



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Efeitos da Antropização de Áreas de Cerrado nos Serviços Ecosistêmicos e na Diversidade de Besouros Coprófagos

Yuri Ferreira de Oliveira

Brasília - DF
Junho - 2019



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Efeitos da Antropização de Áreas de Cerrado nos Serviços Ecosistêmicos e na Diversidade de Besouros Coprófagos

Yuri Ferreira de Oliveira

Orientadora: Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Brasília - DF
Junho – 2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família que sempre me amou e esteve ao meu lado. À minha avó Dalva por ter me ensinado a lidar com qualquer situação, ao meu irmão Eduardo por ter me ensinado tanto sobre a vida e ter me trazido para Brasília e à minha mãe Maria Fátima por ser a mulher mais guerreira que conheço e minha maior inspiração.

À minha orientadora Dra. Marina Regina Frizzas não só por tudo o que me ensinou durante meu mestrado, mas também pela paciência, consideração e respeito ao meu ritmo e às minhas limitações.

À amiga Jéssica pela ajuda com a confecção do mapa.

Ao amigo Malaquias pela ajuda na obtenção das fezes bovinas e suínas.

Ao amigo Raffael pela ajuda na obtenção das fezes bovinas e suínas e pela ajuda com o texto.

Aos amigos Lucas e João pelo auxílio com a avaliação dos serviços ecossistêmicos.

À minha ex-namorada Carolina por ter me feito companhia em alguns campos.

Aos meus amigos e amigas de laboratório que tornaram esse trabalho viável. Me ajudando no campo, no laboratório e na insanidade de montar os bichos: Ananda, Anny, Felliipe, Hezer, Jacqueline, Juliane, Lucas, Kamila, Luiz, Marcela, Maria Clara, Marcus, Nathália, Thayná, Taynah, Thaynara, Victor, Vitória e Wanderson.

Aos amigos da agência do Banco do Brasil da UnB pela compreensão com os atrasos e estresse.

Ao Dr. Charles Martins de Oliveira (Embrapa Cerrados) pela ajuda com todos os procedimentos de campo, desde a escolha e reserva das áreas até a instalação das estações de estudo.

Ao Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT) pela identificação das espécies coletadas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e seus professores por todo o aprendizado que tive durante o mestrado.

Ao responsável pela Fazenda Sementes Três Pinheiros Sr. Márcio Moisés Binotti por ter disponibilizado sua propriedade para o estudo e ao Sr. Daltro Iang por viabilizar a realização dos experimentos na fazenda.

À Universidade de Brasília (UnB) e aos seus funcionários por toda a estrutura fornecida, desde o restaurante universitário até a biblioteca central dos estudantes (24 h).

Ao Banco do Brasil pela concessão da licença interesse para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida.

Ao PROEX/CAPES 1789/2015 pelo financiamento de parte do projeto.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. Localidades e áreas de estudo.....	5
2.2. Serviços ecossistêmicos.....	7
2.2.1. Remoção de fezes.....	8
2.2.2. Dispersão secundária de sementes.....	8
2.3. Avaliação da comunidade de besouros coprófagos.....	9
2.3.1 Grupos de besouros considerados coprófagos.....	11
2.4. Análise de dados.....	11
2.4.1. Serviços ecossistêmicos.....	11
2.4.2. Descritores da comunidade.....	12
2.4.2.1. Abundância.....	12
2.4.2.2. Riqueza e diversidade.....	12
2.4.2.3. Composição da comunidade.....	12
3. RESULTADOS.....	13
3.1. Serviços ecossistêmicos.....	13
3.1.1. Remoção de fezes.....	13
3.1.2. Dispersão secundária de sementes.....	15
3.2. Avaliação da comunidade de besouros coprófagos.....	16
3.2.1. Abundância.....	17
3.2.2. Riqueza e diversidade.....	19
3.2.3. Composição da comunidade.....	24
4. DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
Apêndice 1.....	45
Apêndice 2.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Distrito Federal indicando as localidades onde as estações de estudos foram instaladas para a avaliação da comunidade e dos serviços ecossistêmicos prestados pelos besouros coprófagos nos meses de novembro e dezembro de 2017 (Elaborado com QGIS Desktop 3.6.2).....	7
Figura 2. Esquema representando como foi realizada a avaliação dos serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes e a avaliação da comunidade de besouros coprófagos. Dois transectos foram instalados em cada área com diferentes tipos de uso da terra, cada transecto possuía 4 estações de estudo que eram compostas por 3 <i>pitfalls</i> com diferentes tipos de iscas e uma arena de avaliação dos serviços ecossistêmicos (foto).	9
Figura 3. Média da proporção de fezes removidas por besouros coprófagos em duas áreas de cerrado <i>sensu stricto</i> (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal em novembro e dezembro de 2017.	14
Figura 4. Fotos mostrando as entradas dos túneis cavados pelos besouros rola-bostas para remoção das fezes nas arenas de avaliação de serviços ecossistêmicos instaladas em áreas de cerrado <i>sensu stricto</i> (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal em novembro e dezembro de 2017.	15
Figura 5. Média de sementes artificiais pequenas e médias dispersadas por besouros coprófagos em duas áreas de cerrado <i>sensu stricto</i> (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017.....	16
Figura 6. Abundância média de besouros coprófagos por <i>pitfall</i> em duas áreas de cerrado <i>sensu stricto</i> (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017.....	18
Figura 7. Abundância média de besouros coprófagos por <i>pitfall</i> nos diferentes tipos de fezes utilizados em coletas realizadas na Embrapa Cerrados, Fazenda Água Limpa e Fazenda Sementes Três Pinheiros localizadas no Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017.....	19

Figura 8. Curva de rarefação relacionando a abundância com a riqueza de espécies de besouros coprófagos em cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal coletados nos meses de novembro e dezembro de 2017. As linhas abaixo e acima da linha principal de cada uso da terra indicam o intervalo de confiança de 95%. A linha vertical preta indica o ponto máximo de abundância no Cerrado, ponto de comparação com os demais usos da terra..... 20

Figura 9. Non-metric Multidimensional Scaling - NMDS com as comunidades de besouros coprófagos de cada tipo de uso da terra: cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2017. Cada ponto representa o conjunto de 8 *pitfalls* da mesma coleta, localidade, tipo de uso da terra e tipo de isca. Os 8 *pitfalls* contendo fezes bovinas das áreas de cerrado *sensu stricto* da segunda coleta da FAL foram desconsiderados, pois nenhum espécime foi coletado.. 26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de besouros coprófagos coletados com *pitfall* iscados em duas áreas de cerrado sensu stricto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017. 20

Apêndice 1

Tabela: Espécies de besouros coprófagos coletados com *pitfalls* iscados com fezes bovinas (Bv), humanas (Hm) e suínas (Sn) em duas áreas de cerrado sensu stricto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017..... 45

Apêndice 2

Tabela: Lista atualizada das espécies de besouros da subfamília Scarabaeinae coletadas no Distrito Federal. 48

RESUMO

Serviços ecossistêmicos são condições e processos que ocorrem nos ecossistemas naturais que sustentam e permitem a vida humana. É um tema que tem se popularizado de 1997 até os dias atuais. Os besouros da subfamília Scarabaeinae são comumente chamados de rola-bostas devido ao fato de se alimentarem majoritariamente de fezes de mamíferos. Esses besouros provêm diversos serviços ecossistêmicos, dentre eles a remoção de fezes e a dispersão secundária de sementes. Estima-se que a economia gerada por serviços ecossistêmicos prestados por besouros rola-bostas na produção de gado no Reino Unido pode chegar a 407 milhões de libras anuais. O Cerrado desempenha um papel importante na prestação de serviços ecossistêmicos, no entanto, vem tendo suas áreas nativas cada vez mais antropizadas e destinadas a atividades agropecuárias. O objetivo deste trabalho foi avaliar como a transformação de áreas nativas de Cerrado para áreas de pasto e plantações de soja afetam a comunidade de besouros coprófagos e os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes prestados por essa comunidade. Para tanto foram instaladas arenas de avaliação de serviços ecossistêmicos e *pitfalls* iscados em áreas com diferentes tipos de uso da terra (cerrado *sensu stricto*, pasto e plantação de soja) em três localidades do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017. Os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes foram quase que totais em todos os tipos de uso da terra, demonstrando que os serviços avaliados não foram afetados pelo tipo de uso da terra. Como besouros coprófagos foram consideradas três subfamílias: Scarabaeinae e Aphodiinae da família Scarabaeidae e Anaidinae da família Hybosoridae. No total foram coletados 32.261 indivíduos, sendo a maior abundância encontrada nas áreas de soja com 19.354 indivíduos, seguida do pasto com 9.865 indivíduos e por último o cerrado *sensu stricto* com 3.042 indivíduos. O cerrado *sensu stricto* foi o tipo de uso da terra que apresentou maior diversidade e riqueza de rola-bostas com 61 espécies sendo sete indicadoras desse tipo de uso da terra, seguido da soja que apresentou 58 espécies sendo 16 indicadoras. O pasto apresentou a menor riqueza com 56 espécies e cinco espécies indicadoras. A comunidade de besouros coprófagos coletada em áreas de cerrado *sensu stricto* mostrou-se distinta das coletadas em pasto e soja, e essas duas últimas semelhantes entre si, o que pode indicar uma substituição de espécies especializadas presentes em áreas nativas por espécies generalistas em áreas antropizadas.

Palavras chave: Besouros rola-bostas, Scarabaeinae, agropecuária, remoção de fezes e dispersão secundária de sementes.

ABSTRACT

Ecosystem services are the conditions and processes through which natural ecosystems sustain and fulfill human life. They have become more popular since 1997. The beetles of the Scarabaeinae subfamily are known as dung beetles because they feed primarily mammalian dung. These beetles perform many ecosystem services, such as dung removal and secondary seed dispersal. In the U.K. cattle industry, it is estimated that the ecosystem services provided by dung beetles save 407 million pounds per year. The Cerrado plays an important role in ecosystem services and has been losing native areas for agriculture. The aim of this work was to assess how land use change from Cerrado native vegetation to pasture and soybean plantation bias the coprophage beetles community and their ecosystem services (dung removal and secondary seed dispersal). We installed ecosystem services evaluation arenas and baited *pitfalls* on different land use type (cerrado *sensu stricto*, pasture and soybean plantation) in three sites of Distrito Federal in November and December of 2017. The ecosystem services of dung removal and secondary seed dispersal was almost total on all land use type. Demonstrating that the services evaluated were not affected by the land use type. We considered coprophage beetles from three subfamilies: Scarabaeinae and Aphodiinae from Scarabaeidae family and Anaidinae from Hybosoridae. We collected 32,261 individuals, with the highest abundance in soybean plantation with 19,354 individuals, followed by pasture with 9,865 individuals then the smallest in cerrado *sensu stricto* which contained 3,042 individuals. The cerrado *sensu stricto* was the land use type with the highest diversity and richness of dung beetles with 61 species and seven indicator species of this land use type, followed by soybean plantation with 58 species and 16 indicator species. The pasture was the smallest richness with 56 species and five indicator species. The soybean plantation was the smallest diversity and its richness was 58 species with 16 indicator species. The coprophage beetles community of cerrado *sensu stricto* areas was different from pasture and soybean communities, whereas the latter were similar to each other. This suggests a shift from specialized species from native areas to generalist species from anthropized areas.

Key words: Dung beetles, Scarabaeinae, agriculture, dung removal and secondary seed dispersal.

1. INTRODUÇÃO

Desde a Convenção da Diversidade Biológica em 1992 os serviços advindos dos ecossistemas naturais ganharam uma maior importância no cenário econômico mundial. Após a publicação em 1997 do livro “Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems” de Gretchen Daily e do artigo “The value of the world's ecosystem services and natural capital” de Costanza e colaboradores houve uma popularização das pesquisas relacionadas ao tema serviços ecossistêmicos (Costanza *et al.*, 2017). Em seu livro Daily definiu Serviços Ecossistêmicos como condições e processos que ocorrem nos ecossistemas naturais que sustentam e permitem a vida humana (Daily, 1997). Esses serviços são agrupados em quatro categorias de acordo com Millenium Ecosystem Assessment (2005): cultural, provisão, regulação e suporte. Muitos serviços dessas categorias são prestados por insetos, por exemplo, as migrações das borboletas monarca - *Danaus plexippus*- do norte dos Estados Unidos e sul do Canadá para a floresta “Oyamel fir” no México, onde milhões dessas borboletas ficam agrupadas nas árvores durante o inverno do hemisfério norte, atraindo turistas para essa região do México (Solensky, 2004, Schowalter *et al.*, 2018). Klatt *et al.* (2014) demonstraram que morangos provindos de plantas polinizadas por abelhas possuíam maior tamanho, valor comercial e durabilidade do que morangos provindos de plantas polinizadas pelo vento ou autopolinizadas. Os cupins do gênero *Odontotermes* estão relacionados com o aumento do sucesso reprodutivo da espécie vegetal *Acacia drepanolobium* devido as alterações nas características químicas e físicas provocadas por esses insetos no solo (Brody *et al.*, 2010).

Devido à relação desses serviços ecossistêmicos com a biodiversidade, perturbações ambientais tendem a provocar uma redução na prestação dos serviços ecossistêmicos em comunidades pouco diversas (McNaughton, 1993). Isso ocorre porque a estabilidade de uma comunidade aumenta com o número de espécies devido a um aumento de caminhos possíveis para o fluxo da energia através da teia trófica (MacArthur, 1955).

