor em um ambiente de floresta tropical do que comparado com uma área de deserto no Irã (Schofield et al., 2016). Esta característica está relacionada ao comportamento de busca de alimentos e dos tempos de atividade (Weiser & Kaspari, 2006). O menor tamanho do olho em ambientes contínuos pode ser consequência de muitas espécies forrageando dentro do ambiente escuro da serapilheira (Fischer B. L., 1999; Weiser & Kaspari, 2006).

Nós esperávamos encontrar maiores diferenças morfológicas nos traços analisados, já que a perda de algumas espécies de formigas de pequenos fragmentos de habitat pode ter efeitos generalizados nos ecossistemas, devido às suas funções como mutualistas fundamentais ou na modificação do solo (Crist, 2009). Dessa forma, nossos resultados indicam que as características morfológicas das espécies de formigas podem ser semelhantes mesmo em ambientes diferentes. Isto, provavelmente, se deve a ambientes de matas ripárias possuírem recursos abundantes ou de fácil acesso, ou até mesmo que seja resultado da adaptação das formigas a esses dois ambientes contrastantes. De acordo com essa afirmação, nossos resultados sugerem que embora a fragmentação de ambientes florestais possa causar sérios impactos ao meio ambiente, sua fitofisionomia florestal pode fornecer recursos e habitat para as comunidades de formigas, mantendo as funções ecológicas desses ambientes. No geral, nossos resultados mostraram que a fauna de formigas em ambientes florestais descontínuos é bastante resiliente quanto as modificações na estrutura do habitat.

3.5 CONCLUSÃO

As conclusões do nosso estudo fornecem informações importantes tanto para decisões de conservação quanto para o conhecimento científico em geral. Embora os fragmentos florestais cercados por pastagens sejam influenciados pela matriz, nossos resultados destacaram que mesmo pequenos fragmentos de vegetação florestal têm um potencial significativo para manter uma diversidade taxonômica e funcional de formigas dentro de uma paisagem adjacente dominada por agricultura.

3.6 REFERÊNCIAS

- Agosti D, Majer DJ, Alonso EL & Schultz RT (2000) Applying the ALL Protocol Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM & Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711–728.
- Andersen AN (1997) Using ants as bioindicators: Multiscale issues in ant community ecology. *Ecology and Society* 1:1–17.
- Armbrecht I, Rivera L & Perfecto I (2005) Reduced Diversity and Complexity in the Leaf-Litter Ant Assemblage of Colombian Coffee Plantations Reducción en la Diversidad y Complejidad del Ensemble de Hormigas de la Hojarasca en Plantaciones de Café Colombianas. *Conservation Biology* 19:897–907.
- Arnan X, Arcoverde GB, Pie MR, Ribeiro-Neto JD & Leal IR (2018) Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. *Science of the Total Environment* 631–632:429–438.
- Arnan X, Cerdá X & Retana J (2014) Ant functional responses along environmental gradients. *Journal of Animal Ecology* 83:1398–1408.
- Baccaro F, Feitosa RM, Fernandez F, Fernandes IO, Izzo TJ, Souza JLP de & Solar R (2015) Guia para os gêneros de Formigas do Brasil. Manaus.
- De Bello F, Carmona CP, Mason NWH, Sebastià MT & Lepš J (2013) Which trait dissimilarity for functional diversity: Trait means or trait overlap? *Journal of Vegetation Science* 24:807–819.
- de Bello F, Vanbergen AJ, Moretti M, Woodcock BA, da Silva PM, Harrison PA, Santos P, Feld CK, Sattler T, Vandewalle M, Dolédec S, Harrington R, Niemelä J, Dubs F, Sykes MT, Sousa JP, Berg MP, Bolger T & Lavorel S (2010) Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodiversity and Conservation* 19:2921–2947.
- Bestelmeyer B., Alonso E., Brandão CR., Brown JR W., Delabie JH. & Silvestre R (2000) Field techniques for the study of Ground-Dwelling ants. :122–144.
- Bihn JH, Gebauer G & Brandl R (2010) Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology* 91:782–792.
- Brasil (2012) Congresso Nacional. Lei Federal nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. :40.

