



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**A INTENSIFICAÇÃO DA
AGRICULTURA E O PAPEL DE ÁRVORES ISOLADAS
NA CONSERVAÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS DO
CERRADO FORA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Tiago Luiz Massochini Frizzo

Uberlândia
Fevereiro - 2011

Tiago Luiz Massochini Frizzo

**A INTENSIFICAÇÃO DA
AGRICULTURA E O PAPEL DE ÁRVORES ISOLADAS
NA CONSERVAÇÃO DA FAUNA DE FORMIGAS DO
CERRADO FORA DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para obtenção
do título de “Mestre em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais”.

Orientador:
Prof. Heraldo Luis de Vasconcelos

Uberlândia
Fevereiro - 2011

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Camila B. de Andrade, Jorge das Neves, Estevão A. da Silva, Pietro K. M. Mendonça e Laura V. Barbosa, pela ajuda no trabalho de campo, sem a qual esse trabalho não seria possível.

Agradeço também, ao meu orientador Heraldo Luis de Vasconcelos, pela ajuda na elaboração do projeto, no trabalho de campo e na produção desta dissertação.

Agradeço a todos os proprietários de terra que deram informações, assim como cederam suas terras para este estudo.

E por último, gostaria de agradecer a Universidade Federal de Uberlândia pelo suporte físico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos e financiamento deste projeto (processo CNPq 47.0724/2004-8).

ÍNDICE

	Página
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSSÃO	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXO	36

RESUMO

FRIZZO, T. L. M. 2011. A intensificação da agricultura e o papel de árvores isoladas na conservação da fauna de formigas do Cerrado fora de unidades de conservação. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 41p.

A destruição dos habitats naturais e a intensificação da agricultura são consideradas as maiores ameaças à conservação da biodiversidade. Dada a rápida expansão das fronteiras agrícolas sobre as áreas de vegetação nativa do Cerrado, é imperativo se conhecer a capacidade de conservação da fauna original nos agroecossistemas. Neste sentido, este estudo teve por objetivo determinar quanto da biodiversidade de formigas é mantida em agroecossistemas da região do Cerrado, assim como determinar se a presença de árvores nesses agroecossistemas agrega algum valor de conservação para a mirmecofauna. As coletas foram realizadas nos municípios de Uberlândia (MG) e Campo Alegre de Goiás (GO) em dois cultivos de soja e em quatro pastagens onde houvesse a presença de árvores isoladas da espécie *Caryocar brasiliensis* (popularmente conhecida como Pequizeiro). Foram instaladas armadilhas do tipo pitfall na copa das árvores, na superfície do solo e no subsolo. Para verificar se as árvores aumentavam a riqueza de espécies ao nível do solo, as armadilhas foram instaladas logo abaixo da copa das árvores e a 30 metros destas e de qualquer outra árvore (considerada área sem a influência de árvores). Ao todo foram coletadas mais de 200 mil formigas distribuídas em 204 espécies. A presença de árvores isoladas aumentou significativamente a riqueza de espécies independentemente do tipo de agroecossistema. Esse aumento na riqueza foi devido principalmente ao incremento de espécies arborícolas, apesar de também ocorrer um aumento de espécies que forrageiam e nidificam no solo. Os resultados sugerem também que a intensificação da agricultura tem efeitos negativos sobre a fauna de formigas. Isto porque as áreas de pastagem (as quais, gradativamente, estão sendo substituídas por monoculturas, como a da soja) têm uma fauna mais rica e mais similar àquela encontrada na vegetação nativa de cerrado do que os campos de soja. Além disto, a presença de árvores isoladas (as quais causam um incremento local na riqueza de espécies de formigas) é menos freqüente nos campos de soja do que nas pastagens. De forma geral, estes resultados sugerem que a manutenção de árvores isoladas e a adoção de outras medidas que aumentem a riqueza de espécies de formigas, não apenas ajudam a aumentar o valor de conservação das terras agrícolas mas também podem ajudar a manter os serviços ecológicos fornecidos por este importante grupo de insetos.

Palavras-chave: Formicidae, Savanas, distúrbios, assembléia de formigas, diversidade biológica, agroecossistemas.

ABSTRACT

FRIZZO, T. L. M. 2011. The intensification of agriculture and the role of isolated trees in the conservation of savanna ant assemblages outside protected areas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 41p.

The destruction of natural habitats and the intensification of agriculture are considered the major threats to biodiversity conservation. Given the rapid expansion of agricultural frontiers in the areas of native vegetation in the *Cerrado*, it is imperative to know the capacity of conservation of the native fauna in agroecosystems. Thus, this study aims to determine how much of the natural biodiversity of ants is maintained in agroecosystems in the Cerrado region (a savanna biome), as well as determine whether the presence of trees in these agroecosystems adds some value to conservation of the ant fauna. Samples were collected in the city of Uberlândia (MG) and Campo Alegre de Goiás (GO) in two soybean fields and four pastures where there was a presence of isolated trees (*Caryocar brasiliensis*; popularly known as Pequi) were present. Pitfall traps were placed in the tree crowns, on the soil surface and in the underground. To evaluate if the presence of trees increased the species richness at ground level, ground and underground traps were placed just below the tree crown and 30 meters away from any tree (deemed to be outside the influence of trees). In total more than 200,000 ants, distributed in 204 species, were collected. The presence of isolated trees significantly increased species richness regardless of the type of agroecosystem. This increase in richness was due primarily to an increase of arboreal species, although an increase in the number of species that forage and nest in the soil was also detected. The results also suggest that the intensification of agriculture has negative effects on the ant fauna. This is because pasture areas (which gradually are being replaced by monocultures, such as soybean plantations) have a more diverse ant fauna and a fauna more similar to that found in the native cerrado vegetation, than the soybean fields. Moreover, the presence of isolated trees (which caused an increase in local ant species richness) is much less frequent in soybean fields than in pastures. Overall, these results suggest that the maintenance of isolated trees and the adoption of other measures that increase the species richness of ants, not only improve the conservation value of agricultural lands but also may help to maintain the ecological services provided by this important insect group.

Key-words: Formicidae, savannas, disturbance, ant assemblages, biological diversity, agroecosystems.

INTRODUÇÃO

Apesar da extinção ser um processo natural a atividade humana tem aumentado suas taxas de forma alarmante (Chapin et al. 2000). Para alguns táxons, entre 5 a 20% das espécies já foram extintas, e estima-se que as taxas atuais de extinção sejam 100 a 1.000 vezes maiores do que antes da existência humana (Pimm et al. 1995). Atualmente, a interferência humana nos ecossistemas tem sido tão intensa que direta ou indiretamente um terço da produção primária sobre a terra é dominado pelo homem (Chapin et al. 2000).

A perda e a fragmentação dos habitats são atualmente as duas principais causas para a perda da biodiversidade (Fahrig 2003). A expansão das fronteiras agrícolas e as mudanças no uso da terra deverão continuar sendo as maiores causas de impactos negativos sobre a biodiversidade até o ano de 2100, seguido pelas mudanças climáticas, o aumento nas deposições atmosféricas de nitrogênio, a introdução de espécies exóticas e as mudanças na concentração de CO₂ na atmosfera (Sala et al. 2000). Estas projeções indicam ainda que as mudanças no uso da terra sejam particularmente importantes no declínio da biodiversidade nos trópicos (Sala et al. 2000).

O Cerrado, localizado na região tropical do Brasil, é atualmente ameaçado pelo rápido crescimento do mercado de exportação de grãos e carne, que tornou este bioma na maior fronteira agrícola no Brasil (Sano et al. 2010). Antes de 1970, o uso da terra no Cerrado era basicamente para a produção de gado sobre pastagens naturais (Sano et al. 2010). A partir de então iniciou-se uma intensa conversão de terras para produção mecanizada e exportação de soja, milho, algodão e café (Jepson 2005; Klink & Machado 2005). Estima-se que entre 40%

a 80% da área natural de Cerrado foi convertida em agroecossistemas durante as últimas quatro décadas (Brannstrom et al. 2008; Cavalcanti & Joly 2002; Klink & Moreira 2002; Machado et al. 2004). Estas estimativas são muito variáveis, pois nas análises de imagens de satélite ainda há imprecisão para se discriminar entre áreas de vegetação nativa e áreas de pastagem (Ferreira et al. 2004).

Em um trabalho recente Sano *et al.* (2010) calcularam que aproximadamente 60,5% do Cerrado ainda é coberto pela vegetação nativa; porém existem áreas seriamente degradadas ao sul deste bioma, seguindo o padrão histórico brasileiro na ocupação de terras (Sano et al. 2010). A parte norte do Cerrado, devido ao difícil acesso e a distância dos grandes centros consumidores, encontra-se melhor preservada (Sano et al. 2010). No entanto, estimulado pela demanda global, pelas novas tecnologias agrícolas e por uma política governamental favorável, a fronteira agrícola tem se expandido rapidamente sobre grandes áreas de vegetação nativa do Cerrado (Fearnside 2001). Estima-se que se as presentes taxas de desmatamento se mantiverem ao longo do tempo, as áreas não protegidas do Cerrado serão inteiramente destruídas até 2.030 (Machado et al. 2004).

Aproximadamente 1,4% do Cerrado estão protegidos por parques nacionais, os quais na maioria dos casos são dominados por uma ou poucas fitofisionomias, não representando a diversidade de paisagens existentes no Cerrado (Sano et al. 2010). Além disso, a criação de parques ou reservas para preservar determinadas espécies e funções ecológicas, geralmente está associada a um alto grau de incerteza sobre a sua eficácia (Chapin et al. 2000). Mas a perda irreversível de espécies ou processos dos ecossistemas também não pode ser aceitável, já que podem gerar gastos incalculáveis a sociedade no futuro (Schlesinger et al. 1990). Estima-se que somente nos Estados Unidos da América os benefícios da biodiversidade em termos econômicos e ambientais sejam de aproximadamente \$ 300 bilhões ao ano (Pimentel et al. 1997).

Uma estratégia de conservação em agroecossistemas, concomitante com as reservas legais que atualmente está tendo muito destaque, é a presença de árvores isoladas dentro de monoculturas, apesar destas ainda serem pouco estudada no Cerrado. Alguns estudos tem mostrado que árvores isoladas podem ser consideradas estruturas chaves porque o seu efeito no funcionamento dos ecossistemas e na manutenção da biodiversidade é proporcionalmente muito maior do que sua biomassa ou a área que elas ocupam (Fischer et al. 2010a; Fischer et al. 2009; Harvey et al. 2006; Haslem & Bennett 2008; Manning et al. 2006; Tews et al. 2004).