Trabalhos com o objetivo de valorar alguns desses serviços vem sendo feitos nos últimos anos. Em 2011 estimou-se que o valor de todos os serviços ecossistêmicos em escala global chegava a 125 trilhões de dólares por ano, sendo que a mudança no uso da terra provocou uma perda de 9,4 trilhões de dólares por ano em serviços ecossistêmicos (Costanza *et al.*, 2014). Losey & Vaughan (2006) estimaram que serviços ecossistêmicos prestados por besouros rola-bostas geram uma economia de 380 milhões de dólares por ano nos Estados Unidos em áreas agrícolas e de criação de gado. No Reino Unido, na produção de gado a

economia gerada por esses besouros chega a 367 milhões de libras por ano, podendo alcançar 407 milhões caso métodos de produção que protegessem os rola-bostas fossem adotados (Beynon *et al.*, 2015).

Devido ao fato de alimentarem-se majoritariamente de fezes de mamíferos, os besouros coprófagos da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) são popularmente chamados de rola-bostas. Além de se alimentarem das fezes esses besouros também as utilizam para nidificar, possuindo três tipos de comportamentos: nidificam diretamente na pilha de fezes, os endocoprídeos; enterram as fezes abaixo da pilha para a construção de seus ninhos, os paracoprídeos; ou então rolam bolas de fezes para longe do recurso para então enterrá-las e construírem seus ninhos, os telecoprídeos (Halffter & Matthews, 1966; Bornemissza, 1969). Justamente por apresentarem esses diferentes padrões de nidificação é que os besouros rola-bostas desempenham diversos papéis ecológicos como a aeração do solo, ciclagem de nutrientes e dispersão secundária de sementes, sendo esses dois últimos fundamentais para a manutenção da integridade dos ecossistemas (Nichols *et al.*, 2008). Em áreas destinadas à agropecuária eles atuam tanto aumentando a produtividade primária quanto no controle de pragas que afetam o gado (Nichols *et al.*, 2008).

Eventualmente nas fezes de mamíferos são encontradas sementes viáveis que passaram intactas pelo seu trato digestivo e podem ser dispersadas por outros animais, como, por exemplo, pequenos roedores e formigas que as enterram ou as levam para o ninho com o intuito de consumi-las posteriormente; nesse caso a dispersão secundária ocorre quando essas sementes não são consumidas por qualquer motivo (Vander Wall & Longland, 2004). A dispersão secundária de sementes também é realizada pelos besouros rola-bostas. Essa dispersão ocorre quando as fezes de um mamífero contendo as sementes viáveis são movidas por esses besouros (Andresen & Feer, 2005).

Devido à necessidade de utilização de fezes, a diversidade de rola-bostas geralmente está relacionada com a diversidade de mamíferos (Hanski & Cambefort, 1991a). Os locais que abrigam a maior diversidade de Scarabaeinae são as savanas africanas em virtude do grande número de espécies de grandes mamíferos que ainda possuem. Estima-se que muitas espécies de besouros rola-bostas foram extintas como consequência da extinção da mastofauna durante o Pleistoceno (Cambefort, 1991b). Justamente a existência no passado de uma fauna composta por grandes mamíferos na América do Sul é uma das explicações do porquê há tantos Scarabaeinae nos trópicos das américas. Acredita-se que devido à escassez de fezes causada por essa extinção, muitas das espécies de Scarabaeinae sobreviveram por causa do surgimento de outros padrões alimentares como a necrofagia, copro-necrofagia e a

saprofagia (Halffter, 1991). Até esse evento de extinção, o Cerrado abrigava uma fauna de mamíferos mais diversificada que a atual (Cartelle, 1994).

A subfamília Scarabaeinae é o grupo de besouros coprófagos predominante na região neotropical, embora também ocorra a subfamília Aphodiinae, esta última mais diversa em regiões temperadas (Cambefort, 1991b). Há aproximadamente 6.505 espécies da família Scarabaeidae no mundo (Schoolmeesters, 2019), destas 867 espécies ocorrem no Brasil, sendo 726 de Scarabaeinae e 141 de Aphodiinae (Vaz-de-Mello, 2018a). No Distrito Federal, localizado no bioma Cerrado, já foram registradas 112 espécies e 34 gêneros da subfamília Scarabaeinae (Apêndice 2). Além da família Scarabaeidae a família Hybosoridae também apresenta grupos coprófagos, como é o caso da subfamília Anaidinae que é primariamente copronecrófaga possuindo algumas espécies micetófagas. Essa subfamília possui 55 espécies atuais, sendo que 13 ocorrem no Brasil (Ocampo, 2006; Vaz-de-Mello, 2019).

O Cerrado, com o centro no Planalto Central do Brasil, ocupa um quinto do território nacional (Eiten, 1972). Possui clima tropical estacional com precipitação anual média de 1.500 mm, sendo a estação chuvosa de outubro a março, e temperatura variando entre 22°C e 27°C ao longo do ano (Adámoli *et al.*, 1986; Ribeiro & Walter, 1998). É composto por várias fitofisionomias divididas em três tipos de formações vegetais: campestres, savânicas e florestais (Ribeiro & Walter, 1998). A periodicidade das chuvas no Cerrado é fundamental no ciclo de vida dos insetos desse bioma, pois o pico de abundância da maioria dos insetos adultos ocorre no início da estação chuvosa (Silva *et al.*, 2011). A maior abundância de besouros rola-bostas no Cerrado também ocorre na estação chuvosa (Milhomem *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2011). No caso dos rola-bostas, essa relação com a sazonalidade característica das savanas fica evidente em outros lugares, como nas savanas da Costa do Marfim, onde ocorrem duas estações chuvosas e a comunidade de besouros rola-bostas apresenta também dois picos de abundância (Cambefort, 1991a).

Desde 1950 as alterações do ambiente devido à atividade humana no bioma Cerrado têm se intensificado, sendo a expansão da atividade agropecuária o fator que tem causado os maiores impactos (Dias, 2008). A expansão das áreas agrícolas e a intensificação na produção de alimento são as principais causas de mudança de uso da terra no mundo. A alteração dos habitats é apontada como responsável pela perda da biodiversidade de insetos, sendo a mudança no uso da terra e a fragmentação de habitat as principais causas do declínio de espécies de Coleoptera e outros insetos (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Como espécies diferentes respondem de formas distintas a alterações no habitat, a biodiversidade está

relacionada com a estabilidade dos ecossistemas e sua capacidade de prover serviços ecossistêmicos ao longo do tempo (Yachi & Loreau, 1999).

Os besouros rola-bostas são apontados como um táxon foco para monitoramento da biodiversidade por possuírem procedimentos de coletas padronizados, informações taxonômicas completas, ampla distribuição geográfica, respostas variadas a mudanças no ambiente, correlação com outros grupos, como os mamíferos, e desempenharem um papel ecológico com importância econômica (Spector, 2006). Almeida *et al.* (2011) comparando diversidade de besouros rola-bostas em áreas de pasto e de campo limpo encontraram uma redução tanto da abundância quanto da riqueza nas áreas utilizadas para a criação de gado. Kenyon *et al.* (2016) analisando áreas de florestas tropicais úmidas e pastagens na Austrália encontraram 5.400 indivíduos nas áreas de mata e apenas 84 nos pastos, além de uma diminuição da eficiência no papel ecológico de remoção de fezes desempenhado pelos rola-bostas. Braga *et al.* (2013) avaliaram cinco áreas (floresta primária, floresta secundária, agrofloresta, área agrícola e pastagem) na floresta Amazônica e verificaram que a abundância de Scarabaeinae, o número de espécies e os serviços ecossistêmicos prestados foram maiores em áreas de floresta primária.

O Cerrado é considerado um dos 25 *hotspots* prioritários para a conservação da biodiversidade mundial e apesar de ser apontado como a savana tropical mais diversa do mundo, sua biodiversidade geralmente é menosprezada (Myers *et al.*, 2000; Klink & Machado, 2005). Na safra de 2013/2014 mais metade da soja cultivada no Brasil estava na região do Cerrado. Sendo esse cultivo responsável por 90% da agricultura no bioma (Carneiro Filho & Costa, 2016). O levantamento mais recente, da safra 2017/2018, mostrou que a região Centro-Oeste sozinha foi responsável por 40% da produção de soja, sendo o estado de Goiás responsável por 10% da produção nacional (CONAB, 2019). Segundo levantamento do projeto Mapbiomas (2017) de 1985 a 2017 houve uma perda de aproximadamente 18% de vegetação nativa no Cerrado. Ainda segundo o mesmo levantamento aproximadamente 55% das áreas do bioma mantêm vegetação nativa, enquanto que 42,5% são destinadas a atividades agropecuárias; desses 23,8% de pastagens, 11,9% destinados à agricultura e 6,8% um mosaico de agricultura e pastagem. Sano *et al.* (2019) apontaram que a taxa de perda de vegetação nativa no Cerrado é de 0,49% ao ano, ultrapassando os 0,29% ao ano da Amazônia legal.

O Cerrado desempenha um papel de capital importância para a manutenção da biodiversidade, serviços ecossistêmicos e oferta de água doce no Brasil (Overbeck *et al.*,

2015). Apesar de sua relevância, vem sofrendo uma severa perda e fragmentação de áreas nativas. As áreas antropizadas são maciçamente ocupadas por pastagens (29,4%) e agricultura anual (8,5%) (Strassburg *et al.*, 2017) e sabe-se que a agricultura pode reduzir a capacidade dos ecossistemas em prover serviços ecossistêmicos (Tilman *et al.*, 2002).

Em vista das mudanças no uso da terra que vêm ocorrendo na região do Cerrado e a relação da comunidade de rola-bostas com esse bioma, o objetivo deste trabalho foi avaliar como a antropização de áreas de Cerrado do Distrito Federal para fins agropecuários afeta a comunidade de besouros coprófagos e os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes prestados por essa comunidade. Para tanto as seguintes hipóteses foram testadas:

- As áreas de vegetação nativa por possuírem um menor grau de perturbação apresentarão maior abundância e riqueza de espécies, seguida das áreas de pasto porque apesar da alteração no uso da terra essas ainda possuem fezes bovinas periodicamente. Ficando as plantações de soja com menor riqueza e abundância por serem áreas que normalmente não possuem fezes;
- A composição das comunidades de besouros coprófagos de cada uso da terra será distinta uma das outras tendo em vista a diferença no grau de perturbação e disponibilidade de fezes em cada uma;
- Os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes será prestado em maior quantidade em áreas de vegetação nativa do que em áreas antropizadas, pois nas áreas antropizadas há uma menor diversidade de besouros coprófagos. Sendo que as áreas de soja terão uma realização de serviços menor que no pasto tendo em vista que as fezes não são um recurso comum nessas áreas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localidades e áreas de estudo

Foram selecionadas três localidades para a realização deste estudo no Distrito Federal: Fazenda Água Limpa - FAL (15°56'55"S, 47°56'3"W), Embrapa Cerrados (15°36'15"S, 47°42'48"W) e Fazenda Sementes Três Pinheiros - FSTP (15°35'58.5"S, 47°30'04.6"W). Foram selecionados 3 tipos de áreas: cerrado *sensu stricto*, representando a área preservada; pastagem e plantação de soja, representado áreas com diferentes tipos de uso da terra comuns no bioma Cerrado (Fig. 1).

A FAL localizada em Brasília/DF possui uma área total de 4.340 ha sendo 2.340 ha destinados à preservação, 800 ha à conservação e 1.200 ha à produção. A um raio de distância de aproximadamente 45 km da Embrapa Cerrados e de aproximadamente 60 km da FSTP. Está localizada na área de proteção ambiental (APA) Bacia do Gama e Cabeça de Veado. As estações de estudo da área de cerrado *sensu stricto* foram instaladas na Área Relevante de Interesse Ecológico da Capetinga e Taquara com uma área total de aproximadamente 2.100 ha. Já a área de pastagem que foi avaliada na localidade tinha aproximadamente 50 ha e estava sendo utilizada para a criação de cabras. As estações de estudo foram instaladas em dois piquetes cercados de 200 x 140 metros que devido a rodízio não estavam sendo utilizados durante o funcionamento das estações.

A Embrapa Cerrados localizada em Planaltina/DF possui uma área total de 2.130 ha, sendo 700 ha de reservas ecológicas permanentes. Há um raio de distância de aproximadamente 23 km da FSTP. As estações de estudos da área nativa foram instaladas em uma área de cerrado pertencente às reservas ecológicas permanentes. Já as estações da pastagem foram instaladas em uma área de aproximadamente 30 ha que não estava com gado no momento devido a rodízio de piquetes. As estações de estudo da área de soja foram instaladas em uma parcela de aproximadamente 19 ha próxima a outras culturas.

A área da FSTP localizada no Km 42 da BR 020 em Planaltina/DF possui área total de 1.438 ha. As estações de estudo foram instaladas nas áreas de soja da fazenda. Essa localidade foi escolhida com o intuito de ter uma grande área que fosse realmente voltada para a produção agrícola.