- Carvalho FMV, Marco-Júnior P & Ferreira LG (2009) The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation* 142:1329–1403.
- Cianciaruso MV, Silva IA & Batalha MA (2009) Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica* 9:93–103.
- Coelho IR & Ribeiro SP (2006) Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 35:19–29.
- Crist TO (2009) Biodiversity, species interactions, and functional roles of ants (Hymenoptera: Formicidae) in fragmented landscapes: a review. *Myrmecological News* 12:3–13.
- Davidson DW (2005) Ecological stoichiometry of ants in a New World rain forest. *Oecologia* 142:221–231.
- Duffy JE (2002) Biodiversity and ecosystem function: the consumer connection. 2:1–19.
- Fahrig L (2003) Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487–515.
- Fedoroff E, Ponge J., Haese L, Gillet S, Sousa J., Dubs F & Lavelle P (2003) Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry* 35:813–826.
- Feener DH, Lighton JRB & Bartholomew GA (2006) Curvilinear Allometry, Energetics and Foraging Ecology: A Comparison of Leaf-Cutting Ants and Army Ants. *Functional Ecology* 2:509.
- Fischer B. L. (1999) Improving inventory efficiency: a case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. *Ecological Applications* 9:714–731.
- Garnier E, Cortez J, Billès G, Navas M-L, Roumet C, Debussche M, Laurent G, Blanchard A, Aubry D, Bellman A, Neill C & Toussaint J-P (2004) Plant Functional Markers Capture Ecosystem Properties. *Ecology* 85:2630–2637.
- Gascon C, Lovejoy TE, Jr ROB, Malcolm JR, Stou PC, Vasconcelos HL, Laurance WF, Zimmerman B & Tocher M (1999) 4.Gascon_matrixhab_spprich. 91:1–7.
- Gibb H & Parr CL (2013) Does Structural Complexity Determine the Morphology of Assemblages? An Experimental Test on Three Continents. *PLoS ONE* 8:1–7.
- Holldobler B. & Wilson EO (1990) *The Ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.

- Holldobler B. & Wilson EO (2008) *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*.
- Kaspari AM (1996) International Association for Ecology Worker Size and Seed Size Selection by Harvester Ants in a Neotropical Forest. *Oecologia* 105:397–404.
- Kaspari M & Weiser MD (1999) The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. *Functional Ecology* 13:530–538.
- Klink CA & Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19:707–713.
- Laurance WF (2008) Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* 141:1731–1744.
- Lepers E, Lambin EF, Janetos AC, DeFries R, Achard F, Ramankutty N & Scholes RJ (2006) A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981–2000. *BioScience* 55:115.
- Lorenzi H (2002) *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. Instituto Plantare, Brasil.
- Loyola R, Lewinsohn TM, Rodrigues RR, Brancalion PHS, Garcia LC & Pillar VD (2016) Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. *Natureza & Conservação* 14:e1–e16.
- McGill BJ, Enquist BJ, Weiher E & Westoby M (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution* 21:178–185.
- Menezes MD, Curi N, Marques JJ, de Mello CR & de Araújo AR (2009) Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais. *Ciencia e Agrotecnologia* 33:1544–1553.
- Morini MS de C, Ribeiro MC, de Bello F, Carmona CP, Martello F, Souza-Campana DR de & Silva RR (2018) Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. *Scientific Reports* 8:1–11.
- Mouchet MA, Villéger S, Mason NWH & Moullot D (2010) Functional diversity measures: An overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24:867–876.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB & Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Naeem S (2002) Ecosystem Consequences of Biodiversity Loss. *Ecology* 83:1537–1552.
- Pacheco R, Vasconcelos HL, Groc S, Camacho GP & Frizzo TLM (2013) The importance of