Segundo a revisão de Manning *et al.* (2006) sobre o papel das árvores isoladas como estruturador da paisagem, essas podem assumir várias e importantes funções nos ecossistemas e em diferentes escalas. Na escala local as árvores por si só já são novos indivíduos aumentando a diversidade, são habitats para diferentes espécies, oferecem recursos como alimentos, causam mudanças micro-ambientais que beneficiam algumas espécies, aumentam o acúmulo de serrapilheira, causam o enriquecimento de nutrientes no solo, auxiliam na infiltração da água, evitam a salinização, a erosão e a desertificação (Plieninger et al. 2004), além de ajudarem no controle de insetos (Lumsden & Bennett 2005). Na escala de paisagem, as árvores isoladas aumentam a cobertura arbórea, a conectividade de fragmentos tanto para plantas como para animais e são eventuais núcleos de restauração (Manning et al. 2006). Ao longo do tempo, todas essas funções mantêm a biodiversidade e conseqüentemente processos ecológicos, que refletem em uma maior resiliência do ecossistema às perturbações e um maior legado biológico (Manning et al. 2006).

No entanto, as árvores em agroecossistemas estão se extinguindo aos poucos devido a uma combinação de mortalidade (natural ou acelerada) e o pouco ou nenhum recrutamento de novos indivíduos (Fischer et al. 2009; Fischer et al. 2010b; Gibbons et al. 2008). Aliado a isso, nas novas plantações as árvores são derrubadas para facilitar a utilização de máquinas agrícolas (Maron & Fitzsimons 2007). Modelos recentes sugerem que a população de árvores

isoladas pode ser extinta de diversas paisagens ao redor do mundo dentro de 90 a 180 anos (Gibbons et al. 2008).

Dos estudos realizados sobre a capacidade das árvores isoladas em manter algumas espécies em agroecossistemas, destacam-se os trabalhos com grupos taxonômicos que apresentam potencial para o controle biológico, como é caso de aves, morcegos (Fischer et al. 2010a) e formigas (Majer & Delabie 1999; Perfecto & Snelling 1995). As formigas são um grupo de particular importância ecológica nos trópicos já que em alguns ecossistemas tropicais a sua biomassa é maior do que a biomassa somada de todos os vertebrados, incluindo-se aves, mamíferos, anfíbios e répteis (Fittkau & Klinge 1973). As formigas geralmente apresentam hábitos predatórios e assim podem atuar no controle da população de insetos, incluindo-se aqueles prejudiciais à agricultura (Armbrecht et al. 2006; Risch & Carroll 1982a, b; Way & Khoo 1992). Porém, a transformação de áreas naturais em agroecossistemas pode causar severas perdas na diversidade de espécies de formigas, devido as mudanças no habitat e/ou na disponibilidade de recursos (Armbrecht et al. 2006; Perfecto & Snelling 1995; Philpott & Foster 2005; Vandermeer & Perfecto 1997).

É previsto que a expansão da fronteira agrícola sobre as áreas nativas do Cerrado continuará intensa, assim é cada vez mais importante avaliar e desenvolver técnicas de conservação das espécies dentro dos agroecossistemas. Neste sentido, este estudo estabeleceu três objetivos específicos: (a) determinar se a presença das árvores isoladas aumenta o número de espécies de formigas nos agroecossistemas; (b) determinar qual o impacto do uso da terra (para a produção de gado ou soja) no número de espécies de formiga e (c) determinar dentre os tipos de agroecossistemas estudados qual tem o menor e o maior impacto sobre a mirmecofauna nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em fazendas e áreas naturais dos municípios de Uberlândia (MG), e Campo Alegre de Goiás (GO) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima nessa região é do tipo Aw apresentando forte sazonalidade com um verão chuvoso e o inverno seco. As temperaturas médias anuais podem variar de 22 a 27°C e a precipitação anual média é de 1.500 mm (Klink & Machado 2005). Ambos os municípios estão situados dentro do bioma Cerrado. A vegetação mais típica do Cerrado é conhecida como cerrado *sensu stricto* o qual é caracterizado por uma mistura de plantas de dois estratos distintos: uma camada lenhosa composta de grandes arbustos e árvores com 3 a 8 metros de altura, e uma camada próxima ao solo, composta de gramíneas, plantas herbáceas e pequenos arbustos (Oliveira-Filho & Ratter 2002).



Figura1: Localização dos municípios de Uberlândia e Campo Alegre de Goiás.

Nesses municípios a principal atividade na zona rural é a criação de gado e o plantio de soja. O IBGE (2009) estima que Uberlândia e Campo Alegre de Goiás possuam respectivamente, 232.000 e 71.000 cabeças de bovinos e cultivem anualmente 46.000 e 60.000 hectares de soja por ano. O PIB do setor agropecuário nessas cidades é de 331 milhões de reais para Uberlândia e de 97 milhões de reais para Campo Alegre de Goiás (IBGE, 2008).

Devido à importância da criação de gado e cultura da soja nessa região, foram selecionadas seis fazendas, que possuísem árvores isoladas dentro de suas pastagens ou campos de soja (Figura 2). O processo de criação dessas fazendas envolveu a derrubada da vegetação nativa com correntes puxadas por trator ou com motosserra, deixando nas áreas desmatadas apenas árvores maiores que forneçam madeira de lei ou árvores frutíferas, como é o caso do *Caryocar brasiliensis* (Cambess, 1828; Caryocaraceae), que produz o pequi, um fruto apreciado na região do Cerrado. Após limpar o terreno, devido ao solo do Cerrado ser normalmente intemperizado e ácido, é necessário arar a terra e espalhar sobre ela fertilizante e calcário (Brannstrom et al. 2008). Para a criação de gado essas áreas geralmente são semeadas com alguma gramínea do gênero *Brachiaria* (de origem africana), não precisando de manejo posterior já que esse capim exótico é amplamente utilizado por ser resistente aos herbívoros do Cerrado e competitivamente superior às gramíneas nativas (Pivello et al. 1999). Nas plantações de soja (*Glycine max*) o manejo é maior, pois todo ano é necessário fazer um novo plantio e colheita com o uso de maquinários pesados, além dos campos serem frequentemente pulverizados com herbicida, pesticida e fungicida. Devido ao brotamento de parte das sementes de soja perdidas no processo de colheita, esses campos são posteriormente usados como pastagem para o gado diminuindo drasticamente a cobertura de matéria orgânica sobre o solo.

Protocolo amostral

Ao todo foram estabelecidos nove transectos (cinco em Uberlândia e quatro em Campo Alegre de Goiás), sendo dois em plantações de soja, quatro em pastagens e três em áreas de cerrado (*sensu stricto*) (Tabela 1). Duas das três áreas de cerrado estavam dentro de unidades de conservação federal (RPPNs, cuja área total variou de 200 a 400 ha), enquanto a terceira (em Campo Alegre) era uma reserva legal com área total de 50 ha.

TABELA 1. Localização e número de árvores amostradas nos transectos estabelecidos.

Código do transecto	Local (Município)	Habitat	Área estimada	Matriz circundante	Nº árvores amostradas	Coordenadas
SGO	Campo Alegre de Goiás	Plantação de soja	74,2 ha	Pastagens	12	17.33512° S 47.37145° O
SMG	Uberlândia	Plantação de soja	83,6 ha	Pastagens	9	19.05903° S 48.57887° O
PGO1	Campo Alegre de Goiás	Pastagem	7,7 ha	Mata ciliar	10	17.36127° S 47.37060° O
PGO2	Campo Alegre de Goiás	Pastagem	11,1 ha	Pastagens	9	17.34370° S 47.37419° O
PMG1	Uberlândia	Pastagem	6,9 ha	Pastagens	10	19.17372° S 48.48470° O
PMG2	Uberlândia	Pastagem	13,5 ha	Pastagens	9	18.72680° S 48.43067° O
CGO	Campo Alegre de Goiás	Cerrado	3,4 ha	Plantações de soja	10	17.45713° S 47.70512° O
CMG1	Uberlândia	Cerrado	5,4 ha	Pastagens	10	18.98392° S 48.29842° O
CMG2	Uberlândia	Cerrado	3,2 ha	Pastagens	10	19.17362° S 48.39795° O

Em cada área selecionada foi percorrido um transecto de forma aleatória marcando apenas árvores a no mínimo 40 metros de distância uma da outra. Essas árvores precisavam ter uma altura acima de 3,5 metros e ser da espécie *Caryocar brasiliensis*, popularmente conhecido como Pequi (Figura 2). Optou-se por utilizar apenas uma espécie já que é provável haver variações na riqueza e composição da fauna de formigas entre diferentes espécies de plantas, minimizando-se assim a variância não explicada nas comparações de interesse. Essa espécie ainda apresenta a vantagem de ser protegida por lei sendo o corte proibido nos agroecossistemas (Portaria IBAMA nº 113 de 29/12/95). Além disso, sua ocorrência

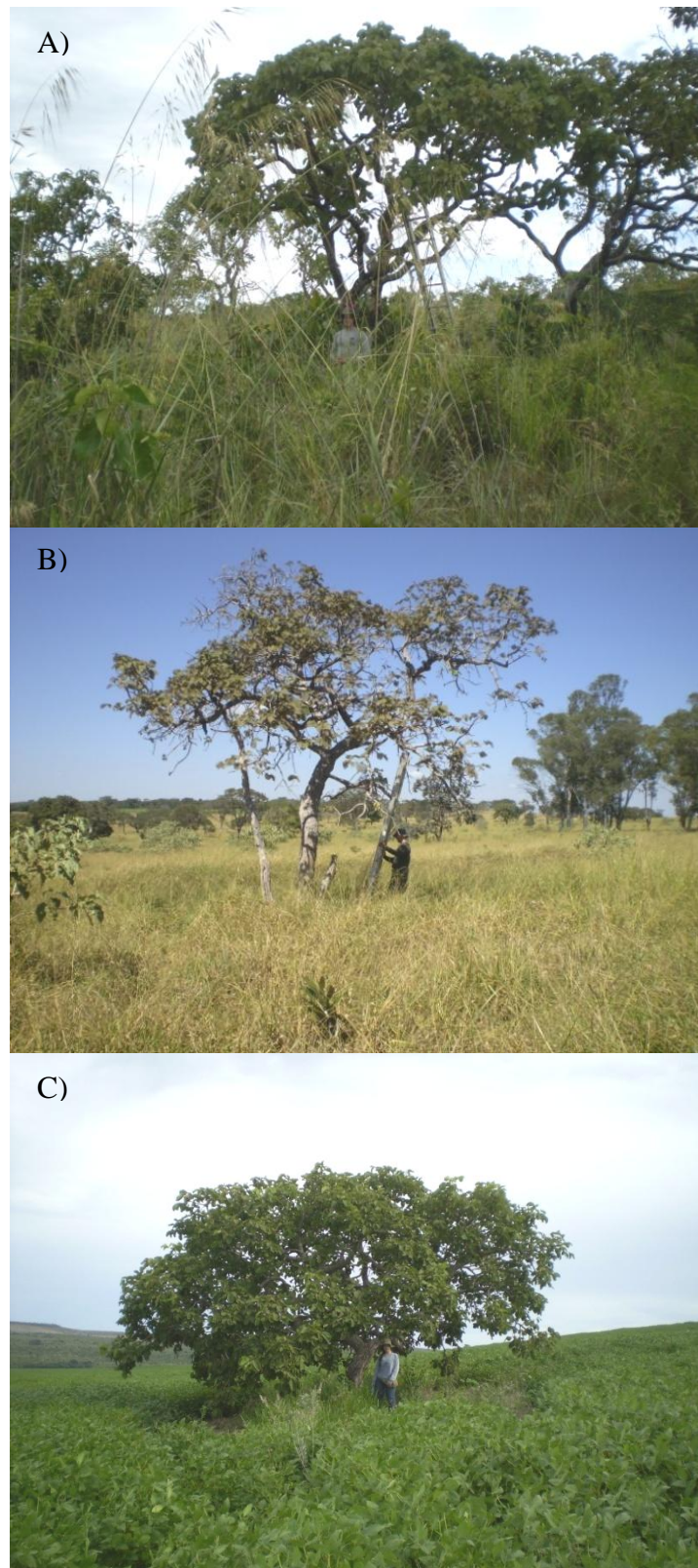


FIGURA 2: Fotografias de árvores isoladas de *Caryocar brasiliensis* em cerrado (A), pastagem (B) e em uma plantação de soja (C).

geralmente é agregada o que facilita encontrar vários indivíduos dentro do mesmo transecto. Também se tomou o cuidado de marcar as árvores cuja a copa não encostasse ou encostasse em poucos pontos na copa de outras árvores, isso porque as formigas podem transitar de uma árvore para a outra pelos seus galhos inflando a riqueza de espécies na copa da árvore amostrada (Powell et al. 2011).