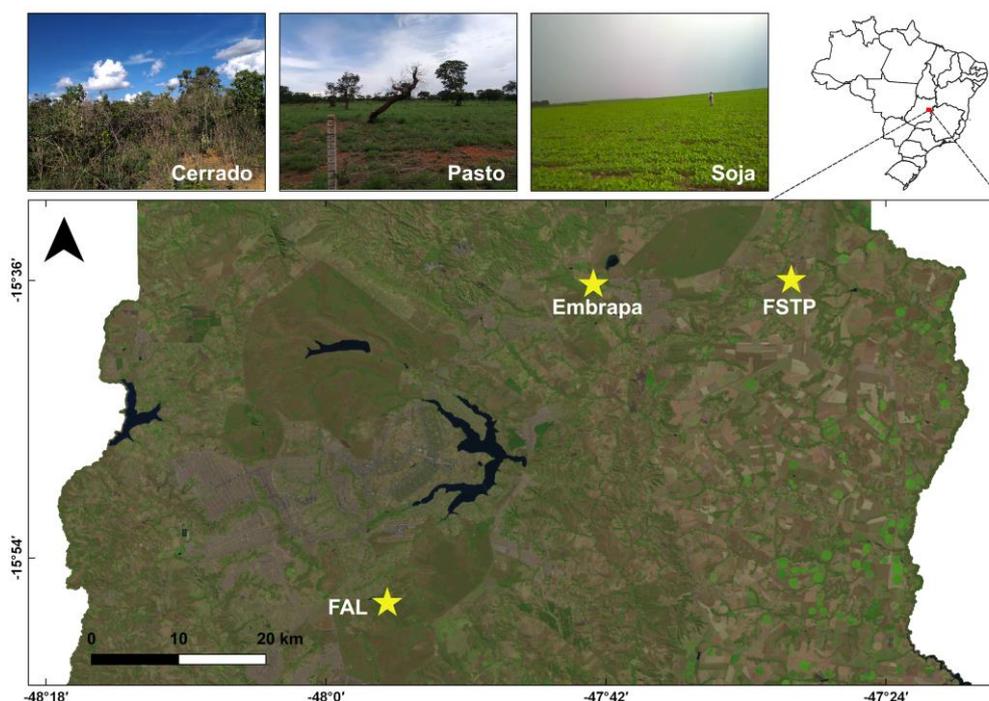


Figura 1. Mapa do Distrito Federal indicando as localidades onde as estações de estudos foram instaladas para a avaliação da comunidade e dos serviços ecossistêmicos prestados pelos besouros coprófagos nos meses de novembro e dezembro de 2017 (Elaborado com QGIS Desktop 3.6.2).

Na Embrapa Cerrados foram utilizados os três tipos de áreas (cerrado *sensu stricto*, pasto e plantação de soja). Na FAL foram utilizadas uma área de pasto e uma de cerrado *sensu stricto* e na FSTP uma área de plantação de soja.

2.2. Serviços ecossistêmicos

As avaliações dos serviços ecossistêmicos e da comunidade de besouros coprófagos foram realizadas duas vezes em cada área de cada tipo de uso da terra de cada localidade. O objetivo da repetição das coletas foi reduzir possíveis efeitos de variações climáticas que pudessem afetar a atividade da comunidade de rola-bostas, principalmente em relação às diferentes localidades.

As avaliações ocorreram nos meses de novembro e dezembro de 2017. Em cada uma das áreas foram instalados 2 transectos de 300 metros contendo 4 estações de estudo distanciadas entre si por, no mínimo, 100 metros (Silva, 2015), totalizando 8 estações por área. As estações foram montadas de forma semelhante à Braga *et al.* (2013), sendo compostas por uma arena de avaliação de serviços ecossistêmicos e três pontos de avaliação da comunidade de besouros coprófagos que permaneceram em campo por 96 horas na primeira coleta e 72 na segunda (Fig. 2). Todas as estações pertencentes à mesma localidade foram montadas no mesmo dia, ou seja, as estações da Embrapa presentes em cerrado *sensu stricto*, pasto e plantação de soja ficaram ativas ao mesmo tempo. Assim como as estações da FAL de cerrado *sensu stricto* e pasto também ficaram ativas ao mesmo tempo. O objetivo da montagem no mesmo dia foi isolar variáveis climáticas que pudessem ter alguma influência na atividade dos rola-bostas. Dessa forma todas as vezes que uma área de vegetação nativa foi avaliada uma área antropizada na mesma localidade também foi.

As arenas de avaliação de serviços ecossistêmicos e os pontos de avaliação da comunidade de besouros coprófagos não ficaram ativos simultaneamente, primeiro foram avaliados os serviços ecossistêmicos e depois houve a coleta dos espécimes. Essa ordem de funcionamento das estações de estudo teve como objetivo avaliar a comunidade de besouros coprófagos, de forma que a comunidade responsável pelo serviço ecossistêmico fosse semelhante à capturada e que a redução temporária na comunidade local promovida pelos *pitfalls* não afetasse a mensuração dos serviços (Kenyon *et al.*, 2016).

2.2.1. Remoção de fezes

Para a avaliação da remoção de fezes em cada arena foi colocada uma esfera de 60 gramas feita de uma mistura de 50% de fezes humana e 50% de fezes suína, peso semelhante ao utilizado por Braga *et al.* (2013) e Kenyon *et al.* (2016), 70 gramas e 60 gramas, respectivamente. Essa proporção entre fezes humana e suína também foi utilizada por Braga *et al.* (2013) e foi mantida neste trabalho devido ao fato das fezes de onívoros serem mais atrativas, ambas serem de fácil obtenção e padronização e por questões práticas que impedem a utilização apenas de fezes humanas, como consistência e quantidade necessária para os experimentos. As fezes suínas foram obtidas de porcos alimentados com ração e lavagem, sem histórico de vermifugação recente e pertencentes a pequenos criadores do Distrito Federal. Para evitar a influência direta da chuva no experimento as esferas de fezes foram cobertas com pratos de isopor. Para reduzir os erros associados à diferença de evaporação de água das fezes entre os diferentes tipos de uso da terra, cada área continha de 2 a 4 esferas controle idênticas às usadas na avaliação só que protegidas da ação dos insetos. Na primeira avaliação as esferas ficaram em campo por 48 horas e na segunda por 24 horas. Para mensurar a remoção de fezes o que sobrou nas arenas e as esferas controle de sua área foram levadas para o Laboratório de Biologia e Ecologia de Coleoptera do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília e pesados em uma balança comercial simples com precisão de um grama. A média do peso das esferas controles de cada área foi considerado como o valor total de fezes a ser removida por arena. Assim sendo o peso do que sobrou de cada esfera de fezes em cada arena foi comparado com essa média, e a partir daí obtida a porcentagem de remoção de fezes por área. O intuito desse procedimento foi não considerar a perda natural de peso das esferas devido à evaporação de água.

2.2.2. Dispersão secundária de sementes

Para a avaliação da dispersão secundária de sementes foram misturadas 70 sementes artificiais em cada esfera de fezes, essas sementes consistiam em miçangas da cor amarela de dois tamanhos: 50 sementes pequenas (3,5 mm de diâmetro) e 20 de tamanho médio (8,6 mm de diâmetro), totalizando 400 sementes pequenas e 160 médias por avaliação em cada tipo de uso da terra de cada localidade, quantidade de sementes artificiais pequenas e médias igual a utilizada por Braga *et al.* (2013). Os padrões de tamanho das sementes foram definidos segundo Vulinec (2000) e Braga *et al.* (2013) que consideraram semente de tamanho grande aquela com mais de 10 mm de diâmetro. Foram utilizados os tamanhos pequeno e médio

porque poucas espécies de Scarabaeinae do Distrito Federal seriam capazes de dispersar sementes grandes, devido ao tamanho corporal das espécies conhecidas. A utilização de sementes artificiais teve como objetivo prevenir a predação de sementes por roedores (Slade *et al.*, 2007).

A dispersão secundária foi avaliada através da contagem das sementes que sobraram nas arenas, sementes não encontradas ou longe das arenas foram consideradas dispersadas.

Para a montagem de cada arena de avaliação dos serviços ecossistêmicos uma área de um metro de diâmetro foi capinada e cercada por um tecido tipo filó de aproximadamente 15 cm de altura fixados com palitos de bambu, delimitando a área na qual as sementes artificiais e o restante de fezes foram mensurados (Fig. 2).

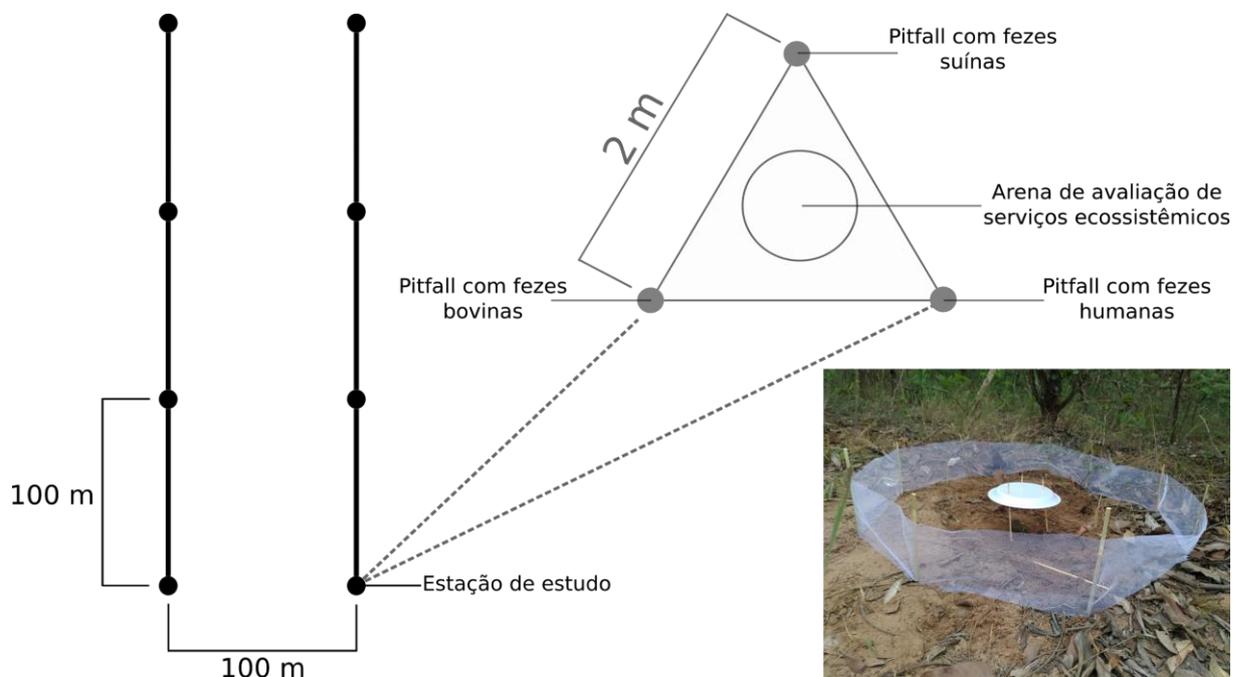


Figura 2. Esquema representando como foi realizada a avaliação dos serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes e a avaliação da comunidade de besouros coprófagos. Dois transectos foram instalados em cada área com diferentes tipos de uso da terra, cada transecto possuía 4 estações de estudo que eram compostas por 3 *pitfalls* com diferentes tipos de iscas e uma arena de avaliação dos serviços ecossistêmicos (foto).

2.3. Avaliação da comunidade de besouros coprófagos

As 48 horas finais de avaliação de cada estação de estudo foram destinadas à realização da avaliação da comunidade de besouros coprófagos. Para a captura dos besouros foram utilizados *pitfalls* com diferentes tipos de iscas. Tendo em vista que há preferência dos

besouros rola-bostas por determinados tipos de fezes (Doube *et al.*, 1991; Marsh *et al.*, 2013; Correa *et al.*, 2016) e com objetivo de se ter uma amostra mais abrangente da comunidade, foram utilizados três tipos de fezes: bovina, suína e humana, uma em cada *pitfall* (Fig. 2). Essas fezes foram escolhidas por estarem associadas a áreas antropizadas e serem de fácil obtenção e padronização.

Cada *pitfall* consistia de um recipiente cilíndrico plástico com volume de 1L enterrado no nível do solo, contendo 450 ml de água misturada com sal, detergente e sulfato de cobre. O objetivo do detergente e do sal é quebrar a tensão superficial da água. Já o sulfato de cobre tem como função a conservação dos insetos em campo. Em um recipiente menor, copo plástico de 50 ml, suspenso sobre o recipiente maior por meio de um pequeno fio de arame, foi acondicionada a isca, 30g de fezes. Os *pitfalls* foram cobertos por um prato de isopor fixado a palitos de madeira com o objetivo de evitar o acúmulo de água da chuva. Os *pitfalls* de cada estação estavam separados por uma distância de dois metros uns dos outros (Fig. 2).

Após 48 horas os insetos coletados nos *pitfalls* foram transferidos para um recipiente contendo álcool 70% acompanhados de uma etiqueta contendo os dados de coleta. No laboratório uma parte do material foi alfinetada e outra parte conservada em manta e armazenada na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília. A identificação dos Scarabaeinae em nível de gênero foi feita com a utilização da chave de Vaz-de-Mello *et al.* (2011). A identificação em nível específico dos Scarabaeinae, Aphodiinae e Anaidinae (Coleoptera: Hybosoridae) foi realizada em conjunto com o especialista do grupo Prof. Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello (UFMT/Cuiabá/MT) e com a utilização dos seguintes artigos: Halffter & Martínez (1968) para o gênero *Agamopus*; Génier (1996) para *Ontherus*; Ocampo (2006) para *Chaetodus*; Vaz-de-Mello (2008) para os gêneros *Besourenga*, *Eutrichillum*, *Genieridium*, *Leotrichillum* e *Trichillum*; Edmonds & Zidek (2010) para *Coprophanaeus*; Edmonds & Zidek (2012) para *Phanaeus* e Rossini & Vaz-de-Mello (2017) para *Isocopris*. Vouchers estão depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília (DZUB) e também no Setor de Entomologia da Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso (CEMT).

A partir dos espécimes coletados foram quantificadas a riqueza, abundância e composição das comunidades.