- remnants of natural vegetation for maintaining ant diversity in Brazilian agricultural landscapes. *Biodiversity and Conservation* 22:983–997.
- Perfecto I & Snelling R (1995) Biodiversity and the Transformation of a Tropical Agroecosystem : Ants in Coffee Plantations. 5:1084–1097.
- Perfecto I, Vandermeer J, Hanson P & Cartín V (1997) Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935–945.
- Pfeifer M, Lefebvre V, Gardner TA, Arroyo-Rodriguez V, Baeten L, Banks-Leite C, Barlow J, Betts MG, Brunet J, Cerezo A & others (2014) BIOFRAG--a new database for analyzing BIODiversity responses to forest FRAGMENTation. *Ecology and Evolution* 4:1524–1537.
- Queiroz ACM & Ribas CR (2016) Canopy cover negatively affects arboreal ant species richness in a tropical open habitat. *Brazilian Journal of Biology* 76:864–870.
- R Core Development Team (2018) R: A language and environment for statistical computing.
- Ribas CR, Schoereder JH, Pic M & Soares SM (2003) Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology* 28:305–314.
- Ricotta C (2005) Through the Jungle of Biological Diversity. *Acta Biotheoretica* 53:29–38.
- Rodrigues RR (2004) Uma discussão nomenclatural das florestas ciliares. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. (ed by RR Rodrigues & HF Leitão-Filho) 3rd edn. EDUSP/FAPESP, São Paulo, pp 91–99.
- Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NLR, Sykes MT, Walker BH, Walker M & Wall DH (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770–1774.
- Salvador JL. (1987) Considerações sobre Matas Ciliares e a Implantação de Reflorestamento Mistos nas Margens de Rios e Reservatórios. Cesp, São Paulo.
- Sarty M, Abbott KL & Lester PJ (2006) Habitat complexity facilitates coexistence in a tropical ant community. *Oecologia* 149:465–473.
- Saunders DA, Hobbs RJ & Margules CR (1991) Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5:18–32.
- Schofield SF, Bishop TR & Parr CL (2016) Morphological characteristics of ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) differ among contrasting biomes. *Myrmecological News* 23:129–137.

- Siegel S & Castellan N. (1988) Nonparametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-HiU Book Company, New York, NY.
- Silva JF, Fariñas MR, Felfili JM & Klink CA (2006) Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33:536–548.
- Strassburg BBN, Brooks T, Feltran-Barbieri R, Iribarrem A, Crouzeilles R, Loyola R, Latawiec AE, Oliveira Filho FJB, De Scaramuzza CAM, Scarano FR, Soares-Filho B & Balmford A (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution* 1:13–15.
- Systat (2007) Systat for Windows, version 12.
- Vasconcelos HL (1999) Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8:409–420.
- Weiser MD & Kaspari M (2006) Ecological morphospace of New World ants. *Ecological Entomology* 31:131–142.
- Wiescher PT, Pearce-Duvet JMC & Feener DH (2012) Assembling an ant community: Species functional traits reflect environmental filtering. *Oecologia* 169:1063–1074.
- Wilcox BA & Murphy DD (1985) Conservation Strategy : The Effects of Fragmentation on Extinction. *The American Naturalist* 125:879–887.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados do primeiro capítulo mostraram que múltiplas armadilhas de queda são eficientes para amostragem da riqueza de formigas que habitam o solo e a vegetação de ambientes florestais, assim como foi originalmente proposto para habitats de savana. No solo, o extrator de Winkler registrou uma riqueza de espécies menor comparada com as armadilhas. Entretanto, este método amostrou uma composição de espécies diferente da registrada pelas armadilhas de queda, demonstrando assim que utilizar o extrator de Winkler como método complementar é recomendado quando se quer comparar a composição de espécies de formigas. No geral, sugerimos utilizar as múltiplas armadilhas de queda combinado com o extrator de Winkler para uma amostragem mais abrangente da diversidade de formigas.