Em cada árvore selecionada foram instaladas, no solo e na copa, um total de 12 armadilhas tipo pitfall. As armadilhas foram feitas com potes plásticos do tipo coletor universal de 80 ml, os quais foram preenchidos até a metade com água com detergente. O detergente tem a função de quebrar a tensão superficial fazendo com que os insetos afundem na água ao invés de flutuar. Em cada árvore, quatro armadilhas foram enterradas no solo (com sua borda posicionada ao nível da superfície do solo) equidistantes em dois metros e exatamente abaixo da árvore escolhida, enquanto outras oito armadilhas foram fixadas nos galhos da copa da própria árvore (Figura 3). As armadilhas instaladas no solo foram iscadas com óleo de sardinha em lata, que era derramado ao longo da borda dos potes. Na copa das árvores, esse atrativo foi utilizado em metade dos potes, os outros quatro potes foram iscados com urina humana misturada à água com detergente. A urina humana tem demonstrado ser um efetivo atrativo para formigas na vegetação (Powell, 2008).

Além das 12 armadilhas instaladas no solo e na copa das árvores, foram instaladas mais duas armadilhas no subsolo. Essas armadilhas eram constituídas de frascos de plásticos de 250 ml com tampa (9 cm de altura e 6 cm de diâmetro) contendo radialmente oito furos para a entrada das formigas, sendo quatro com 1 cm e quatro com 0,5 cm de diâmetro. No nível dos furos foi montado um suporte onde foi fixado um recipiente de 3 cm de diâmetro para se colocar sardinha em pedaços como atrativo. Dentro desse pote foi adicionado cerca de 100 ml de água com detergente. Foram enterradas duas armadilhas abaixo de cada árvore, à

30 cm de profundidade e posicionadas entre as armadilhas de solo, sendo uma de cada lado da árvore (Figura 3).

Além das armadilhas instaladas nas árvores e logo abaixo de sua copa, nos agroecossistemas também foram instalados pontos de amostragem a 30 metros de distância das árvores amostradas e mantendo sempre uma distância mínima de 30 metros de qualquer outra árvore (Figura 3). Esse ponto representa uma amostragem da mirmecofauna que acredita-se não ser influenciadas pela presença das árvores. Nesses pontos as armadilhas foram instaladas em campo aberto da mesma forma como as armadilhas abaixo da copa das árvores (quatro armadilhas no solo e duas no subsolo). Em cada transecto, todas as armadilhas foram instaladas em um dia e retiradas 48 horas depois. As coletas foram realizadas em fevereiro de 2009 e fevereiro e março de 2010.

Todo material coletado nas diferentes áreas do projeto foi encaminhado ao Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais onde foi triado e pelo menos um exemplar de cada morfoespécie foi montado. No entanto, devido a dificuldades inerente a subfamília Formicidae e a falta de estudos taxonomicos de alguns grupos, menos de 25% dos espécimes montados foram identificados até espécie. Todo o material coletado encontra-se depositado na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Uberlândia, aprimorando o acervo de coleção da mirmecofauna do Cerrado.

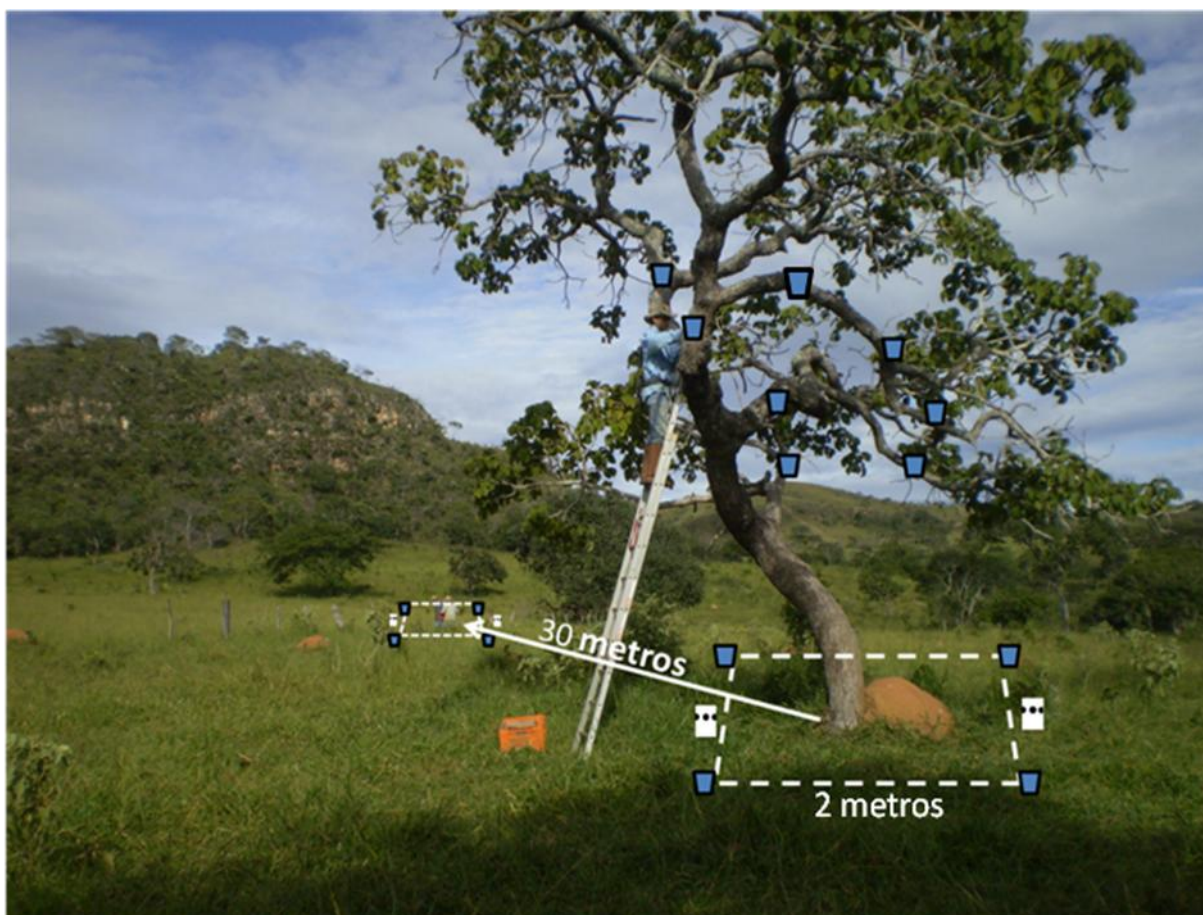


FIGURA 3: Foto ilustrando a metodologia de coleta. Os trapézios azuis representam as armadilhas instaladas no solo ou na copa da árvore e os retângulos brancos representam as armadilhas de subsolo. As armadilhas foram instaladas na copa da árvore e logo abaixo dela e a 30 metros de distância.

Análise estatística

Em cada árvore as formigas capturadas nos pitfalls de superfície (N= 4) e nas armadilhas de subsolo (N = 2) foram combinadas em uma única amostra. O mesmo foi feito para as oito armadilhas colocadas na copa de cada árvore amostrada já que indivíduos coletados em diferentes armadilhas dentro da mesma árvore ou abaixo dela poderiam, potencialmente, pertencer à mesma colônia.

Para determinar se haviam diferenças no número de espécies coletadas a diferentes distâncias das árvores isoladas (abaixo da árvore versus a 30 m de distância) utilizou-se o teste-t pareado. Foram feitos testes com os dados de todos os transectos separando os diferentes agroecossistema (soja ou pastagem). Foram feitos testes usando-se apenas as espécies coletadas no solo e subsolo (sem as espécies da copa) e também com o total de espécies (subsolo, solo e copa). Para determinar se haviam diferenças na riqueza de espécies entre as pastagens, campos de soja e as áreas naturais de cerrado, utilizou-se a Análise de Variância. Para esse teste, os dados que não apresentaram normalidade ou homogeneidade de variância foram transformados. Foram feitas análises para determinar as diferenças no número de espécies (no solo ou na vegetação) por árvore e por transecto (combinando-se os dados de todas as árvores de cada transecto). Como o número de árvores amostradas não foi igual nos diferentes transectos calculou-se, através de curvas de rarefação baseada em amostras (Gotelli & Colwell 2001), o número observado e estimado (estimador Jackknife 1) de espécies para uma amostra com nove árvores (menor número de árvores amostradas em um dado transecto). Neste último caso, foram feitos testes em separado para os transectos de Uberlândia e de Campo Alegre de Goiás. Foram feitas análises em separado para as coletas de solo e subsolo e para as coletas na copa dos pequizeiros.

Para comparar o número total de espécies de formigas coletadas nos três diferentes habitats foram construídas curvas de acúmulo de espécies (Gotelli & Colwell 2001). As

curvas, e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, foram geradas através do programa EstimateS 7.5 (Colwell 2004).

Para avaliar graficamente se haviam diferenças na composição de espécies de formigas dependendo do tipo de habitat ou da distância até a árvore isolada utilizou-se o escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS), que é uma técnica de ordenação considerada robusta para dados ecológicos (Minchin 1987). Foram feitas ordenações tanto com os dados de presença ou ausência quanto com os dados de frequência relativa das espécies em cada transecto. Como medida de dissimilaridade foi utilizado o índice de Bray-Curtis. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com o uso do programa Systat v. 10 (SPSS, 2000).