2.3.1 Grupos de besouros considerados coprófagos

Neste trabalho a comunidade de besouros coprófagos considerada foi além da subfamília Scarabaeinae, os típicos rola-bostas. Como foram coletados muitos espécimes de outros grupos considerados coprófagos pertencentes à superfamília Scarabaeoidea, esses também foram incluídos no trabalho. Para definir quais grupos seriam incluídos no trabalho, partiu-se inicialmente da classificação de Morón (2010) que divide Scarabaeoidea em 12 famílias: Cetoniidae, Geotrupidae, Glaresidae, Glaphyridae, Hybosoridae, Lucanidae, Melolonthidae, Ochodaeidae, Passalidae, Pleocomidae, Scarabaeidae e Trogidae. Dessas, Glaphyridae e Pleocomidae não ocorrem no Brasil (Chapin, 1938; Hovore, 2005; Hawkins, 2007). Das restantes, serão abordadas apenas aquelas que possuam grupos que sejam prioritariamente coprófagos e que ocorram no Brasil, restando assim: Hybosoridae e Scarabaeidae. Apesar de Morón (2010) não apontar Hybosoridae como uma família que apresenta comportamento coprófago, Ocampo (2006) aponta algumas subfamílias de Hybosoridae, que ocorrem no Brasil, como coprófagas e necrófagas. Além disso, a família Hybosoridae apareceu em boa quantidade nas coletas realizadas, podendo isso corroborar o hábito alimentar coprófago apontado para uma parte desse grupo. Cabe ressaltar que embora a família Geotrupidae seja comumente apontada como coprófaga, no Brasil ocorre apenas a subfamília Bolboceratinae (Jameson, 2005; Vaz-de-Mello, 2018b). Essa subfamília possui hábitos alimentares pouco conhecidos, sendo adultos de alguns gêneros relatados alimentando-se de fungos subterrâneos e alguns coletados com iscas de malte fermentado, porém nenhum conhecido por alimentar-se de fezes (Howden, 1955; Woodruff, 1973; Jameson, 2005). Portanto, a comunidade de besouros coprófagos considerada foram os rola-bostas típicos (Scarabaeinae), a subfamília Aphodiinae de Scarabaeidae e a subfamília Anaidinae de Hybosoridae.

2.4. Análise de dados

A maior parte das análises foram realizadas no programa R 3.5.2 (R Core Team, 2018) sendo os índices de diversidade, NMDS, MRPP e ANOSIM utilizando o pacote Vegan (Oksanen *et al.*, 2019) e o IndVal utilizando o pacote Labdsv (Roberts, 2016). Com exceção da curva de rarefação que foi feita utilizando o software PAST 3.25 (Hammer *et al.*, 2001).

2.4.1. Serviços ecossistêmicos

Para avaliar se houve diferença nos serviços ecossistêmicos em cada tipo de uso da terra, primeiramente os dados de remoção de fezes, dispersão secundária de sementes

pequenas e dispersão secundária de sementes médias foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, onde todos apresentaram valor de $p < 0,01$, indicando que os dados não possuem uma distribuição normal. A partir disso para avaliar se houve diferença nos serviços entre os tipos de uso da terra foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. Também foi avaliada a correlação entre os dois serviços ecossistêmicos através do coeficiente de correlação de Spearman.

2.4.2. Descritores da comunidade

2.4.2.1. Abundância

Para avaliar se houve diferença nas abundâncias entre os tipos de uso da terra e também entre os tipos de fezes foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. Como o resultado deste teste mostrou que houve diferença significativa entre as áreas e também entre os tipos de fezes, foi realizado o teste *a posteriori* de Dunn para verificar quais usos da terra apresentavam abundância distinta um dos outros. O mesmo teste foi realizado para verificar quais tipos de fezes eram distintos uns dos outros.

2.4.2.2. Riqueza e diversidade

Para avaliação da riqueza entre os diferentes tipos de uso da terra foi feita uma curva de rarefação por indivíduos. Para comparar a diversidade dos diferentes tipos de uso da terra foram utilizados os índices ecológicos de Shannon-Wiener e o de Simpson (1-D). Os dois índices foram utilizados em conjunto a fim de verificar se as particularidades de cada um alterariam o resultado final.

2.4.2.3. Composição da comunidade

As comunidades dos diferentes tipos de uso da terra foram agrupadas através Non-metric Multidimensional Scaling - NMDS de dois eixos utilizando como método de distância dos dados “Bray-Curtis” realizado considerando a soma de todos os *pitfalls* com a mesma isca da mesma coleta na mesma área e tipo de uso da terra como um ponto, por exemplo: todos os *pitfalls* contendo fezes bovinas do cerrado da Embrapa da primeira coleta foi considerado um ponto. No total foram 35 pontos, pois todos os *pitfalls* da segunda coleta com fezes bovinas na FAL estavam vazios, tendo esse ponto sido desconsiderado para a construção dos gráficos. Para verificar se a comunidade coletada diferia entre os tipos de uso da terra inicialmente foi realizada um Multiple Response Permutation Procedure - MRPP dos

dados originais utilizando o método de distância “Bray-Curtis”. Devido ao resultado realizou-se uma Analysis of similarities - ANOSIM entre os pares de tipos de uso da terra também utilizando o método de distância “Bray-Curtis”: cerrado x pasto, cerrado x soja e pasto x soja. Através do Species indicator values - IndVal (Dufrene & Legendre, 1997) avaliou-se as espécies indicadoras para cada tipo de uso da terra.

3. RESULTADOS

3.1. Serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes foram prestados pelos besouros rola-bostas da mesma forma em cerrado *sensu stricto*, pasto e plantação de soja. Nenhum dos serviços ecossistêmicos avaliado apresentou diferenças significativas, ecologicamente ou estatisticamente, entre os tipos de uso da terra. No geral a prestação dos dois serviços foi quase que total em todas as áreas. A única localidade que teve fezes não removidas foi a FAL, tanto na área de cerrado *sensu stricto* quanto na de pasto. Essa localidade também foi a que apresentou maior número de sementes não dispersadas de ambos os tamanhos. O coeficiente de correlação de Spearman entre os serviços ecossistêmicos apresentou o valor de $p=0,43$.

Como na primeira avaliação dos serviços ecossistêmicos, na qual a esfera de fezes com sementes artificiais ficou em campo por 48 horas, não houve diferença entre os diferentes tipos de uso da terra e a remoção de fezes foi total, o período de avaliação dos serviços ecossistêmicos foi reduzido para 24 horas na segunda avaliação com o intuito de verificar se em um tempo menor haveria diferenças entre os tipos de uso da terra. No entanto, os resultados foram iguais em ambas as avaliações e a remoção de fezes praticamente total também em 24 horas.

3.1.1. Remoção de fezes

A remoção de fezes foi total na maioria dos pontos, com exceção de quatro pontos no cerrado *sensu stricto* da FAL e dois pontos no pasto da mesma localidade. Não houve diferença estatística significativa entre os tipos de uso da terra para o serviço ecossistêmico de remoção de fezes ($\chi^2=4,306$; $p>0,1$; $gl=2$) (Figs. 3 e 4).

Na localidade da Embrapa Cerrados tanto na primeira quanto na segunda avaliação a remoção de fezes foi total em todas as arenas de todos os tipos de uso da terra, o mesmo ocorreu na área de soja da Fazenda Sementes Três Pinheiros - FSTP. Já na Fazenda Água

Limpa - FAL tanto na primeira coleta quanto na segunda as áreas de pasto e de cerrado tiveram fezes não removidas. No cerrado na primeira coleta apenas uma das arenas não teve remoção total, nessa a remoção foi de 69%; já na segunda coleta três das oito arenas tiveram fezes não removidas, nessas as remoções foram de 26%, 30,6% e 43,5%. Já na área de pasto apenas uma das arenas não teve remoção total na primeira coleta, a remoção foi de 88,2%; na segunda coleta, novamente, somente uma arena não teve remoção total, e a remoção foi de 36,1%.

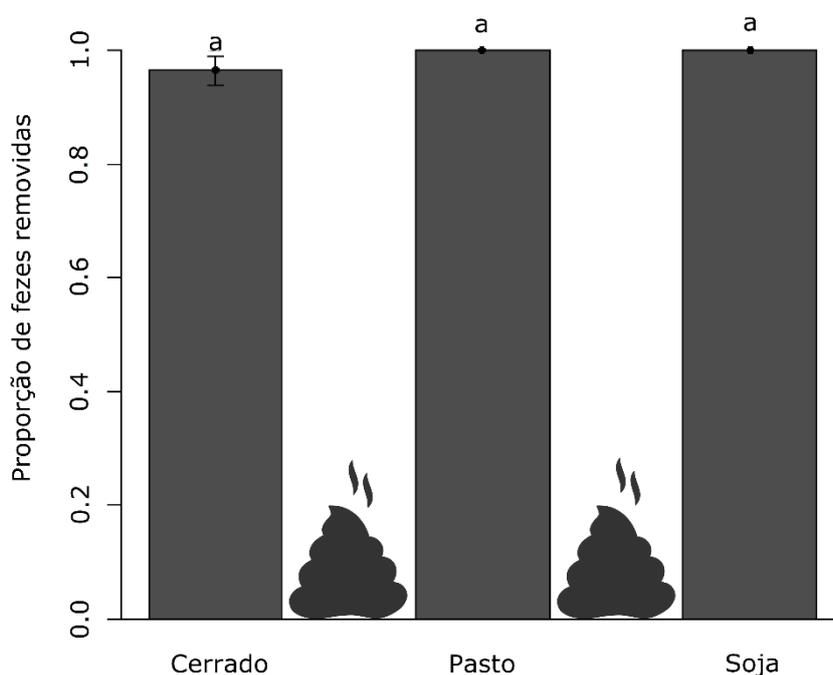


Figura 3. Média da proporção de fezes removidas por besouros coprófagos em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal em novembro e dezembro de 2017. Não houve diferença significativa entre os tipos de uso da terra ($p > 0,1$).



Figura 4. Fotos mostrando as entradas dos túneis cavados pelos besouros rola-bostas para remoção das fezes nas arenas de avaliação de serviços ecossistêmicos instaladas em áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal em novembro e dezembro de 2017.

3.1.2. Dispersão secundária de sementes

A dispersão secundária de sementes foi quase total em todos os tipos de uso da terra. Do total de sementes 95% das pequenas e 89% das médias foram dispersadas. Não houve diferença estatística significativa entre os tipos de uso da terra para o serviço ecossistêmico de dispersão secundária de sementes, nem para as pequenas ($\chi^2 = 1,936$; $p > 0,1$; $gl=2$) e nem para as médias ($\chi^2 = 1,157$; $p > 0,1$; $gl=2$) (Fig. 5).

Das 400 sementes artificiais pequenas e 160 médias presentes nas esferas de fezes de cada avaliação de cada tipo de uso da terra em cada localidade, no cerrado *sensu stricto* da Embrapa Cerrados, foram dispersadas 383 (96%) sementes artificiais pequenas e 151 (94%) médias na primeira avaliação; e 391 (98%) pequenas e 151 (94%) médias na segunda. Já no pasto da mesma localidade na primeira avaliação todas as sementes artificiais pequenas e 158 (99%) sementes artificiais médias foram dispersadas; na segunda 386 (96%) pequenas e 127 (79%) médias foram dispersadas. Na área de soja 397 (99%) sementes artificiais pequenas e

159 (99%) médias foram dispersadas na primeira avaliação e na segunda 381 (95%) pequenas e 140 (87%) médias. No cerrado da FAL 369 (92%) de sementes artificiais pequenas e 146 (91%) de médias foram dispersadas na primeira avaliação, e 314 (78%) pequenas e 104 (65%) médias na segunda; já na área de pasto da mesma localidade na primeira avaliação 371 (93%) sementes artificiais pequenas e 151 (94%) médias foram dispersadas e na segunda 342 (85%) pequenas e 123 (77%) médias foram dispersadas. Na plantação de soja da FSTP na primeira avaliação 397 (99%) sementes artificiais pequenas e 150 (94%) médias foram dispersadas, já na segunda foram 392 (98%) pequenas e 147 (92%) médias.

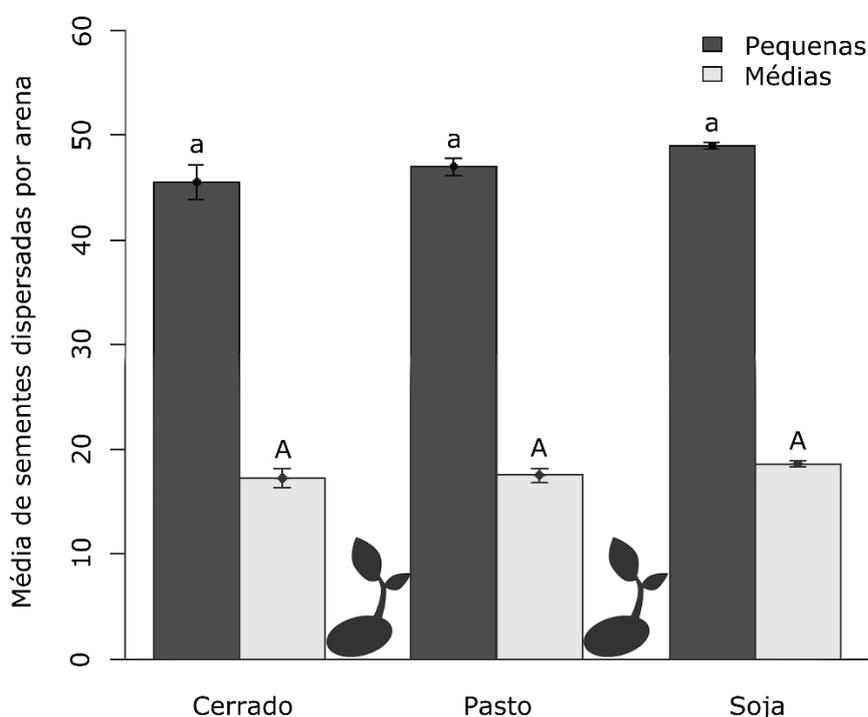


Figura 5. Média de sementes artificiais pequenas e médias dispersadas por besouros coprófagos em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017. Não houve diferença estatística significativa entre os tipos de uso da terra para o serviço de dispersão secundária de sementes artificiais, nem para as pequenas ($p>0,1$) e nem para as médias ($p>0,1$).