As conclusões do nosso segundo capítulo fornecem informações importantes tanto para decisões de conservação quanto para o conhecimento científico em geral. Ambientes de mata ripária contínuas com a vegetação nativa apresentaram espécies de formigas com o tamanho relativo do olho menor em relação às espécies de formigas presentes em mata descontínua. Já em relação a diversidade taxonômica, não obtivemos diferenças entre os ambientes amostrais. As áreas de matas ripárias descontínuas apresentaram uma abundância de espécies menos distribuídas (Feve). Nossos resultados sugerem que embora a fragmentação de ambientes florestais possa causar sérios impactos ao meio ambiente, para as comunidades de formigas esses ambientes possuem um potencial significativo para manter a diversidade de formigas.

Embora nosso estudo tenha mostrado os fragmentos florestais descontínuos, cercados por pastagens, possuem uma diversidade taxonômica e funcional similar aos ambientes contínuos a uma vegetação natural, vale destacar a importância da proteção desses pequenos fragmentos, mantendo assim as funções ecológicas deste ecossistema.

ANEXO I

Tabela 2-1: Lista de espécies de formigas registradas em matas ripárias de nove remanescentes de Cerrado, localizados ao longo de três rios no sudeste de Goiás, Brasil.

Subfamília <i>Espécie</i>	Armadilha de queda		Extrator de Winkler
	Solo	Vegetação	Solo
Dolichoderinae			
<i>DOL.BID</i>	X	X	
<i>DOL.BIS</i>	X	X	
<i>DOL.DIV</i>	X	X	X
<i>DOL.IMI</i>	X		X
<i>LIN.ANG</i>	X	X	
<i>LIN.AZT</i>	X		
Dorylinae			
<i>ACA.SP1</i>	X		
<i>ECL.QUA</i>	X		
<i>LAB.COE</i>	X		X
<i>LAB.PRA</i>	X		
<i>LEP.BOL</i>	X		X
<i>NEI.SP1</i>	X		
<i>NEI.SP6</i>	X		
<i>NEI.SP7</i>	X	X	
Ectatomminae			
<i>ECT.BRU</i>	X		
<i>ECT.EDE</i>	X		X
<i>ECT.LUG</i>	X	X	X
<i>ECT.TUB</i>	X	X	X
<i>GNA.EST</i>	X	X	X
<i>GNA.SUL</i>	X		
Formicinae			
<i>AZT.SP2</i>	X	X	
<i>BRA.SP2</i>	X	X	X
<i>BRA.SP5</i>	X	X	
<i>CAM.ATR</i>	X	X	
<i>CAM.BID</i>	X	X	
<i>CAM.BLA</i>	X	X	X
<i>CAM.CIN</i>	X	X	
<i>CAM.DEP</i>		X	
<i>CAM.FAS</i>		X	
<i>CAM.LES</i>	X		
<i>CAM.LEY</i>	X		
<i>CAM.MEL</i>	X	X	