RESULTADOS

Ao todo foram coletadas mais de 200.000 formigas, de 204 espécies, 50 gêneros e sete subfamílias (Anexo A). Myrmicinae foi a subfamília mais diversa, com 112 espécies, seguida de Formicinae com 40 espécies. Os gêneros mais frequentes nos locais amostrados foram *Pheidole* (presente em 97% dos pontos amostrados), *Solenopsis* (81%), *Camponotus* (74%), *Ectatomma* (67%), *Dorymyrmex* (60%) e *Brachymyrmex* (55%).

De modo geral a presença de árvores isoladas em pastagens e plantios de soja aumentou a diversidade de formigas nesses agroecossistemas (Tabela 2). O número médio de formigas coletadas no solo, abaixo da copa de *C. brasiliensis*, comparado com as amostras a 30 m de distância, foi 11,8% maior na pastagem (teste-t pareado, $t = 2,35$, $gl = 37$, $P = 0,024$) e 22,8% maior no plantio de soja (teste-t pareado, $t = 3,42$, $gl = 21$, $P = 0,003$). Quando se considerou também as espécies capturadas na copa da árvore, somando-as com as espécies coletadas no solo abaixo da copa, as diferenças foram ainda mais marcantes. Nas pastagens foram coletadas 30,3% a mais de espécies na árvore e abaixo dela, do que a 30 metros de distância (teste-t pareado, $t = 7,48$, $gl = 37$, $P < 0,001$) e nas plantações de soja 45,7% a mais de espécies (teste-t pareado, $t = 5,02$, $gl = 21$, $P < 0,001$). De forma similar, o número total de espécies coletadas por transecto foi maior abaixo da copa de *C. brasiliensis* do que a 30 m de distância, tanto na pastagem quanto nos plantios de soja, sendo as diferenças ainda maiores quando consideradas também as espécies capturadas na copa das árvores (Tabela 2). Agrupando-se todos os transectos de cada tipo de agroecossistema foram encontradas entre 7

a 16 espécies a mais abaixo da copa do pequizeiro do que a 30 m de distância e 38 espécies a mais quando se considera também as espécies coletadas na copa das árvores (Tabela 2).

TABELA 2: Diferença entre o número de espécies de formigas coletadas próximo e a 30 m de distância de indivíduos de *Caryocar brasiliensis* crescendo isoladamente em pastagens ou em campos de soja na região de Campo Alegre de Goiás e Uberlândia. Os valores representam a média (\pm intervalo de confiança de 95%) da diferença do número de espécies coletado por árvore, por transecto ou em todos os transectos combinados (escala de paisagem) considerando-se apenas as espécies coletadas no solo ou o total de espécies (no solo e na copa das árvores).

Escala amostral	Habitat	Solo	Solo + Copa
Árvore	Pastagem	1,71 (\pm 1,47)	5,52 (\pm 1,49)
	Soja	1,18 (\pm 0,71)	3,36 (\pm 1,39)
	Pastagem + Soja	1,52 (\pm 0,95)	4,73 (\pm 1,08)
Transecto	Pastagem	9,22 (1-13)*	25,32 (20-32)*
	Soja	8 (7-9)*	20 (12-28)*
	Pastagem + Soja	8,59(1-13)*	23 (12-32)*
Paisagem	Pastagem	7	38
	Soja	16	38
	Pastagem + Soja	17	49

* Amplitude

Os resultados deste estudo também indicam que as plantações de soja na região de Uberlândia e Campo Alegre de Goiás têm impactos negativos para a conservação da mirmecofauna. De forma geral, a riqueza de espécies de formigas foi significativamente menor nos campos de soja do que nas pastagens. Em Campo Alegre de Goiás, e para a escala amostral de árvore, esta diferença foi observada tanto para as espécies coletadas na copa do *C. brasiliensis* quanto para aquelas coletadas no solo abaixo da copa (Fig. 4a). Já em Uberlândia, diferenças na riqueza de espécies entre campo de soja e pastagem foram observadas apenas para as espécies coletadas no solo (Fig. 4b). Em ambas as regiões, em geral, o número de espécies de formigas abaixo da copa ou na copa de *C. brasiliensis* em pastagens foi comparável ao número encontrado na vegetação nativa de cerrado (Fig. 4).

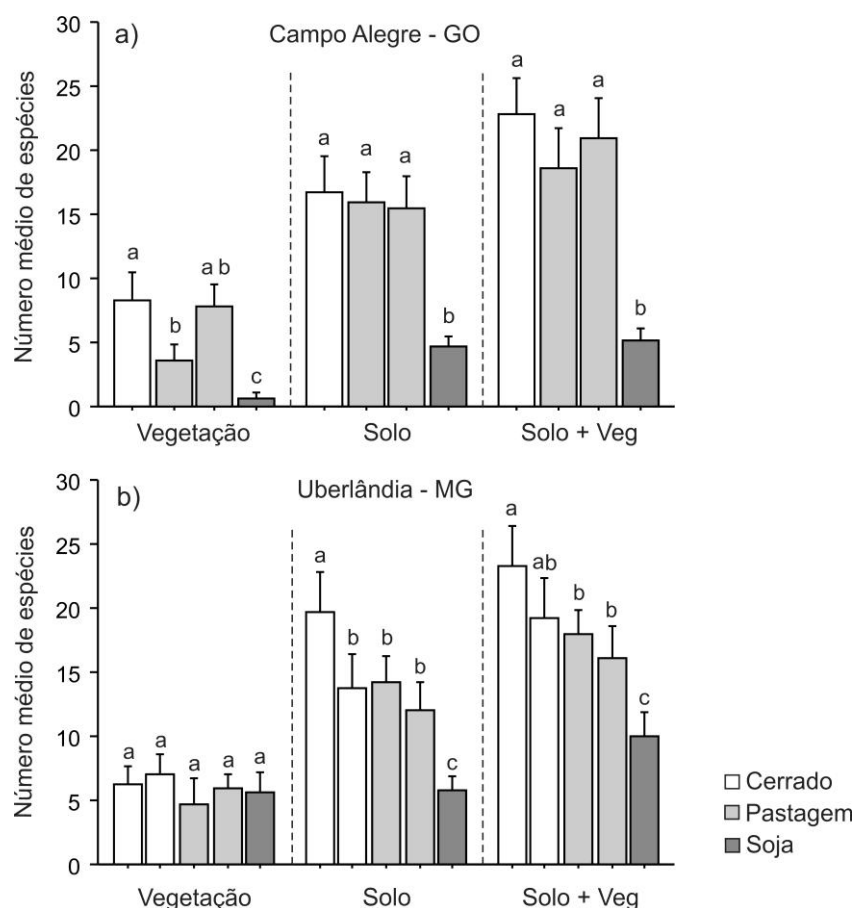


FIGURA 4. Número de espécies de formigas capturadas na copa ou no solo abaixo da copa de *Caryocar brasiliensis* crescendo na vegetação nativa de cerrado ou como indivíduos isolados em pastagens ou campos de soja na região de (A) Campo Alegre e (B) Uberlândia. As barras representam os valores médios por árvore (\pm intervalo de confiança de 95%) em cada transectos estabelecidos nas duas cidades ($N = 9$ a 12 árvores por transecto). Letras diferentes representam diferenças significativas na riqueza de espécies entre árvores situadas em diferentes transectos (Teste Tukey para comparações par a par, $P < 0,05$).

Quando se analisou as diferenças no número total de espécies por transecto, observou-se um número significativamente maior de espécies no solo do cerrado e nas pastagens do que no solo dos plantios de soja (Fig. 5). Este padrão foi detectado tanto em relação ao número observado de espécies quanto ao número estimado pelo estimador Jackknife 1 (Fig. 5). Já em relação ao número de espécies coletadas na copa de *C. brasiliensis* as diferenças não foram significativas, apesar da tendência de maior riqueza de espécies de formigas nas árvores situadas em pastagens ou no cerrado do que naquelas dos plantios de soja (Fig. 5).

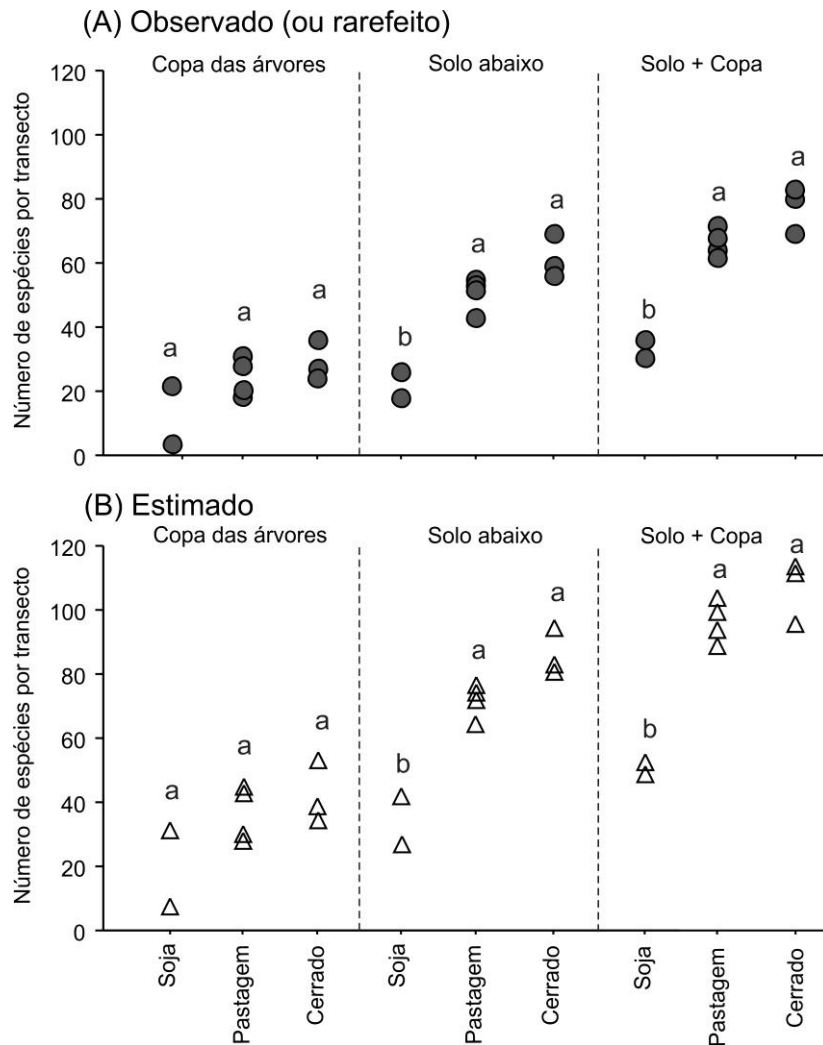


FIGURA 5. Número total de espécies de formigas capturadas na copa ou abaixo da copa de *Caryocar brasiliensis* crescendo na vegetação nativa de cerrado ou como indivíduos isolados em pastagens ou campos de soja na região de Campo Alegre de Goiás e Uberlândia. (A) Número observado (ou rarefeito para $N = 9$ árvores) de espécies em cada transecto. (B) Número estimado de espécies em cada transecto segundo o estimador Jackknife 1. Letras diferentes representam diferenças significativas na riqueza de espécies por transecto entre diferentes habitats (Teste Tukey para comparações par a par, $P < 0,05$).