3.2. Avaliação da comunidade de besouros coprófagos

No geral as áreas antropizadas apresentaram maior abundância de indivíduos coletados do que a área com vegetação nativa, sendo que a área com plantação de soja

apresentou a maior abundância. As comunidades de besouros coprófagos das áreas de pasto e de soja apresentaram composição semelhante, sendo essas divergentes da comunidade de cerrado *sensu stricto*. Apesar da menor abundância, o cerrado *sensu stricto* foi o local que apresentou a maior riqueza dentre as áreas avaliadas.

3.2.1. Abundância

Foi encontrada diferença estatística significativa entre as abundâncias de besouros coprófagos coletados nos três tipos de uso da terra analisados ($\chi^2=50,026$; $p<0,001$, $gl=2$). A plantação de soja apresentou maior abundância dentre todas e o cerrado *sensu stricto* a menor. As abundâncias de todos os tipos de uso da terra diferiram entre si: cerrado x pasto ($Z=4,212$; $p<0,001$); cerrado x soja ($Z=7,027$; $p<0,001$); e pasto x soja ($Z=2,815$; $p<0,01$) (Fig. 6). Também foi encontrada diferença significativa entre os diferentes tipos de fezes ($\chi^2=62,882$; $p<0,001$, $gl=2$). As fezes suínas apresentaram maior abundância enquanto que as bovinas a menor. As abundâncias diferiram entre todos os tipos de fezes: bovinas x humanas ($W=2604$; $p<0,001$), bovinas x suínas ($W=1651,5$; $p<0,001$) e humanas x suínas ($W=3519$; $p<0,005$) (Fig. 7).

No total foram coletados 32.261 indivíduos nos *pitfalls* instalados, sendo 3.042 em áreas de cerrado *sensu stricto*, 9.865 em pasto e 19.354 em plantações de soja. Já o tipo de fezes que mais coletou indivíduos foi a suína com 16.796 espécimes, seguida da humana com 11.640 e por último a bovina com 3.825 indivíduos coletados. Quanto às localidades, na Embrapa Cerrados foram coletados 11.490 indivíduos, na Fazenda Água Limpa 7.430 e na Fazenda Sementes Três Pinheiros 13.341 (Tabela 1).

Dos besouros coprófagos capturados, a subfamília Scarabaeinae foi a mais coletada com 29.840 indivíduos, seguida da subfamília Aphodiinae com 1.498 e da família Hybosoridae com 923. Todos os grupos foram coletados em todos os tipos de uso da terra e em maior quantidade nas áreas de soja. Também foram coletados em todos os tipos de fezes, sendo que Scarabaeinae e Aphodiinae em maior quantidade nas fezes suínas e Hybosoridae em maior quantidade nas fezes humanas.

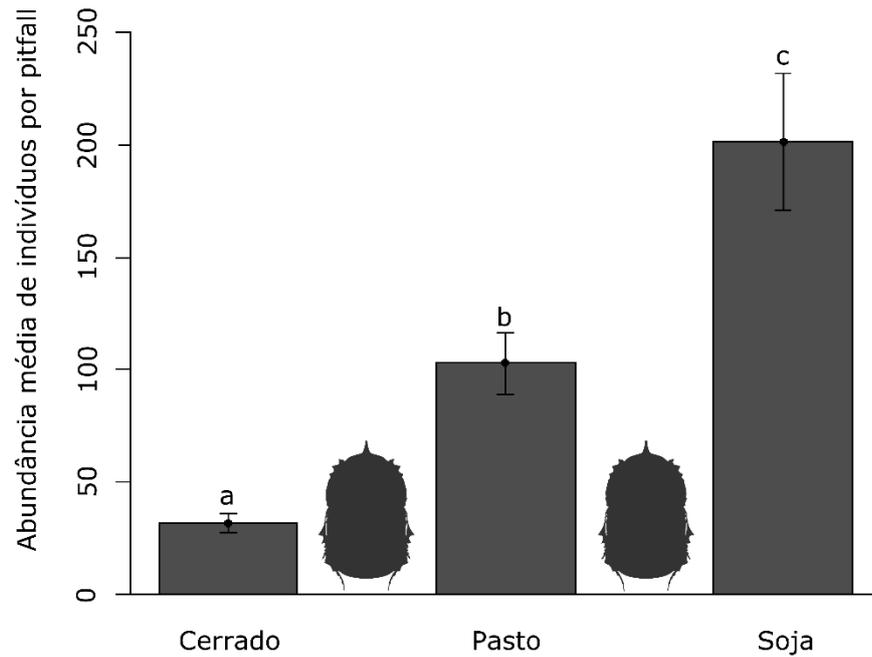


Figura 6. Abundância média de besouros coprófagos por *pitfall* em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017. Todos os tipos de uso da terra diferiram entre si: cerrado x pasto ($p < 0,001$); cerrado x soja ($p < 0,001$) e pasto x soja ($p < 0,01$).

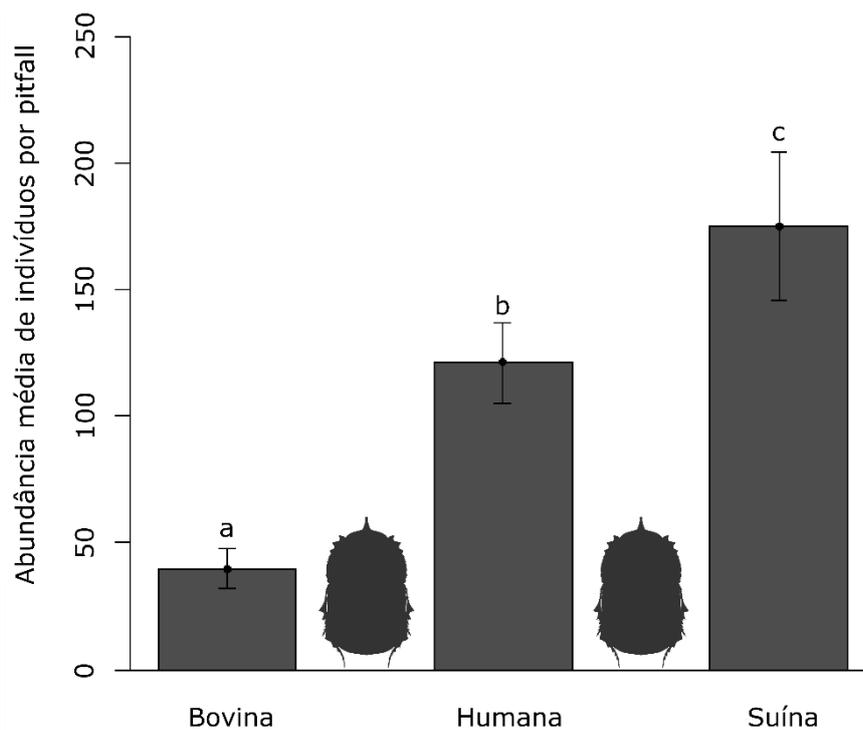


Figura 7. Abundância média de besouros coprófagos por *pitfall* nos diferentes tipos de fezes utilizados em coletas realizadas na Embrapa Cerrados, Fazenda Água Limpa e Fazenda Sementes Três Pinheiros localizadas no Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017. Todos os tipos de iscas diferiram entre si: bovina x humana ($p < 0,001$); bovina x suína ($p < 0,001$) e humana x suína ($p < 0,005$).

3.2.2. Riqueza e diversidade

O cerrado *sensu stricto* apresentou a maior riqueza dentre os tipos de uso da terra avaliados. O pasto foi a área que teve a menor riqueza absoluta. Porém quando comparados todos os tipos de uso da terra em abundâncias semelhantes, a área de soja aparece com menor riqueza que o pasto. Segundo os dois índices de diversidade, o cerrado *sensu stricto* ($1-D=0,886$; $H'=2,651$) apresentou maior diversidade e a soja ($1-D=0,860$; $H'=2,441$) a menor diversidade, ficando o pasto ($1-D=0,874$; $H'=2,537$) com diversidade intermediária.

No total foram coletadas 82 espécies de besouros coprófagos nos *pitfalls* instalados pertencentes a 27 gêneros, sendo 61 espécies em áreas de cerrado *sensu stricto*, 56 em pasto e 58 em plantações de soja (Tabela 1). Já o tipo de fezes que apresentou maior riqueza foi a humana com 72 espécies, seguida da suína com 63 e por último a bovina com 49. Quanto às localidades, na Embrapa Cerrados foram coletadas 67 espécies, na Fazenda Água Limpa 55 e na Fazenda Sementes Três Pinheiros 50 espécies.

Dos grupos coprófagos capturados, a subfamília Scarabaeinae foi a que apresentou maior riqueza com 72 espécies, seguida da subfamília Aphodiinae com 8 e da família Hybosoridae com 2. Todos os grupos foram coletados em todos os tipos de uso da terra, sendo que Scarabaeinae apresentou maior riqueza no cerrado *sensu stricto*, Aphodiinae nos pastos e Hybosoridae nos pastos e na soja. Todos também foram coletados em todos os tipos de fezes, sendo que Scarabaeinae teve maior riqueza nas fezes humanas, Aphodiinae em fezes humanas e bovinas e Hybosoridae teve riqueza igual em todas as iscas.

Comparando as riquezas em função da abundância entre os tipos de uso da terra utilizando uma curva de rarefação foi possível verificar que a riqueza relativa de espécies no cerrado fica ainda maior do que absoluta. Em uma abundância de 3.000 indivíduos para todos os tipos de uso da terra, as áreas de cerrado teriam uma riqueza próxima a 60 enquanto que as áreas de soja e pasto ficariam perto das 40 espécies (Fig. 8).

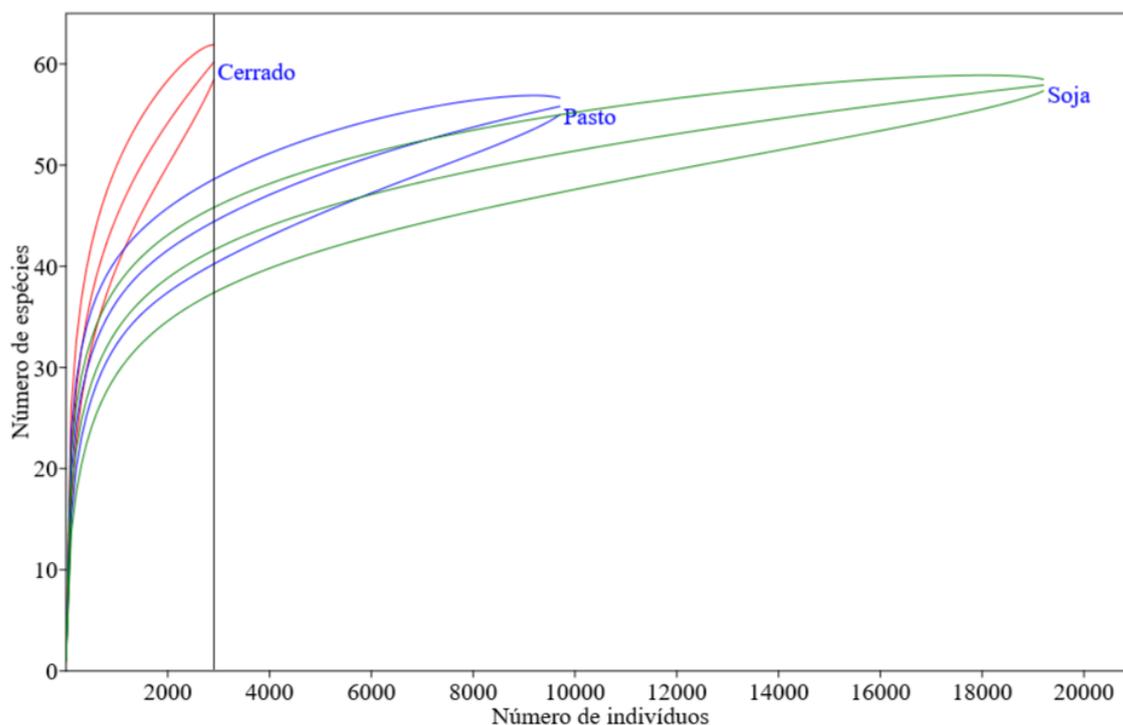


Figura 8. Curva de rarefação relacionando a abundância com a riqueza de espécies de besouros coprófagos em cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal coletados nos meses de novembro e dezembro de 2017. As linhas abaixo e acima da linha principal de cada uso da terra indicam o intervalo de confiança de 95%. A linha vertical preta indica o ponto máximo de abundância no Cerrado, ponto de comparação com os demais usos da terra.

Tabela 1: Espécies de besouros coprófagos coletados com *pitfall* iscados em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017.