Continuação Tabela 1

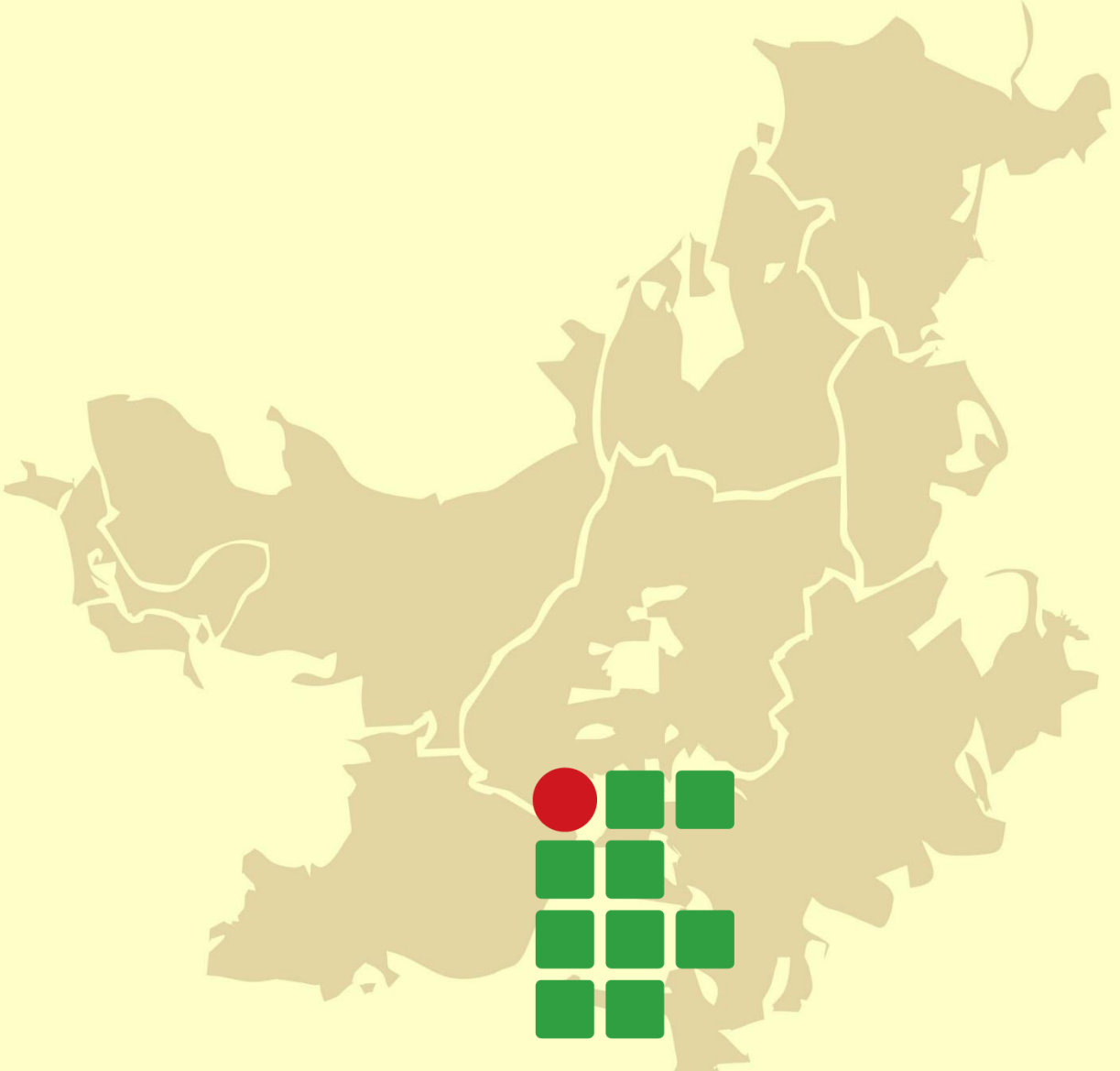
Subfamília	Armadilha de queda		Extrator de Winkler
	Solo	Vegetação	Solo
Formicinae			
<i>CAM.SEN</i>	X	X	X
<i>CAM.SER</i>	X	X	
<i>CAM.SP1</i>		X	
<i>CAM.SP52</i>		X	
<i>CAM.SP75</i>	X	X	
<i>CAM.SP77</i>	X	X	
<i>NYL.SP4</i>	X		X
<i>NYL.SP5</i>	X		X
<i>TAP.SP1</i>		X	
Myrmicinae			
<i>ACR.BRU</i>	X	X	X
<i>ACR.SP1</i>	X		X
<i>APT.SP2</i>			X
<i>ATT.SEX</i>	X	X	
<i>CEP.ATR</i>	X	X	
<i>CEP.BET</i>		X	
<i>CEP.CLY</i>	X	X	
<i>CEP.DEP</i>		X	
<i>CEP.GRA</i>	X		
<i>CEP.MAC</i>	X	X	
<i>CEP.PAL</i>	X	X	
<i>CEP.PER</i>		X	
<i>CEP.PUS</i>	X	X	
<i>CEP.RAM</i>		X	
<i>CRE.COM.CRI</i>	X	X	
<i>CRE.LIM</i>	X	X	X
<i>CRE.PR.CUR</i>		X	
<i>CRE.SP18</i>		X	
<i>CYP.RIM</i>	X		X
<i>CYP.SP33</i>	X		
<i>HYL.REI</i>			X
<i>MON.SP1</i>	X		
<i>MYC.GOE</i>	X		
<i>MYC.SMI</i>	X	X	X
<i>MYRM.SP5</i>	X	X	
<i>MYRM.SQU</i>	X		
<i>NES.ASP</i>	X		
<i>OCH.SEM</i>	X		
<i>OCT.BAL</i>			X
<i>OXY.BRO</i>	X		X
<i>PHE.SP1</i>	X	X	X
<i>PHE.SP10</i>	X	X	