No nível de paisagem, as curvas de rarefação mostraram uma maior riqueza de espécies de formigas nas áreas com vegetação nativa de cerrado, seguida das pastagens e por último os campos de soja (Fig. 6). Dentro dos agroecossistemas, a riqueza próxima às árvores foi significativamente maior do que a 30 metros dela, com exceção para a pastagem no nível do solo (Fig. 6 B). As diferenças entre os habitats foram relativamente mais fortes considerando-se tanto as espécies de solo como da vegetação do que apenas as espécies dentro de cada estrato (solo ou vegetação) (Fig. 6).

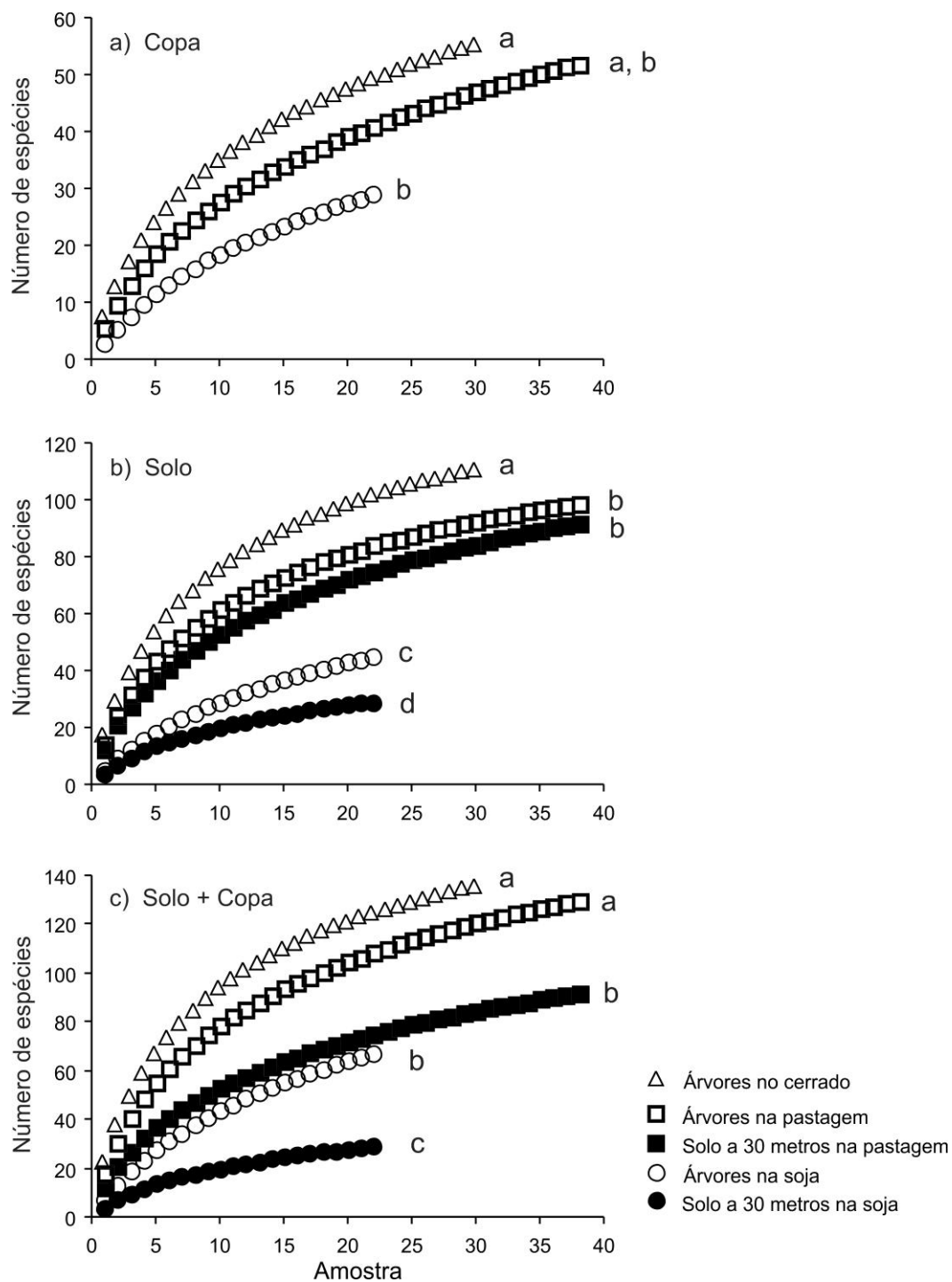


FIGURA 6. Curvas de rarefação baseada em amostras do número de espécies de formigas coletadas na copa de *Caryocar brasiliensis* (a), no solo abaixo da copa (b), ou nos dois estratos somados (c). Símbolos vazios representam coletas feitas na árvore ou abaixo dela e símbolos cheios representam as coletas no solo a 30 m de distância da árvore. Letras diferentes significam diferenças significativas em um intervalo de confiança de 95%.

A análise de ordenação mostrou uma diferenciação pouco marcada entre os transectos no tocante à composição de espécies de formigas na copa dos pequizeiros, à exceção do transecto no campo de soja em Campo Alegre, o qual se diferenciou dos demais transectos (Fig. 7), devido ao número de espécies coletadas neste transecto ter sido particularmente baixo. Já em relação às espécies coletadas no solo, há um gradiente evidente entre os transectos estabelecidos em diferentes habitats e/ou distâncias até a copa das árvores. Isto tanto para as ordenações com dados de presença ou ausência, quanto para aquelas com dados de frequência relativa das espécies. Em ambos os casos é possível notar que a composição dos transectos no cerrado é mais similar as pastagens do que os transectos nas plantações de soja (Fig. 7). Entre estes últimos nota-se que a composição da mirmecofauna abaixo dos pequizeiros tende a ser mais similares aos transectos em cerrado do que a comunidade de formigas a 30 m dos pequizeiros. Estas mesmas tendências são observadas considerando-se os dados combinados para solo e vegetação (Fig. 7).

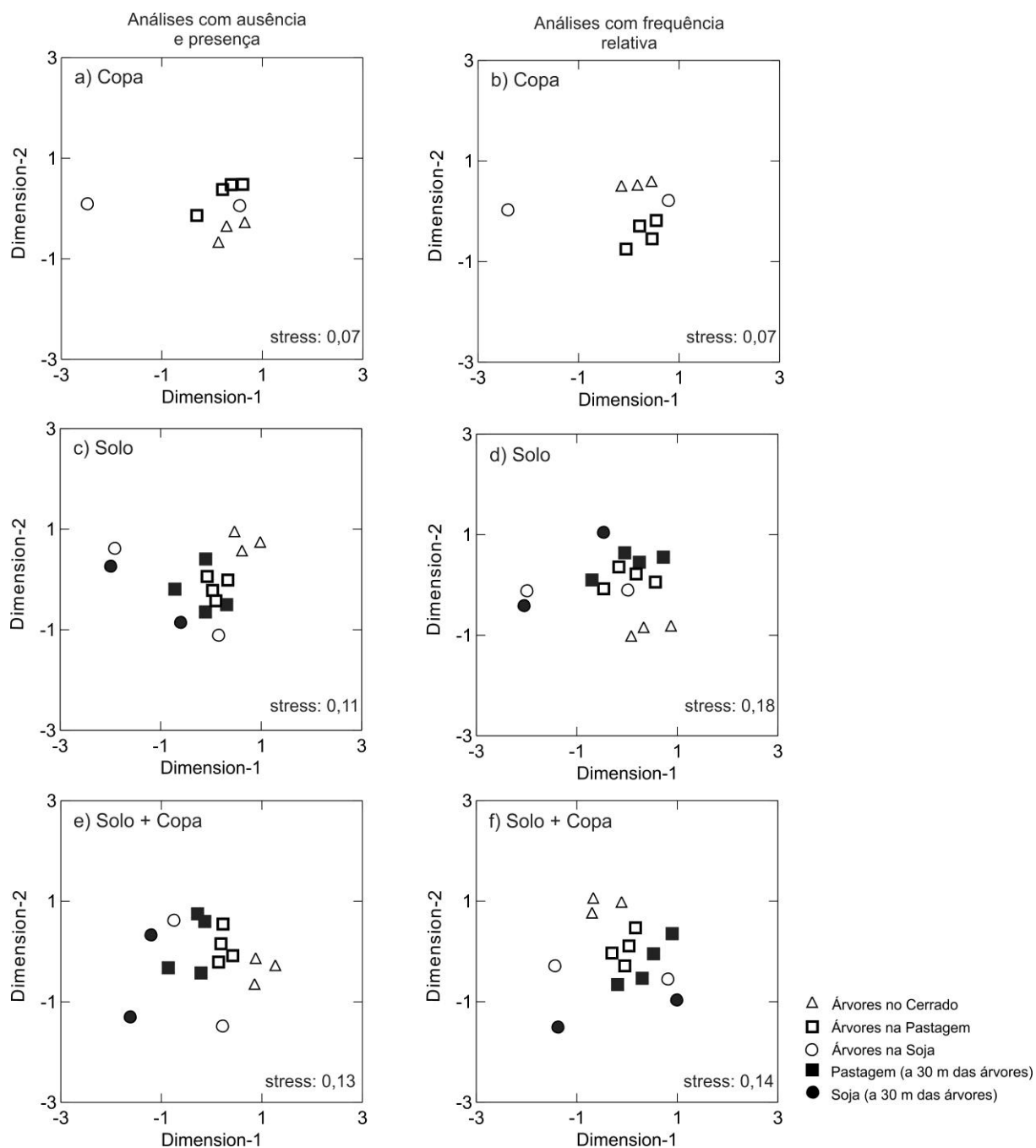


FIGURA 7. Ordenação nMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico) dos transectos estabelecidos em áreas de cerrado, pastagens, ou campos de soja na região de Campo Alegre de Goiás e Uberlândia. As análises foram feitas para diferentes estratos (A e B) na copa das árvores, (C e D) no solo e (E e F) com os dois estratos somados. Símbolos vazios representam coletas feitas na árvore ou abaixo dela e símbolos cheios representam as coletas no solo a 30 m de distância da árvore. As ordenações (A, C e E) foram feitas a partir dos dados de ausência e presença e as ordenações (B, D e F) foram feitas a partir dos dados de frequência relativa.

Os plantios de soja apresentaram a maior proporção de espécies generalistas de hábitat, pois 65% das espécies coletadas neste agroecossistema foram encontradas também nas pastagens e nas áreas de cerrado (Figura 8). Já nas pastagens e no cerrado, em média 42% e 40% das espécies coletadas respectivamente, foram espécies encontradas em todos os três ambientes amostrados. A proporção de espécies exclusivas por habitats foi menor nos plantios de soja (6% do total de espécies), do que nas pastagens (19%) ou nas áreas de cerrado (25%). Já a porcentagem de espécies de formigas compartilhadas entre dois habitats foi maior para o par cerrado e a pastagem (27%) do que para o par pastagem e plantio de soja (17%), e o para soja e cerrado (2%).