Espécies	Cerrado		Pasto		Soja		Total
	Embrapa	FAL	Embrapa	FAL	Embrapa	FSTP	
Scarabaeinae (Scarabaeidae)							
<i>Agamopus unguicularis</i> (Harold, 1883)	2	-	17	-	6	3	28
<i>Agamopus viridis</i> Boucomont, 1928	30	2	13	427	77	1668	2217
<i>Anomiopus pereirai</i> (Martínez, 1955)	-	-	-	1	-	-	1
<i>Anomiopus</i> sp.	1	-	-	-	-	-	1

Espécies	Cerrado		Pasto		Soja		Total
	Embrapa	FAL	Embrapa	FAL	Embrapa	FSTP	
<i>Ateuchus pauperatus</i> (Germar, 1824)	1	-	-	-	-	-	1
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1867)	1	-	71	20	2	-	94
<i>Ateuchus</i> sp.1	1	-	-	-	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp.2	-	-	-	-	-	1	1
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre, 1886)	54	-	689	53	2160	22	2978
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	1	-	-	1	-	27	29
<i>Besourenge amarillai</i> (Aguilar-Julio, 2001)	1	1	9	4	50	5645	5710
<i>Besourenge</i> sp.	-	-	-	1	-	-	1
<i>Canthidium barbaticum</i> Borre, 1886	516	78	1	372	68	13	1048
<i>Canthidium decoratum</i> (Perty, 1830)	-	27	-	2	-	-	29
<i>Canthidium kelleri</i> (Martínez, Halffter & Pereira, 1964)	-	-	-	1	1	-	2
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867	-	1	-	-	-	-	1
<i>Canthidium viride</i> (Lucas, 1859)	487	-	-	9	-	1	497
<i>Canthidium</i> sp.1	-	6	-	-	-	-	6
<i>Canthidium</i> sp.2	4	-	-	-	-	-	4
<i>Canthidium</i> sp.3	-	-	-	-	1	-	1
<i>Canthidium</i> sp.4	-	1	-	-	-	-	1
<i>Canthon</i> aff. <i>piluliformis</i> Blanchard, 1845	-	1	-	1	-	-	2
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868	1	-	-	-	2	17	20
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	4	1	7	480	38	31	561
<i>Canthon septemmaculatus</i> (Latreille, 1811)	-	29	-	-	-	-	29
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	14	-	-	-	4	-	18
<i>Canthon</i> sp.	-	-	-	-	-	1	1
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	-	-	2	-	2	-	4
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	29	9	19	6	1	8	72

Espécies	Cerrado		Pasto		Soja		Total
	Embrapa	FAL	Embrapa	FAL	Embrapa	FSTP	
<i>Coprophanaeus horus</i> (Waterhouse, 1891)	-	-	-	-	2	1	3
<i>Coprophanaeus spitzzi</i> (Pessôa, 1934)	-	19	18	34	1	10	82
<i>Deltochilum pseudoicarus</i> Balthasar, 1939	-	-	3	1	-	-	4
<i>Deltochilum</i> sp.	6	4	-	-	-	-	10
<i>Dendropaemon convexus</i> Harold, 1868	-	1	-	-	-	-	1
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	1	1
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	15	2	4	-	-	1	22
<i>Dichotomius bicuspis</i> (Germar, 1824)	1	2	24	-	11	164	202
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1845)	54	-	1438	92	1647	1011	4242
<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	7	1	2	1	2	3	16
<i>Dichotomius cuprinus</i> (Felsche, 1901)	1	-	1	-	14	1	17
<i>Dichotomius longiceps</i> (Taschenberg, 1870)	-	-	-	-	1	-	1
<i>Dichotomius lycas</i> (Felsche, 1901)	95	7	24	31	25	1	183
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	18	5	152	37	248	87	547
<i>Dichotomius sexdentatus</i> (Luederwaldt, 1925)	1	-	-	2	3	15	21
<i>Dichotomius smaragdinus</i> (Perty, 1830)	22	-	3	2	5	31	63
<i>Dichotomius zikani</i> (Luederwaldt, 1922)	1	-	-	-	1	-	2
<i>Dichotomius</i> sp.	1	-	1	-	-	-	2
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	-	-	-	-	-	1	1
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	-	3	-	-	-	-	3
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	7	6	-	-	-	-	13
<i>Eutrichillum hirsutum</i> (Boucomont, 1928)	5	4	11	32	-	15	67

Espécies	Cerrado		Pasto		Soja		Total
	Embrapa	FAL	Embrapa	FAL	Embrapa	FSTP	
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	1	1	8	3	81	552	646
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	72	166	4	15	2	48	307
<i>Holocanthon</i> sp.	1	-	-	1	-	-	2
<i>Isocopriss inhiatus</i> (Germar, 1824)	-	-	1	-	2	3	6
<i>Leotrichillum louzadaorum</i> (Vaz-de-Mello & Canhedo, 1998)	8	-	-	-	-	1	9
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	11	-	-	168	10	210	399
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	53	1	3	-	5	32	94
<i>Onthophagus buculus</i> Mannerheim, 1829	6	7	11	361	21	152	558
<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1815	-	4	1	118	1	7	131
<i>Onthophagus ptox</i> Erichson, 1847	2	-	6	34	3	102	147
<i>Oxysternon palemo</i> Castelnau, 1840	160	141	1	26	-	45	373
<i>Phanaeus kirbyi</i> Vigors, 1825	4	-	-	25	-	-	29
<i>Phanaeus palaeno</i> Blanchard, 1845	42	-	-	-	-	8	50
<i>Pseudocanthon xanthurus</i> (Blanchard, 1845)	-	-	-	13	1	2	16
<i>Sulcophanaeus menelas</i> (Castelnau, 1840)	1	-	-	-	-	-	1
<i>Trichillum adjunctum</i> Martínez, 1969	55	34	101	1760	128	1478	3556
<i>Trichillum externepunctatum</i> Borre, 1880	3	-	56	2183	536	215	2993
<i>Trichillum heydeni</i> Harold, 1868	89	4	44	158	74	733	1102
<i>Uroxys</i> aff. <i>corporaali</i> Balthasar, 1940	2	4	1	12	-	-	19
<i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> Balthasar, 1940	518	-	-	-	20	-	538
<i>Vulcanocanthon</i> sp.	-	-	1	-	-	2	3
Aphodiinae (Scarabaeidae)							
<i>Ataenius</i> sp.1	3	2	68	74	252	25	424
<i>Ataenius</i> sp.2	-	-	47	2	51	2	102
<i>Ataenius</i> sp.3	-	-	18	1	20	45	84

Espécies	Cerrado		Pasto		Soja		Total
	Embrapa	FAL	Embrapa	FAL	Embrapa	FSTP	
<i>Ataenius</i> sp.4	-	-	3	-	-	-	3
<i>Blackburneus</i> sp.	1	-	20	2	55	31	109
<i>Gonaphodioides</i> sp.	-	-	2	-	38	38	78
<i>Labarrus pseudolividus</i> (Balthasar, 1941)	-	1	97	78	306	215	697
<i>Platytomus</i> sp.	-	-	1	-	-	-	1
Anaidinae (Hybosoridae)							
<i>Chaetodus irregularis</i> Westwood, 1846	52	2	9	97	35	614	809
<i>Chaetodus noirregularis</i> Ocampo, 2006	-	-	-	112	-	2	114
Número de indivíduos	2465	577	3012	6853	6013	13341	32261
Número de espécies	50	34	43	44	45	50	82
Soma dos indivíduos/ tipo uso da terra	3042		9865		19354		32261
Soma das espécies/ tipo uso da terra	61		56		58		82

3.2.3. Composição da comunidade

A comunidade de besouros coprófagos coletada em cerrado *sensu stricto* foi distinta da comunidade do pasto ($R=0,531$; $p=0,001$) e da soja ($R = 0,693$; $p=0,001$). As comunidades de pasto e da soja não apresentaram diferenças entre si ($R=-0,012$; $p>0,1$) (Fig. 9). Quanto às espécies indicadoras de cada tipo de uso da terra, as áreas de cerrado tiveram sete espécies, as de pasto cinco e as de soja 16. Na área de pasto da Embrapa a espécie mais abundante, *Dichotomius bos*, correspondeu a 48% dos indivíduos coletados, e na área de soja da FSTP a espécie mais abundante, *Besourengea amarillai*, correspondeu a 42% dos indivíduos coletados.

As espécies mais coletadas no cerrado *sensu stricto* foram *Canthidium barbaticum* (20%), *Uroxys* aff. *thoracalis* (17%), *Canthidium viride* (16%), *Oxysternon palemo* (10%) e *Genieridium cryptops* (8%) correspondendo a 71% de todos os indivíduos coletados em cerrado. No pasto as espécies mais abundantes foram *Trichillum externepunctatum* (23%), *Trichillum adjunctum* (19%), *Dichotomius bos* (15%), *Ateuchus striatulus* (8%) e *Canthon lituratus* (5%) correspondendo a 70% de todos indivíduos coletados em pasto. E na soja as espécies mais abundantes foram *Besourengea amarillai* (29%), *Dichotomius bos* (14%),

Ateuchus striatulus (11%), *Agamopus viridis* (9%) e *Trichillum adjunctum* (8%) correspondendo a 71% do total coletado em soja.

Na área de cerrado *sensu stricto* da Embrapa a espécie mais abundante foi *Uroxys aff. thoracalis* com 21% de todos os indivíduos coletados nessa área, no cerrado *sensu stricto* da FAL a mais abundante foi *Genieridium cryptops* com 29% dos indivíduos coletados. Na área de pasto da Embrapa a espécie mais abundante foi *Dichotomius bos* com 48% de toda a coleta, no pasto da FAL foi *Trichillum externepunctatum* com 32%. Na área de soja da Embrapa a espécie mais abundante foi *Ateuchus striatulus* com 36% e na área de soja da FSTP *Besourenge amarillai* com 42%.

As sete espécies apontadas como indicadoras de áreas de cerrado foram: *Canthidium decoratum* (IndVal = 0,310; $p < 0,05$), *Canthidium viride* (IndVal = 0,490; $p < 0,01$), *Canthon septemmaculatus* (IndVal = 0,333; $p < 0,05$), *Deltotichillum* sp. (IndVal = 0,583; $p = 0,001$), *Eurysternus nigrovirens* (IndVal = 0,417; $p = 0,01$), *Oxysternon palemo* (IndVal = 0,605; $p = 0,005$) e *Uroxys aff. thoracalis* (IndVal = 0,481; $p < 0,005$). Para as áreas de pasto as espécies indicadoras encontradas foram: *Canthon lituratus* (IndVal = 0,579; $p < 0,05$), *Onthophagus hircus* (IndVal = 0,454; $p < 0,05$), *Phanaeus kirbyi* (IndVal = 0,287; $p < 0,05$), *Pseudocanthon xanthurus* (IndVal = 0,338; $p < 0,05$) e *Trichillum externepunctatum* (IndVal = 0,561; $p < 0,05$). Para soja as espécies indicadoras foram: *Agamopus viridis* (IndVal = 0,787; $p = 0,005$), *Ataenius* sp. 1 (IndVal = 0,599; $p < 0,05$), *Ataenius* sp. 3 (IndVal = 0,580; $p = 0,005$), *Ateuchus striatulus* (IndVal = 0,672; $p < 0,05$), *Besourenge amarillai* (IndVal = 0,748; $p < 0,01$), *Blackburneus* sp. (IndVal = 0,526; $p < 0,01$), *Canthon conformis* (IndVal = 0,554; $p < 0,01$), *Chaetodus irregularis* (IndVal = 0,668; $p < 0,05$), *Dichotomius bicuspis* (IndVal = 0,794; $p = 0,001$), *Dichotomius bos* (IndVal = 0,627; $p < 0,05$), *Dichotomius cuprinus* (IndVal = 0,368; $p < 0,05$), *Dichotomius sexdentatus* (IndVal = 0,286; $p < 0,05$), *Genieridium bidens* (IndVal = 0,735; $p < 0,005$), *Gonaphodioides* sp. (IndVal = 0,568; $p < 0,005$), *Labarrus pseudolivinus* (IndVal = 0,623; $p < 0,01$) e *Trichillum heydeni* (IndVal = 0,610; $p < 0,05$).