Continuação Tabela 1

Subfamília	Armadilha de queda		Extrator de Winkler
	Solo	Vegetação	Solo
Myrmicinae			
<i>PHE.SP11</i>	X	X	X
<i>PHE.SP15</i>	X	X	X
<i>PHE.SP18</i>	X		
<i>PHE.SP19</i>	X		
<i>PHE.SP2</i>	X	X	X
<i>PHE.SP20</i>	X		
<i>PHE.SP23</i>	X		X
<i>PHE.SP25</i>	X		X
<i>PHE.SP26</i>	X		X
<i>PHE.SP27</i>	X		X
<i>PHE.SP28</i>	X		X
<i>PHE.SP29</i>	X		X
<i>PHE.SP30</i>	X		
<i>PHE.SP31</i>	X		
<i>PHE.SP35</i>	X	X	X
<i>PHE.SP37</i>	X		
<i>PHE.SP4</i>	X		X
<i>PHE.SP40</i>	X		X
<i>PHE.SP5</i>	X		
<i>PHE.SP7</i>	X	X	X
<i>PHE.SP8</i>	X	X	X
<i>PHE.SP9</i>	X		
<i>PRO.STR</i>	X		
<i>ROG.SP2</i>	X		X
<i>SER.LEU</i>	X	X	X
<i>SER.PAR</i>	X	X	X
<i>SOL.SP1</i>	X	X	X
<i>SOL.SP11</i>	X		X
<i>SOL.SP2</i>	X	X	X
<i>SOL.SP3</i>	X		X
<i>SOL.SP4</i>	X	X	X
<i>SOL.SP5</i>	X	X	
<i>SOL.SP6</i>	X	X	X
<i>SOL.SP7</i>	X		
<i>SOL.SP8</i>	X		
<i>SOL.SP9</i>	X		
<i>STR.SP1</i>			X
<i>STR. DEN</i>	X		X
<i>TRA.SP1</i>	X		X
<i>TRA.SP15</i>	X		X
<i>TRA.SP42</i>	X		X
<i>WAS.AUR</i>	X	X	X

Continuação Tabela 1

Subfamília	Armadilha-de- queda		Extrator de Winkler
	Solo	Vegetação	Solo
Myrmicinae			
<i>WAS.LUT</i>			X
Ponerinae			
<i>ANO.INE</i>			X
<i>ANO.SP5</i>	X		X
<i>DIN.AUS</i>	X		
<i>HYP.SP1</i>	X		X
<i>HYP.SP12</i>	X		X
<i>HYP.SP15</i>	X		X
<i>HYP.SP16</i>	X		X
<i>HYP.SP17</i>	X		X
<i>HYP.SP7</i>			X
<i>HYP.SP16</i>			X
<i>NEO.MAR</i>	X		
<i>NEO.VER</i>	X	X	
<i>NEO.VIL</i>	X		
<i>ODO.BAU</i>	X		X
<i>ODO.CHE</i>	X		X
<i>ODO.MEI</i>	X		X
<i>PAC.HAR</i>	X		X
<i>PAC.SP1</i>			X
<i>PAC.SP11</i>		X	
<i>PAC.STR</i>	X		X
<i>THA.ATR</i>			X
Pseudomyrmecinae			
<i>PSE.ELO</i>	X	X	
<i>PSE.GR.GRA</i>		X	
<i>PSE.GRA</i>	X	X	
<i>PSE.PAL</i>	X	X	X
<i>PSE.SP1</i>		X	
<i>PSE.TEN</i>	X	X	X



INSTITUTO FEDERAL

Goiano



Campus
Urutaí