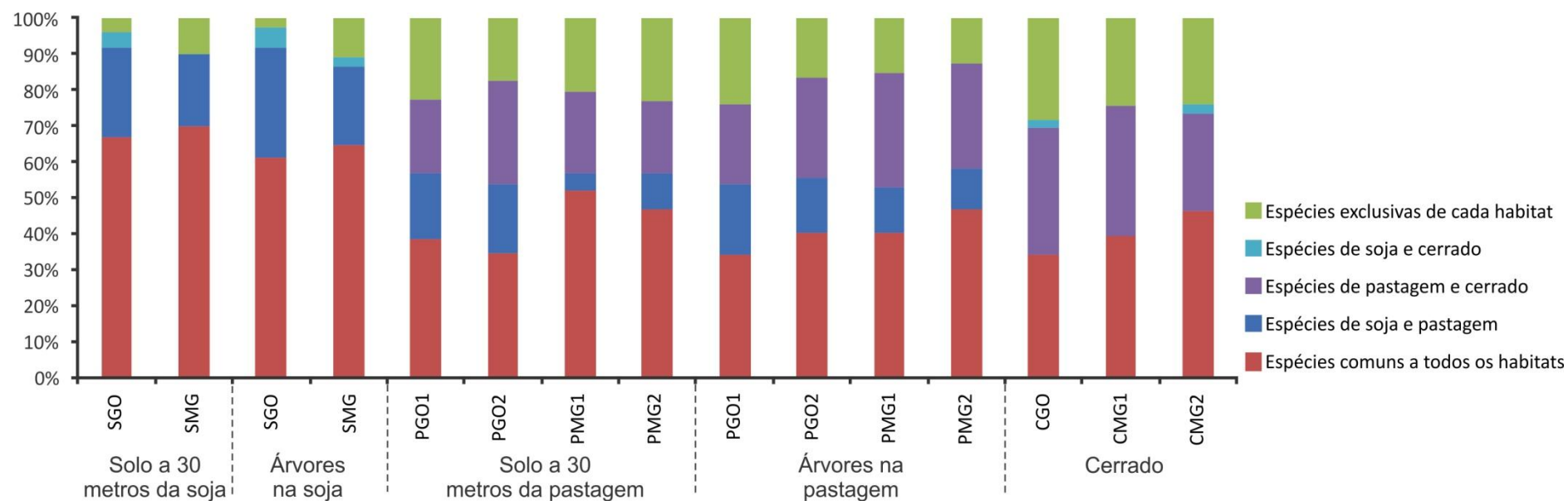


FIGURA 8: Proporção do total de espécies coletadas em cada transecto que eram exclusivas a um dado habitat (cerrado, pastagem ou campo de soja) ou comum a dois ou mais habitats.

DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo indicam que a presença de árvores isoladas aumenta a riqueza de espécies de formiga em agroecossistemas. Este efeito é independente do tipo de agroecossistema e o aumento na riqueza próximo às árvores isoladas é devido não só a inclusão de espécies arborícolas, mas também por um incremento local no número de espécies que forrageiam e nidificam no solo.

O incremento médio no número de espécies forrageando no solo abaixo de árvores isoladas foi de cerca de 1,5 espécies (Tabela 2), valor este similar ao observado em estudos anteriores (Majer & Delabie 1999; Dunn 2000; Gove et al. 2005) que mostraram haver entre 1,2 a 2,8 mais espécies de formigas abaixo do que longe de árvores isoladas em regiões de floresta. O presente estudo é o primeiro em região savânica a avaliar a capacidade das árvores isoladas em agroecossistemas em manter uma maior diversidade de formigas. Além disto, este é o primeiro estudo a determinar o efeito de árvores isoladas sobre a fauna de formigas em diferentes tipos de agroecossistemas.

Uma das causas do aumento local no número de espécies de formigas forrageando abaixo da copa de árvores isoladas deve-se a presença no solo de espécies que nidificam em árvores (Majer e Delabie 1999, Dunn 2000). Entre as espécies comumente encontradas no solo abaixo da copa de *C. brasiliensis* destacam-se *Pachycondyla vilosa* além de algumas espécies do gênero *Camponotus* e de *Pseudomyrmex* do grupo *gracilis*, sendo todas essas espécies tipicamente arborícolas. É importante destacar que alguns indivíduos de formigas estritamente arborícolas (por exemplo, espécies do gênero *Crematogaster*) foram também

coletados a 30 metros de distância das árvores, o que sugere que a presença de árvores em monoculturas ou pastagens no Cerrado pode influenciar a comunidade de formigas em um raio de pelo menos 30 metros. E apesar do objetivo desse estudo ser comparar a riqueza de formigas em locais com e sem a influência das árvores isoladas, devido às áreas a 30 metros amostrarem espécies arborícolas está diferença na riqueza está, provavelmente, sendo subestimada.

Espécies que nidificam no solo (especialmente formigas do gênero *Pheidole*, *Solenopsis* e predadoras como formigas de correição e *Odontomachus*) foram registradas com maior frequência abaixo da copa de *C. brasiliensis* do que a 30 m de distância. A explicação mais provável para esta diferença é que a presença das árvores causa mudanças ambientais que beneficiam determinadas espécies que nidificam no solo. Estas mudanças incluem maior heterogeneidade ambiental (Perfecto & Snelling 1995; Roth et al. 1994), maior sombreamento e alterações no microclima (Gove et al. 2005; Majer & Delabie 1999; Perfecto & Vandermeer 1996) e a formação de uma camada de serrapilheira no solo (Perfecto & Vandermeer 1996).

Os resultados do presente trabalho também mostram que agroecossistemas com um manejo mais intensivo na região do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás está causando perdas substanciais na diversidade de formigas. Isto porque as pastagens para criação de gado (uso mais tradicional da terra nesta região) suportam um número maior de espécies do que os campos de soja. De certo modo, o declínio da biodiversidade em um gradiente de intensificação na agricultura parece ser um padrão ecológico claro e comum a muitos táxons (Tscharntke et al. 2005). Entretanto, esta é a primeira vez que se demonstra que pastagens podem ser tão similares quanto áreas de vegetação natural em relação à riqueza e a composição da mirmecofauna. Apesar de pastagens serem consideradas como tendo um baixo valor na conservação de espécies de formigas em regiões florestais (Ottonetti et al. 2010), este parece não ser o caso na região do Cerrado.

Ao menos três fatores podem explicar a elevada similaridade da mirmecofauna entre as pastagens e a vegetação nativa de cerrado. Primeiramente, áreas de pastagem não são aradas ou pulverizadas (como é o caso na maioria das monoculturas) e, além disso, o pastejo pelo gado parece não ter efeito sobre a comunidade de formigas (Calcaterra et al. 2010; Underwood & Christian 2009). Segundo, ao contrário do que ocorre em biomas florestais, há muita similaridade no aspecto físico entre as pastagens e as áreas nativas de cerrado sensu *stricto* e campos, o que indica que o microclima e a complexidade estrutural destes dois habitats é semelhante. Finalmente, embora nas pastagens haja alteração no estrato herbáceo-graminoso (através da substituição das espécies nativas por capins exóticos) esta alteração parece não modificar a dieta de formigas que forrageiam no solo. Em um estudo recente, Gibb & Cunningham (2010) mostraram, através de análises dos isótopos de carbono e nitrogênio, que em pastagens com árvores isoladas, as formigas tem uma dieta tão complexa como nas áreas naturais.

Já nos plantios de soja, as práticas agrícolas frequentes, como arar a terra, aplicar defensivos agrícolas, uso de maquinários para o plantio e colheita, adubação e outros, causam impactos negativos na densidade de colônias, biodiversidade e biomassa de formigas como comumente observado em áreas agrícolas (Folgarait 1998). Um provável exemplo de como o manejo dos agroecossistemas pode afetar a fauna de formigas refere-se à marcada diferença na riqueza de espécies coletadas na copa de *C. brasiliensis* entre os plantios de soja de Uberlândia e Campo Alegre de Goiás (Fig. 4). No primeiro o número de espécies do estrato arbóreo foi similar ao encontrado em áreas adjacentes de cerrado ou pastagens, enquanto no segundo o número foi significativamente menor. Embora não se possa descartar a possibilidade destas serem diferenças naturais (já que apenas um plantio foi amostrado em cada um destes dois municípios), o fato de que em Campo Alegre de Goiás a pulverização de defensivos agrícolas é feita por aviões (tendo assim impacto direto sobre a copa das árvores)

enquanto em Uberlândia esta é realizada por tratores, sugere fortemente que as diferenças observadas são mediadas por mudanças na forma de aplicação de inseticidas.

Mudanças no uso da terra e a presença ou não de árvores isoladas resultaram não apenas em diferenças na riqueza de espécies, mas também em mudanças na composição da comunidade de formigas. A similaridade faunística com as áreas nativas de cerrado foi maior próximo do que distante das árvores isoladas (Fig. 7). Nas áreas mais distantes das árvores, além da baixa ocorrência de espécies arborícolas é frequente a presença de espécies adaptadas a condições mais xéricas ou “abertas”, como foi o caso, por exemplo, de *Ectatomma opaciventris*, *Ectatomma brunneus* e *Pogonomyrmex naegelli*.

De forma similar, os plantios de soja foram menos similares ao cerrado nativo do que as pastagens e esta diferença foi especialmente marcada para a fauna de solo (Fig. 7). Os transectos nas pastagens e nos cerrados compartilharam em média 70% da sua fauna. Apesar das pastagens possuírem 44 espécies exclusivas e o cerrado 46, a maioria dessas espécies exclusivas foram raras (ocorreram em menos de 5% das amostras), sugerindo que uma amostragem mais intensiva da mirmecofauna nesses ambientes pode gerar uma sobreposição ainda maior de espécies. Esses resultados sugerem que pastagens com árvores isoladas possuem um alto valor de conservação. Entretanto, é importante frisar que as áreas naturais aqui estudadas representam apenas parte de um gradiente de fitofisionomias que ocorrem naturalmente no bioma Cerrado. Sendo assim é de se esperar que áreas naturais, que possuam fitofisionomias mais dissimilares ao cerrado sentido restrito, não compartilhem as mesmas espécies de formigas com pastagens que tenham árvores isoladas e que, portanto, estas pastagens não podem ser considerados substitutos das áreas de conservação, mas sim um complemento.

Outro aspecto importante é determinar se os agroecossistemas causam um aumento na diversidade regional através de um incremento de espécies que não ocorrem na área natural

(Bestelmeyer & Wiens 1996). Neste caso, percebe-se que das 204 espécies identificadas neste estudo, 69 foram encontradas apenas nos agroecossistemas (pastagens ou plantios de soja). Em parte isso foi devido a ocorrência de espécies raras (as quais eventualmente também estão presentes no cerrado, mas não foram detectadas pelas limitações do protocolo amostral), embora também tenha havido algumas espécies que foram freqüentes no agroecossistemas e que aparentemente são adaptadas a locais mais perturbados (caso, por exemplo, de *Dorymyrmex* sp1, *Solenopsis* sp11, *Solenopsis* sp1, e *Brachymyrmex* sp1).