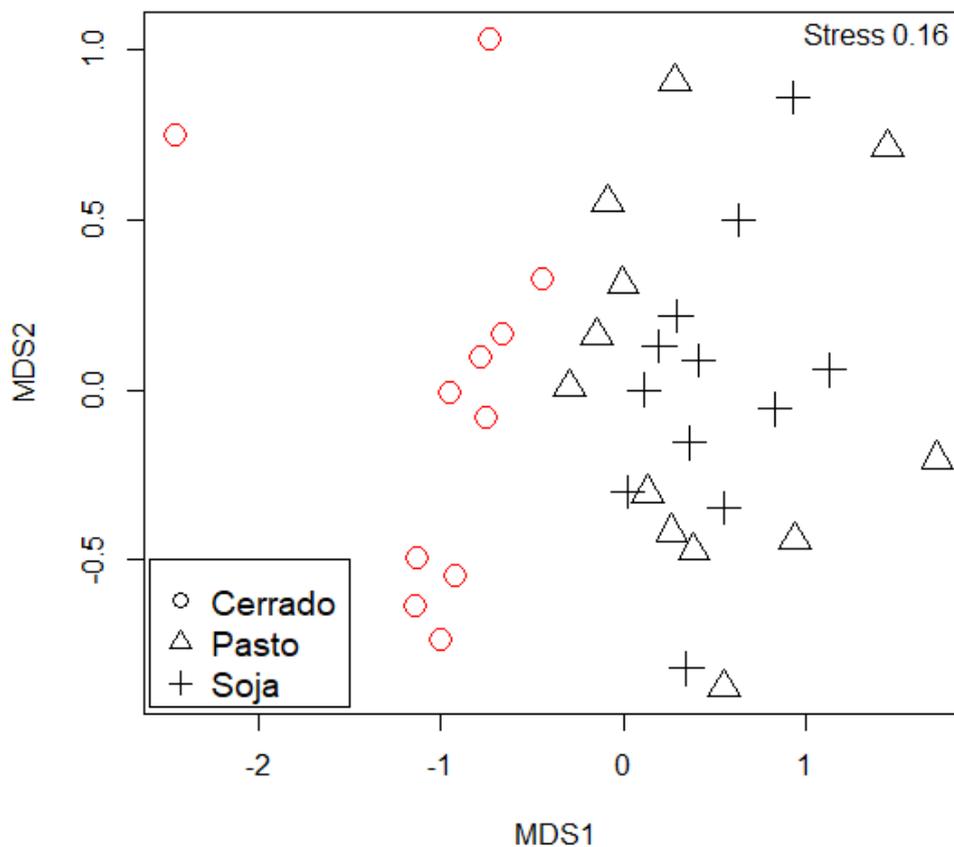


Figura 9. Non-metric Multidimensional Scaling - NMDS com as comunidades de besouros coprófagos de cada tipo de uso da terra: cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2017. Cada ponto representa o conjunto de 8 *pitfalls* da mesma coleta, localidade, tipo de uso da terra e tipo de isca. Os 8 *pitfalls* contendo fezes bovinas das áreas de cerrado *sensu stricto* da segunda coleta da FAL foram desconsiderados, pois nenhum espécime foi coletado. Os pontos coloridos de vermelho indicam que esses formaram um grupo verdadeiro quando comparado com os demais.

4. DISCUSSÃO

Diferentemente do que foi visto em trabalhos semelhantes realizados em outros locais onde em áreas de vegetação nativa observou-se uma maior realização de serviços ecossistêmicos prestados por rola-bostas (Braga *et al.*, 2013; Kenyon *et al.*, 2016), aqui não foi observada diferença estatística nos serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes entre as áreas antropizadas e as áreas preservadas. Isso provavelmente se deve ao fato de que, diferentemente dos trabalhos citados acima, a diferença na riqueza entre os diferentes tipos de uso da terra não ter sido grande e a

abundância das áreas antropizadas (pasto e soja) ter sido maior que na área de cerrado *sensu stricto*. Além de riqueza e abundância, heterogeneidade de tamanho corporal, tamanho corporal dos indivíduos e presença de guildas funcionais distintas também são apontados como fatores que impactam a remoção de fezes, sendo os paracoprídeos responsáveis pela maior parte da remoção das fezes (Nervo *et al.*, 2014; Kenyon *et al.*, 2016). Analisando as espécies coletadas é possível encontrar espécies de paracoprídeos de grande porte como as pertencentes aos gêneros *Coprophanaeus*, *Dichotomius* e *Oxysternon* e de pequeno porte pertencentes aos gêneros *Ateuchus* e *Canthidium*; telecoprídeos de pequeno porte como os pertencentes aos gêneros *Canthon* e *Agamopus* e endocoprídeos de pequeno porte como os dos gêneros *Genieridium* e *Trichillum* (Cambefort, 1991c; Verdú & Galante, 2001; Alarcón *et al.*, 2009) em todos os tipos de uso da terra, inclusive entre as espécies mais abundantes. Esse fato ajuda a explicar a similaridade entre os diferentes tipos de uso da terra, mesmo que as comunidades apresentem tamanhos e composições diferentes há um tipo de compensação entre as principais características que impactam nos serviços ecossistêmicos.

A correlação encontrada entre os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes não permite nenhuma conclusão precisa sobre a possibilidade de utilizar o serviço de remoção de fezes para mensurar indiretamente o de dispersão secundária de sementes. Essa correlação entre os serviços é importante tendo em vista que os rola-bostas não se alimentam das sementes, mas sim das fezes, sendo as sementes um “contaminante” no seu alimento e em alguns casos é observada a remoção das sementes antes ou durante o processo de enterro das fezes (Andresen & Feer, 2005). Porém esse processo demanda tempo e na competição intensa entre os rola-bostas, os melhores competidores são aqueles capazes de rapidamente retirar as fezes do alcance dos demais besouros (Hanski & Cambefort, 1991b).

Apesar de não haver diferença na prestação dos serviços ecossistêmicos avaliados, não é possível dizer se essa prestação vai se manter ao longo do tempo nas áreas antropizadas. Pois conforme foi apontado pelos índices de diversidade as áreas de pasto e principalmente as de soja possuem menor diversidade do que áreas nativas, o que reduz a estabilidade da comunidade a perturbações e conseqüentemente os serviços providos.

Tanto na riqueza total quanto na relativa o cerrado *sensu stricto* apresentou um número maior de espécies do que as áreas antropizadas ou com uso mais intenso da terra (Tabela 1). No geral as áreas de pasto e soja apresentaram um padrão onde as espécies mais abundantes representaram um maior percentual da comunidade do que nas áreas nativas. Das áreas de cerrado estudadas a que apresentou uma espécie com maior dominância foi a da

FAL onde *Genieridium cryptops* correspondeu a 29% dos indivíduos coletados. Já em pasto a espécie mais abundante, encontrada na área da Embrapa, foi *Dichotomius bos* onde 48% dos espécimes coletados pertenciam a essa espécie. Dos indivíduos coletados na plantação de soja da FSTP 42% eram da espécie *Besourenga amarillai*.

Dentre as áreas amostradas o cerrado *sensu stricto* da FAL foi o que apresentou menor abundância e riqueza de espécies enquanto que a área de soja da FSTP foi a que apresentou maior abundância e riqueza (riqueza igual ao cerrado *sensu stricto* da Embrapa) (Tabela 1). É provável que os menores valores encontrados no cerrado *sensu stricto* da FAL ocorram devido a uma maior disponibilidade de fezes promovida pela presença de outros mamíferos na área de preservação ambiental onde é localizada (Juarez, 2008). Como muitos rola-bostas não costumam percorrer grandes distâncias atrás dos recursos, e em vegetações savânicas ficam enterrados superficialmente aguardando recursos próximos (Hanski & Cambefort, 1991c), acredita-se que o padrão de dispersão da comunidade de besouros coprófagos nessa área de cerrado seja agregado em torno dos recursos. Enquanto que na área de soja como a maior parte da área cultivada é através do plantio direto há matéria vegetal disponível uniformemente distribuída na área. Se as espécies estiverem se alimentando de matéria vegetal em decomposição, o padrão de distribuição tende a ser mais uniforme, tendo em vista que não há amontoados escassos e efêmeros de matéria vegetal igual ocorre com as fezes. Além disso o sistema de plantio direto mantém as propriedades do solo como umidade e temperatura. Outro fato que pode influenciar na menor abundância nas áreas de cerrado *sensu stricto* é a maior predação e competição nessas áreas do que nas áreas com uso mais intenso da terra, nas áreas de avaliação de serviços ecossistêmicos de cerrado foi observado no campo durante as avaliações maior presença de outros insetos como por exemplo, das ordens Isoptera, Lepidoptera, Hemiptera e Hymenoptera.

Outro fator que pode explicar a maior abundância nas áreas de pasto e de soja é que nessas pode estar ocorrendo um processo semelhante ao de homogeneização biótica apontado por McKinney & Lockwood (1999) onde espécies onívoras e com rápido crescimento populacional estejam substituindo aquelas mais especialistas em termos alimentares e de crescimento mais lento. Quando comparadas as riquezas entre os tipos de uso da terra considerando toda a comunidade coprófaga, as áreas de cerrado *sensu stricto* apresentaram 61 espécies, o pasto 56 e a soja 58, porém quando se avalia apenas as espécies pertencentes à subfamília Scarabaeinae a diferença de riqueza entre as áreas aumenta, o cerrado *sensu stricto* fica com 57 espécies, o pasto com 46 e a soja com 50. Isso pode indicar uma substituição de parte da comunidade de rola-bostas típicos por besouros coprófagos da

subfamília Aphodiinae. Embora as diferenças no número de espécies entre os diferentes usos da terra possam não parecer tão grande, o problema dessa alteração no uso da terra é a perda de biodiversidade quando se analisa escalas maiores. Conforme McKinney & Lockwood (1999) apontam, as espécies mais generalistas tendem a substituir as endêmicas causando uma homogeneização da biosfera.

A comunidade de cerrado apresentou índices de diversidade maiores que as áreas antropizadas de pasto e soja, o que corrobora a perda de diversidade devido a um processo semelhante a homogeneização biótica. Com a diferença que nesse caso não há uma substituição por espécies exóticas, mas uma ampliação na distribuição de poucas espécies em detrimento de outras. O fato da comunidade da área de cerrado *sensu stricto* ser distinta da de pasto e soja e essas não diferirem entre si, também reforça a ideia de que esse processo esteja ocorrendo no Cerrado. Outro fato que reforça essa possibilidade é a coleta de grandes quantidades de espécies como *Dichotomius bos* e *Trichillum externepunctatum* em áreas com diferentes graus de antropização em outra região do bioma Cerrado no trabalho de Correa *et al.* (2019).

Mesmo dentro dos rola-bostas típicas espécies abundantes que ocorrem no cerrado *sensu stricto* como *Canthidium viride*, *Oxysternon palemo* e *Uroxys aff. thoracalis* tiveram abundância reduzida em pasto e soja, enquanto que espécies pertencentes aos gêneros *Trichillum* e *Onthophagus* foram mais abundantes em áreas de pasto e soja do que em áreas de cerrado *sensu stricto*, e ambos tiveram espécies indicadoras de ambientes antropizados, *Trichillum externepunctatum* e *Onthophagus hircus* como indicadoras de pastagens e *Trichillum heydeni* como indicadora de soja.

Das espécies apontadas como indicadoras de cerrado *Canthidium decoratum*, *Canthidium viride*, *Eurysternus nigrovirens*, *Oxysternon palemo* e *Uroxys aff. thoracalis* foram coletadas com uma abundância maior em cerrado *sensu stricto* do que em área de mata por Carvalho (2018) em coletas realizadas em outras localidades no Distrito Federal, corroborando o papel delas como indicadoras de áreas de cerrado. Das espécies apontadas como indicadoras de áreas de pasto três têm importância para o serviço de remoção de esterco em áreas de pasto segundo a “Chave de identificação de gêneros de besouros rola-bostas de pastagens brasileiras” (Tissiani *et al.*, 2017). Com destaque para *Trichillum externepunctatum* que é apontada nesse trabalho como uma espécie de alta importância para as áreas de pasto. *Canthon lituratus* e *Phanaeus kirbyi* são apontadas como espécies presentes, mas de baixa importância. É interessante notar que esse mesmo trabalho aponta a espécie *Dichotomius bos* como uma espécie de alta importância e presente em pastos por

todo o Brasil e aqui essa espécie aparece como indicadora de plantação de soja. Isso indica que essa espécie pode se adaptar bem a ambientes antropizados para finalidades rurais, podendo seus serviços ecossistêmicos serem realizados nesses lugares. Das espécies apontadas como indicadoras de plantação de soja alguns aspectos merecem destaque: das oito espécies de Aphodiinae presentes nas coletas, cinco foram apontadas como indicadoras de área de soja, *Ataenius* sp. 1 e *Ataenius* sp. 2, *Blackburneus* sp., *Gonaphodioides* sp. e *Labarrus pseudolividus*; das duas espécies de Anaidinae *Chaetodus irregularis* foi apontada como indicadora de soja e *Chaetodus noirregularis* não ocorreu em áreas de cerrado, demonstrando ocorrência maior desses grupos em áreas antropizadas do que em áreas nativas. A espécie indicadora *Besourenga amarillai* apareceu quase que exclusivamente na área de soja da fazenda FSTP com a maior abundância dentre todas as espécies coletadas. Em outros trabalhos essa espécie normalmente é coletada em baixa abundância.

Essa espécie foi descrita em 2001 a partir de um único exemplar coletado no Parque Nacional Cerro Corá no Paraguai (Aguilar-Julio, 2001). No trabalho realizado por Daniel *et al.* (2014) apenas dois indivíduos da espécie foram coletados. Sobre o gênero *Besourenga*, com exceção da espécie *Besourenga horacioi* as demais ocorrem em áreas abertas dos Biomas Chaco e Cerrado. Os espécimes do gênero geralmente são coletados em armadilhas luminosas e de interceptação de voo e raramente são coletadas em *pitfall* iscado com fezes (Vaz-de-Mello, 2008). Fato que não foi observado nessa coleta.

Além das espécies indicadoras acima vale a pena apontar que: *Ateuchus striatulus*, *Dichotomius bicuspis* e *Dichotomius nisus* foram escassos em cerrado quando comparado às áreas antropizadas; *Canthidium viride* basicamente ficou restrito ao cerrado da Embrapa; *Canthon lituratus* teve uma frequência muito maior no pasto da FAL do que nas demais áreas; *Chaetodus irregularis* e *Genieridium bidens* ocorreram predominantemente na plantação de soja da FSTP e *Dichotomius lycas* foi a única espécie do gênero que ocorreu em maior abundância no cerrado do que nos demais tipos de uso da terra.