Entre os agroecossistemas estudados, as pastagens têm um potencial de conservação da mirmecofauna superior aos das plantações de soja, pois abrigam boa parte da fauna original de cerrado enquanto a mirmecofauna dos cultivos de soja é um subconjunto reduzido das espécies de cerrado. Isso porque das 72 espécies de formigas coletadas na soja, apenas seis foram registradas exclusivamente neste habitat. Além disso, a presença de árvores isoladas (que gera um aumento local na riqueza de formigas) é menos freqüente em plantações de soja do que em pastagens. Em geral, áreas que vão ser convertidas em plantações tem suas árvores cortadas para facilitar o uso de máquinas agrícolas (T.L.M. Frizzo, observações pessoais).

Além das evidentes implicações conservacionistas, evitando a extinção local das espécies, o manejo dos agroecossistemas de forma a maximizar a riqueza de espécies de formigas (por exemplo, através da manutenção de árvores isoladas ou através de técnicas de manejo mais amigáveis à biodiversidade) pode trazer outros benefícios. Segundo a hipótese da estabilidade-diversidade (McNaughton 1977) ao aumentarmos a diversidade em um local reduzimos a probabilidade das mudanças ambientais (locais ou globais) causarem impacto sobre esses ecossistemas. Isto implica que o decréscimo da diversidade devido a conversão de áreas naturais em agroecossistemas ou a intensificação do uso da terra pode gerar a perda de funções nesses ecossistemas (Postma-Blaauw et al. 2010), agravando surtos de praga agrícolas ou até mesmo gerando custos devido a perda de serviços ecológicos.

Muitas espécies de formigas são predadores e assim podem regular a população de outros artrópodes, incluindo os prejudiciais à agricultura (Agarwal et al. 2007; Armbrrecht & Gallego 2007; Risch & Carroll 1982b). Sabe-se que a presença de formigas em árvores de *C. brasiliensis* efetivamente diminui a incidência de herbívoros nessas árvores (Oliveira 1997). Porém, pelo menos para o Cerrado, pouco se sabe sobre a eficiência das formigas no controle de pragas já que cada espécie possui diferentes potenciais no controle de pragas (Agarwal 2007) e poucos estudos foram realizados nesse sentido para a mirmecofauna do Cerrado até o momento.

De forma geral, fica evidente que a presença de árvores em agroecossistemas aumenta a riqueza local de espécies, principalmente pela presença de espécies arborícolas. Já para os agroecossistemas, enquanto as plantações de soja causam uma drástica redução na riqueza de espécies de formigas, as pastagens se mostraram similares as áreas de cerrado amostradas, indicando que este é um uso da terra quem tem baixo impacto sobre a mirmecofauna. Entretanto, existe a ressalva de que as áreas de pastagem não substituem a necessidade de áreas proteção ambiental, para que haja a conservação integral das espécies de formigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, V. M., N. Rastogi, & S. V. S. Raju. 2007. Impact of predatory ants on two lepidopteran insect pests in Indian cauliflower agroecosystems. *Journal of Applied Entomology* **131**:493-500.
- Armbrecht, I., & M. C. Gallego. 2007. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **124**:261-267.
- Armbrecht, I., I. Perfecto, & E. Silverman. 2006. Limitation of nesting resources for ants in Colombian forests and coffee plantations. *Ecological Entomology* **31**:403-410.
- Bestelmeyer, B. T., & J. A. Wiens. 1996. The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine chaco. *Ecological Applications* **6**:1225-1240.
- Brannstrom, C., W. Jepson, A. M. Filippi, D. Redo, Z. W. Xu, & S. Ganesh. 2008. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy* **25**:579-595.
- Calcaterra, L. A., S. M. Cabrera, F. Cuezco, I. J. Perez, & J. A. Briano. 2010. Habitat and grazing influence on terrestrial ants in subtropical grasslands and savannas of Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* **103**:635-646.
- Cavalcanti, R. B., & C. A. Joly. 2002. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. Pp 351–367 in P. S. Oliveira, and R. J. Marquis, editors. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York.

- Chapin, F. S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack, & S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**:234-242.
- Colwell, R. K. 2004. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 7.5.
- Dunn, R. R. 2000. Isolated trees as foci of diversity in active and fallow fields. *Biological Conservation* **95**:317-321.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **34**:487-515.
- Fearnside, P. M. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* **28**:23-38.
- Ferreira, L. G., H. Yoshioka, Y. Huete, & E. E. Sano. 2004. Optical characterization of the Brazilian savanna physiognomies for improved land cover monitoring of the cerrado biome: preliminary assessments from an airborne campaign over an LBA core site. *Journal of Arid Environments* **56**:425-447.
- Fischer, J., J. Stott, & B. S. Law. 2010a. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation* **143**:1564-1567.
- Fischer, J., J. Stott, A. Zerger, G. Warren, K. Sherren, & R. I. Forrester. 2009. Reversing a tree regeneration crisis in an endangered ecoregion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **106**:10386-10391.
- Fischer, J., A. Zerger, P. Gibbons, J. Stott, & B. S. Law. 2010b. Tree decline and the future of Australian farmland biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **107**:19597-19602.
- Fittkau, E. J., & H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* **5**:2-14.

- Folgarait, P. J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* **7**:1221-1244.
- Gibb, H., & S. A. Cunningham. 2010. Habitat contrasts reveal a shift in the trophic position of ant assemblages. *Journal of Animal Ecology* **80**:119-127.
- Gibbons, P., D. B. Lindenmayer, J. Fischer, A. D. Manning, A. Weinberg, J. Seddon, P. Ryan, & G. Barrett. 2008. The future of scattered trees in agricultural landscapes. *Conservation Biology* **22**:1309-1319.
- Gotelli, N. J., & R. K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* **4**:379-391.
- Gove, A. D., J. D. Majer, and V. Rico-Gray. 2005. Methods for conservation outside of formal reserve systems: The case of ants in the seasonally dry tropics of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* **126**:328-338.
- Harvey, C. A., A. Medina, D. M. Sanchez, S. Vilchez, B. Hernandez, J. C. Saenz, J. M. Maes, F. Casanoves, & F. L. Sinclair. 2006. Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications* **16**:1986-1999.
- Haslem, A., & A. F. Bennett. 2008. Birds in agricultural mosaics: The influence of landscape pattern and countryside heterogeneity. *Ecological Applications* **18**:185-196.
- IBGE. 2008. www.ibge.gov.br/cidadesat. Acessado dia 28/ 12/ 2010.
- IBGE. 2009. www.ibge.gov.br/cidadesat. Acessado dia 28 /12/ 2010.
- Jepson, W. 2005. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. *Geographical Journal* **171**:99-111.
- Klink, C. A., & R. B. Machado. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* **19**:707-713.

- Klink, C. A., & A. G. Moreira. 2002. Past and current human occupation, and land use. Pp 69–88 in P. S. Oliveira, & R. J. Marquis, editors. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York.
- Lumsden, L. F., & A. F. Bennett. 2005. Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in south-eastern Australia. *Biological Conservation* **122**:205-222.
- Machado, R. B., M. B. R. Neto, P. G. P. Pereira, E. F. Caldas, D. A. Gonçalves, N. S. Santos, K. Tabor, & M. Steininger. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília - DF.
- Majer, J. D., & J. H. C. Delabie. 1999. Impact of tree isolation on arboreal and ground ant communities in cleared pasture in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. *Insectes Sociaux* **46**:281-290.
- Manning, A. D., J. Fischer, & D. B. Lindenmayer. 2006. Scattered trees are keystone structures - Implications for conservation. *Biological Conservation* **132**:311-321.
- Maron, M., & J. A. Fitzsimons. 2007. Agricultural intensification and loss of matrix habitat over 23 years in the West Wimmera, south-eastern Australia. *Biological Conservation* **135**:587-593.
- McNaughton, S. J. 1977. Diversity and stability of ecological communities - comment on role of empiricism in ecology. *American Naturalist* **111**:515-525.
- Minchin, P. R. 1987. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* **69**:89-107.
- Oliveira-Filho, T., & J. A. Ratter. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. Pp 91-120 in P. S. Oliveira, & R. J. Marquis, editors. *The Cerrados of Brazil - Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York.

- Oliveira, P. S. 1997. The ecological function of extrafloral nectaries: Herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Functional Ecology* **11**:323-330.
- Ottonetti, L., L. Tucci, F. Frizzi, G., Chelazzi & G. Santini. 2010. Changes in ground-foraging ant assemblages along a disturbance gradient in a tropical agricultural landscape. *Ethology Ecology & Evolution* **22**:73-86.
- Perfecto, I., & R. Snelling. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem - ants in coffee plantations. *Ecological Applications* **5**:1084-1097.
- Perfecto, I., & J. Vandermeer. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia* **108**:577-582.
- Philpott, S. M., & P. F. Foster. 2005. Nest-site limitation in coffee agroecosystems: Artificial nests maintain diversity of arboreal ants. *Ecological Applications* **15**:1478-1485.
- Pimentel, D., C. Wilson, C. McCullum, R. Huang, P. Dwen, J. Flack, Q. Tran, T. Saltman, & B. Cliff. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience* **47**:747-757.
- Pimm, S. L., G. J. Russell, J. L. Gittleman, & T. M. Brooks. 1995. The future of biodiversity. *Science* **269**:347-350.
- Pivello, V. R., C. N. Shida, & S. T. Meirelles. 1999. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation* **8**:1281-1294.
- Plieninger, T., F. J. Pulido, & H. Schaich. 2004. Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments* **57**:345-364.
- Postma-Blaauw, M. B., R. G. M. de Goede, J. Bloem, J. H. Faber, & L. Brussaard. 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology* **91**:460-473.

- Powell, S. 2008. Ecological specialization and the evolution of a specialized caste in Cephalotes ants. *Functional Ecology* **22**:902-911.
- Powell, S., A. N. Costa, C. T. Lopes & H. L. Vasconcelos. 2011. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. *Journal of Animal Ecology* **80**:352-360.
- Risch, S. J., & C. R. Carroll. 1982a. The ecological role of ants in 2 mexican agroecosystems. *Oecologia* **55**:114-119.
- Risch, S. J., & C. R. Carroll. 1982b. Effect of a keystone predaceous ant, *Solenopsis geminata*, on arthropods in a tropical agroecosystem. *Ecology* **63**:1979-1983.
- Roth, D. S., I. Perfecto, & B. Rathcke. 1994. The effects of management-systems on ground-foraging ant diversity in Costa-Rica. *Ecological Applications* **4**:423-436.
- Sala, O. E., F. S. Chapin, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, & D. H. Wall. 2000. Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* **287**:1770-1774.
- Sano, E. E., R. Rosa, J. L. S. Brito, & L. G. Ferreira. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* **166**:113-124.
- Schlesinger, W. H., J. F. Reynolds, G. L. Cunningham, L. F. Huenneke, W. M. Jarrell, R. A. Virginia, & W. G. Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* **247**:1043-1048.
- SPSS. 2000. Systat version 10. SPSS Inc., San Francisco, California.

- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M. C. Wichmann, M. Schwager, & F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* **31**:79-92.
- Tscharntke, T., A. M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter, & C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* **8**:857-874.
- Underwood, E. C., & C. E. Christian. 2009. Consequences of prescribed fire and grazing on grassland ant communities. *Environmental Entomology* **38**:325-332.
- Vandermeer, J., & I. Perfecto. 1997. The agroecosystem: A need for the conservation biologist's lens. *Conservation Biology* **11**:591-592.
- Way, M. J., & K. C. Khoo. 1992. Role of ants in pest-management. *Annual Review of Entomology* **37**:479-503.

ANEXO

ANEXO A. Lista de espécies de formigas e seus respectivos locais de ocorrência. Asteriscos indicam espécies que foram raramente amostradas: somente uma vez*, duas** ou três*** vezes.

Espécies	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Acanthostichus brevicornis</i> (Emery, 1894)*	X		
<i>Acromyrmex</i> sp1**	X		
<i>Acromyrmex</i> sp2*			X
<i>Acromyrmex</i> sp3		X	
<i>Acromyrmex</i> sp4		X	
<i>Apterostigma</i> sp1*	X		
<i>Atta laevigata</i> (Smith, F., 1858)	X	X	X
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)***		X	X
<i>Azteca</i> sp1	X	X	X
<i>Blepharidatta conops</i> (Kempf, 1967)*	X		
<i>Brachymyrmex</i> sp1	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp2	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp3	X	X	
<i>Camponotus arboreus</i> (Smith, F., 1858)	X	X	
<i>Camponotus crassus</i> (Santschi, 1922)	X	X	X
<i>Camponotus leydigi</i> (Forel, 1886)*	X		
<i>Camponotus</i> sp1	X	X	
<i>Camponotus</i> sp2	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp3	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp4		X	
<i>Camponotus</i> sp5	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp6	X	X	
<i>Camponotus</i> sp7	X	X	
<i>Camponotus</i> sp8*		X	
<i>Camponotus</i> sp11	X	X	
<i>Camponotus</i> sp12	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp14		X	
<i>Camponotus</i> sp15	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp16	X		
<i>Camponotus</i> sp17	X	X	
<i>Camponotus</i> sp18	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp21***	X		
<i>Camponotus</i> sp23	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp24	X	X	
...continua...			

<i>Espécies</i>	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Camponotus</i> sp25*	X		
<i>Camponotus</i> sp26	X	X	
<i>Camponotus</i> sp27*	X		
<i>Camponotus</i> sp28*		X	
<i>Camponotus</i> sp29*		X	
<i>Camponotus</i> sp30	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp31**		X	
<i>Camponotus</i> sp32*	X		
<i>Camponotus</i> sp33	X		
<i>Camponotus</i> sp34	X	X	
<i>Camponotus</i> sp35	X	X	
<i>Cardiocondyla</i> sp1		X	X
<i>Carebara</i> gr. <i>lignata</i> sp2***	X		
<i>Cephalotes</i> <i>atratus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	
<i>Cephalotes</i> <i>beto</i> i (De Andrade & Baroni Urbani, 1999)**	X	X	
<i>Cephalotes</i> <i>clypeatus</i> (Fabricius, 1804)*		X	
<i>Cephalotes</i> <i>grandinosus</i> (Smith, F., 1860)***	X	X	
<i>Cephalotes</i> <i>persililis</i> (De Andrade, 1999)***		X	X
<i>Cephalotes</i> <i>pusillus</i> (Klug, 1824)	X	X	
<i>Cephalotes</i> sp1*		X	
<i>Cephalotes</i> sp2		X	X
<i>Cephalotes</i> sp3*	X		
<i>Cephalotes</i> sp4***	X	X	
<i>Crematogaster</i> sp1***		X	
<i>Crematogaster</i> sp2	X	X	
<i>Crematogaster</i> sp3	X	X	
<i>Crematogaster</i> sp4*	X		
<i>Crematogaster</i> sp5***	X		
<i>Crematogaster</i> sp6		X	X
<i>Cyphomyrmex</i> sp1***		X	
<i>Cyphomyrmex</i> sp2*		X	
<i>Cyphomyrmex</i> sp3*	X		
<i>Cyphomyrmex</i> sp4*	X		
<i>Dolichoderus</i> <i>lobicornis</i> (Kempf, 1959)		X	
<i>Dolichoderus</i> <i>lutosus</i> (Smith, F., 1858)	X	X	
<i>Dorymyrmex</i> sp1		X	X
<i>Dorymyrmex</i> sp2*		X	
<i>Dorymyrmex</i> sp3	X	X	X
<i>Dorymyrmex</i> sp4		X	X
<i>Eciton</i> sp1**		X	
<i>Ectatomma</i> <i>brunneum</i> (Smith, F., 1858)	X	X	X
...continua...			

<i>Espécies</i>	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	X	X	
<i>Ectatomma lugens</i> (Emery, 1894)	X		
<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	X	X	X
<i>Ectatomma permagnum</i> (Forel, 1908)	X	X	X
<i>Ectatomma planidens</i> (Borgmeier, 1939)		X	X
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	X		
<i>Forelius</i> sp1***		X	
<i>Forelius</i> sp2	X	X	X
<i>Forelius</i> sp3*		X	
<i>Gnamptogenys striatula</i> (Mayr, 1884)	X		
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, F., 1858)	X	X	
<i>Hypoponera</i> sp1**		X	
<i>Hypoponera</i> sp2*		X	
<i>Hypoponera</i> sp3***		X	
<i>Hypoponera</i> sp4*			X
<i>Kalathomyrmex emeryi</i> (Forel, 1907)*		X	
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	X	X	X
<i>Labidus praedator</i> (Smith, F., 1858)***		X	
<i>Linepithema</i> sp4*		X	
<i>Linepithema</i> sp5	X	X	
<i>Linepithema</i> sp6	X	X	
<i>Megalomyrmex</i> sp1**	X	X	
<i>Mycetarotes parallelus</i> (Emery, 1906)***		X	
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)		X	X
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)***		X	X
<i>Myrmelachista</i> sp1**	X		
<i>Myrmicocrypta</i> sp1	X	X	X
<i>Neivamyrmex</i> sp1*	X		
<i>Neivamyrmex</i> sp2***		X	
<i>Neivamyrmex</i> sp3**	X		
<i>Neivamyrmex</i> sp4*	X		
<i>Neivamyrmex</i> sp5	X		X
<i>Nomamyrmex esenbeckii</i> (Westwood, 1842)	X	X	X
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i> (Mayr, 1878)**	X	X	
<i>Odontomachus bauri</i> (Emery, 1892)	X	X	
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	X		
<i>Odontomachus</i> sp1		X	
<i>Odontomachus</i> sp2	X	X	
<i>Oxyepoecus</i> sp1*		X	
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	X	X	
<i>Pachycondyla verenae</i> (Forel, 1922)	X	X	X

...continua...

<i>Espécies</i>	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X
<i>Paratrechina</i> sp1	X		
<i>Paratrechina</i> sp2	X	X	
<i>Pheidole</i> sp1		X	X
<i>Pheidole</i> sp2			X
<i>Pheidole</i> sp3	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp4		X	X
<i>Pheidole</i> sp5		X	X
<i>Pheidole</i> sp6*	X		
<i>Pheidole</i> sp7**		X	
<i>Pheidole</i> sp8*	X		
<i>Pheidole</i> sp9		X	
<i>Pheidole</i> sp10		X	
<i>Pheidole</i> sp11	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp12	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp13	X	X	
<i>Pheidole</i> sp14*			X
<i>Pheidole</i> sp15***		X	
<i>Pheidole</i> sp16*			X
<i>Pheidole</i> sp17	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp18	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp19	X		
<i>Pheidole</i> sp20	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp21*		X	
<i>Pheidole</i> sp22*		X	
<i>Pheidole</i> sp23*	X		
<i>Pheidole</i> sp24*	X		
<i>Pheidole</i> sp25*		X	
<i>Pheidole</i> sp26	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp27	X	X	
<i>Pheidole</i> sp28***		X	X
<i>Pheidole</i> sp29	X	X	
<i>Pheidole</i> sp30***	X		
<i>Pheidole</i> sp31	X	X	
<i>Pheidole</i> sp32***		X	
<i>Pheidole</i> sp33***	X		
<i>Pheidole</i> sp34	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp35	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp36	X	X	
<i>Pheidole</i> sp37		X	X
<i>Pheidole</i> sp38		X	X

...continua...

<i>Espécies</i>	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Pheidole</i> sp39	X	X	
<i>Pheidole</i> sp40***	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp41*	X		
<i>Pheidole</i> sp42	X	X	X
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> (Emery, 1878)	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> gr. <i>gracilis</i> sp1	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> gr. <i>gracilis</i> sp2	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp2***	X	X	
<i>Pseudomyrmex</i> sp3	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp4	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp5	X		X
<i>Pseudomyrmex</i> sp6	X		
<i>Pseudomyrmex tenuis</i> (Fabricius, 1804)	X		
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, F., 1855)	X	X	
<i>Rogeria besucheti</i> (Kugler, C., 1994)*	X		
<i>Rogeria</i> sp1*		X	
<i>Serycomyrmex</i> sp1*	X		
<i>Solenopsis</i> sp1		X	X
<i>Solenopsis</i> sp2	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp3***		X	X
<i>Solenopsis</i> sp4	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp5**		X	
<i>Solenopsis</i> sp6	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp7	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp8	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp9	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp10	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp11		X	X
<i>Solenopsis</i> sp12*			X
<i>Solenopsis</i> sp13***	X	X	
<i>Solenopsis</i> sp14**	X		
<i>Strumigenys</i> sp1**		X	
<i>Strumigenys</i> sp2*	X		
<i>Tapinoma</i> sp1	X	X	
<i>Tapinoma</i> sp2	X	X	X
<i>Tapinoma</i> sp3		X	
<i>Tetramorium simillimum</i> (Smith, F., 1851)**		X	X
<i>Trachymyrmex</i> sp1	X		
<i>Trachymyrmex</i> sp2*	X		
<i>Trachymyrmex</i> sp3*		X	
<i>Trachymyrmex</i> sp4*		X	

...continua...

ANEXO A. Cont.

<i>Espécies</i>	Cerrado “sensu stricto”	Pastagem	Soja
<i>Trachymyrmex</i> sp5**	X		
<i>Trachymyrmex</i> sp6*		X	
<i>Tranopelta gilva</i> (Mayr, 1866)	X		
Undet sp1*		X	
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)***	X	X	
<i>Wasmannia lutzii</i> (Forel, 1908)	X	X	X
Total de espécies	134	152	73