O gênero *Dichotomius* em geral foi um dos que apresentou grande abundância em áreas de soja, fato que gera o questionamento sobre do que eles se alimentavam nessas áreas. Luederwalt (1914) relatou espécies alimentando-se de fezes, carcaças e até goiabas caídas no chão. Sobre outros gêneros abundantes em soja, por exemplo *Agamopus* e *Besourenga*, não há informações sobre a utilização de alguma fonte vegetal como recurso alimentar. Porém a grande abundância de besouros coprófagos na área de soja talvez possa ser explicada pela evolução do hábito alimentar de Scarabaeoidea que foi da saprofagia para os demais, incluindo a coprofagia. Tanto Scarabaeidae quanto Hybosoridae podem utilizar o húmus

como recurso alimentar (Cambefort, 1991b). Dentro da própria subfamília Scarabaeinae é possível encontrar gêneros que não são prioritariamente coprófagos, como é o caso de *Coprophanæus* que, apesar do nome, é principalmente necrófago; e até gêneros que são prioritariamente saprófagos, como *Bdelyrus* associados a bromélias de florestas tropicais da América do Sul (Halffter & Mathews, 1966). É provável que as espécies mais abundantes em plantações de soja sejam generalistas e tenham se adaptado bem à todas as condições das plantações de soja e também a utilizar a matéria vegetal em decomposição como fonte alimentar. Porém quando há fezes disponíveis, recurso escasso e efêmero, essas espécies certamente vão preferir esse recurso. Possivelmente devido à maior quantidade de proteína nas fezes quando comparada ao húmus (Cambefort, 1991b).

A utilização de diferentes tipos de isca é um fator importante em estudos que visem mensurar os impactos da mudança no uso da terra na comunidade de besouros coprófagos. Apesar das fezes de onívoros serem semelhantes entre si e aqui a maior parte das espécies caírem com abundâncias semelhantes tanto nas fezes humanas quanto nas suínas, algumas espécies como *Coprophanæus spitzzi* e *Eutrichillum hirsutum* foram coletadas em maior quantidade em fezes humanas em todas as áreas de estudo, enquanto que *Onthophagus buculus* foi coletado em maior quantidade em fezes suínas também em todas as áreas. Apesar das fezes bovinas terem sido as menos atrativas nas coletas realizadas, a espécie *Ateuchus striatulus* foi coletada em maior quantidade nesse tipo de fezes do que nas demais e *Ateuchus puncticollis* foi coletada exclusivamente em fezes bovinas (Apêndice 1).

Por fim, tendo em vista a falta de material e de uma lista de espécies disponível, elaborou-se uma lista atualizada das espécies de Scarabaeinae coletadas nesse trabalho com as já coletadas no Distrito Federal (Apêndice 2) compilando os dados aqui apresentados mais os trabalhos de Milhomem (2003), Nunes *et al.* (2012), Rocha (2016), Carvalho (2018), artigos de revisão taxonômica dos gêneros e contato pessoal com o taxonomista do grupo Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Mello. Das 112 espécies de Scarabaeinae que ocorrem no Distrito Federal, 61 foram coletadas neste trabalho além de 11 espécies que ainda não haviam sido relatadas. Dos 34 gêneros de Scarabaeinae que ocorrem no Distrito Federal, 27 foram coletados neste trabalho, sendo que para o gênero *Holocanthon* foi o primeiro registro no Distrito Federal (com. pess. Vaz-de-Mello). Não foi possível fazer comparação semelhante com as subfamílias Aphodiinae e Anaidinae porque essas não costumam ser consideradas em trabalhos com comunidades coprófagas.

Nesse sentido, tendo em vista a abundância e a diferença entre os diferentes tipos de uso da terra nas subfamílias Aphodiinae e Anaidinae, trabalhos futuros que visem avaliar

diferenças entre as comunidades de besouros coprófagos em áreas com alteração do uso da terra deveriam considerar também esses grupos, pois em ambientes antropizados eles representam uma boa parte da comunidade decompositora. Ainda nesse mesmo sentido recomenda-se aqui que trabalhos mais detalhados sobre a biologia da espécie *Dichotomius bos* sejam realizados, pois é uma espécie que ocorre em grande abundância em áreas de pasto e soja, de grande tamanho corporal e que pode ter um potencial econômico para atividades agropecuárias através da prestação dos serviços de adubação, aeração do solo e controle da mosca-dos-chifres.

Cabe ressaltar que o presente estudo é um relato estático no tempo dessas comunidades ao longo de todo o processo sucessional. Trabalhos futuros com maior tempo de duração avaliando áreas antropizadas e nativas; comparando a comunidade de outras fitofisionomias de Cerrado com pasto e plantação de soja, avaliando zonas de transição entre as áreas de cerrado *sensu stricto*, pasto e soja, avaliando tipos de uso da terra que tenham uma mudança de cobertura vegetal para uma vegetação mais fechada, como é o caso de plantação de eucalipto e trabalhos que forneçam dados sobre a biologia das espécies indicadoras ou das espécies mais abundantes aqui coletadas ajudarão a ter uma melhor compreensão do como as alterações no uso da terra podem afetar a comunidade de besouros coprófagos no Bioma Cerrado.

5. CONCLUSÃO

Todas as hipóteses do trabalho foram refutadas. O cerrado *sensu stricto* apresentou maior diversidade de espécies de besouros coprófagos enquanto que a plantação de soja apresentou maior abundância de indivíduos. Apesar das comunidades de besouros coprófagos da área de cerrado *sensu stricto* ser distinta das comunidades de áreas antropizadas (pasto e soja), os serviços ecossistêmicos de remoção de fezes e dispersão secundária de sementes foram prestados de forma semelhante em todas as áreas avaliadas. Mesmo não afetando os serviços ecossistêmicos, os resultados aqui encontrados podem indicar um processo semelhante à homogeneização biótica, tendo em vista que não houve distinção das comunidades de besouros coprófagos entre as áreas de pasto e soja, mas essas foram distintas das áreas de cerrado *sensu stricto*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli, J., Macêdo, J., Azevedo, L. D. & Netto, J. M. (1986). Caracterização da região dos Cerrados. In: Goedert, W. J. *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 33-74. p.33-98.

Aguilar-Julio, C. A. (2001). Una nueva especie de *Pedaridium* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) proveniente del Parque Nacional Cerro Corá. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*, 13, 1–4.

Alarcón, D. L., Halffter, G. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2009). Nesting behavior in *Trichillum* Harold, 1868 and related genera (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini: Scatimina): A primitive process or a loss of nidification?. *The Coleopterists Bulletin*, 63(3), 289-298.

Almeida, S., Louzada, J., Sperber, C. & Barlow, J. (2011). Subtle land-use change and tropical biodiversity: dung beetle communities in cerrado grasslands and exotic pastures. *Biotropica*, 43(6), 704-710.

Andresen, E. & Feer, F. (2005). The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. In Lambert, J. E., Hulme, P. E. & Vander Wall, S. B. *Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment*, Wallingford: CAB International, London, UK, p. 331-349.

Beynon, S. A., Wainwright, W. A. & Christie, M. (2015). The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the U.K. cattle industry. *Ecological Entomology*, 40(S1), 124–135.

Bornemissza, G. F. (1969). A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). *Pedobiologia*, 9, 223–225.

Braga, R. F., Korasaki, V., Andresen, E. & Louzada, J. (2013). Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. *PLoS One*, 8(2), e57786.

Brody, A. K., Palmer, T. M., Fox-Dobbs, K. & Doak, D. F. (2010). Termites, vertebrate herbivores, and the fruiting success of *Acacia drepanolobium*. *Ecology*, 91(2), 399-407.

Cambefort, Y. (1991a). Dung beetles in tropical savannas. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 156-178.

Cambefort, Y. (1991b). From saprophagy to coprophagy. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 22–35.

Cambefort, Y. (1991c). Biogeography and evolution. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 51-68.

Carneiro Filho, A. & Costa, K. (2016). Ocupação territorial do Cerrado. In A expansão da soja no Cerrado: Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. *Agroicone*, p. 7-14.

Cartelle, C. (1994). Tempo passado: mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais. *Editora Palco*, Minas Gerais, Brasil.

Carvalho, M. S. G (2018). Características funcionais, generalismo e preferência alimentar de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) no Cerrado brasileiro. Tese de Doutorado em Zoologia - Universidade de Brasília, Brasília.

Chapin, E. A. (1938). The nomenclature and taxonomy of the genera of the scarabaeid subfamily Glaphyrinae. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 51, 79-86.

CONAB (2019). Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica da safra de soja. disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20> acesso em 20/05/2019.

Correa, C., Puker, A., Korasaki, V., Ferreira, K. R. & Abot, A. R. (2016). Attractiveness of baits to dung beetles in Brazilian savanna and exotic pasturelands. *Entomological Science*, 19(2), 112-123.

Correa, C. M., Braga, R. F., Puker, A. & Korasaki, V. (2019). Patterns of taxonomic and functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, 23(1), 89-99.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neil, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S. & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 26, 152-158.

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1–16.

Daily, G. C. (1997). Introduction: what are ecosystem services? In *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC.

Daniel, G. M., Nunes, L. G. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2014). Species composition and functional guilds of dung beetles (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in different vegetational types in the Brazilian Shield–Chacoan Depression Border. *Annales de la Société Entomologique de France*, 50(2), 183-190.

Dias, B. F. S. (2008). Conservação da biodiversidade no bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no bioma Cerrado. In Faleiro, F. G. & Farias Neto, A. L. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. *Embrapa Cerrados*, Planaltina-DF, Brasil, p. 303-333.

Doube, B. M., Macqueen, A., Ridsdill-Smith, T. J. & Weir, T. A. (1991). Native and introduced dung beetles in Australia. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 255–278.

Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345-366.

Edmonds, W. D. & Zídek, J. (2010). A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanæus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Insecta Mundi*, 2010(0129-0130), 1-111.

Edmonds, W. D. & Zidek, J. (2012). Taxonomy of *Phanaeus* revisited: revised keys to and comments on species of the New World dung beetle genus *Phanaeus* MacLeay, 1819 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Insecta Mundi*, (0274), 1-108.

Eiten, G. (1972). The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38(2), 201–341. <https://doi.org/10.1007/BF02859158>.

Génier, F. (1996). A revision of the neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 128(S170), 3-170.

Halfpeter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Biogeographia –The Journal of Integrative Biogeography*, 15(1), 11-40.

Halfpeter, G. & Martínez, A. (1968). Revisión monográfica de los Canthonina Americanos (Coleoptera, Scarabaeidae) (3ª Parte). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 29: 209-290.

Halfpeter, G & Mathews, E. (1966). The Natural History of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana.*, 12-14: 1-312.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Hanski, I. & Cambefort, Y. (1991a). Species Richness. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 350-365.

Hanski, I. & Cambefort, Y. (1991b). Competition in dung beetles. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 305-329.

Hanski, I. & Cambefort, Y. (1991c). Dung beetles population biology. In Hanski, I. & Cambefort, Y. *Dung Beetle Ecology*, Princeton University Press, New Jersey, USA, p. 36-50.

Hawkins, S. J. (2007). Generic Guide to New World Scarab Beetles. Glaphyridae. Disponível em:
<http://museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Scarabaeoidea/Glaphyridae/Glaphyridae-Overview/GlaphyridaeO.html>. Acesso em 05/11/2018.

Hovore, F. T. (2005). Generic Guide to New World Scarab Beetles. Pleocomidae. Disponível em:

<http://www.museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Scarabaeoidea/Pleocomidae/Pleocomidae-Overview/PleocomidaeO.html>. Acesso em 19/10/2018.

Howden, H. F. (1955). Biology and taxonomy of North American beetles of the subfamily Geotrupinae, with revisions of the genera *Bolbocerosoma*, *Eucanthus*, *Geotrupes*, and *Peltotrupes* (Scarabaeidae). *Proceedings of the United States National Museum*. 104: 151-319.

Jameson, M. J. (2005). Generic Guide to New World Scarab Beetles. Geotrupidae. Disponível em: <http://museum.unl.edu/research/entomology/Guide/Scarabaeoidea/Geotrupidae/Geotrupidae-Overview/GeotrupidaeO.html>. Acesso em 08/11/2018.

Juarez, K. M. (2008). Mamíferos de médio e grande porte nas unidades de conservação do Distrito Federal. Tese de Doutorado em Biologia Animal - Universidade de Brasília, Brasília.

Kenyon, T. M., Mayfield, M. M., Monteith, G. B. & Menéndez, R. (2016). The effects of land use change on native dung beetle diversity and function in Australia's Wet Tropics. *Austral Ecology*, 41(7), 797-808.

Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E. & Tschamntke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775), 20132440.

Klink, C. A. & Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), 147-155.

Losey, J. E. & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323.

Luederwaldt, H. (1914). Biología de varias especies de *Pinotus* de S. Paulo. *Revista do Museu Paulista*, 9, 356-366.

MacArthur, R. (1955). Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36(3), 533-536.

MapBiomias (2017). Coleção v.3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <http://mapbiomas.org/infograficos-2018/cerrado-a.jpg>. Acesso em 25/01/2019.

Marsh, C. J., Louzada, J., Beiroz, W. & Ewers, R. M. (2013). Optimising bait for *pitfall* trapping of Amazonian dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). *PLoS One*, 8(8), e73147.

McKinney, M. L. & Lockwood, J. L. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(11), 450-453.

McNaughton, S. J. (1993). “Biodiversity and function of grazing ecosystems.” In Schulze, E. D. & Mooney, H. A. eds., *Biodiversity and Ecosystem Function*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, p.361–383.

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. Washington, D.C: *World Resources Institute*.

Milhomem, M. S., Vaz-de-Mello, F. Z. & Diniz, I. R. (2003). Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(11), 1249-1256.

Milhomem, M. S. (2003). A fauna de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Cerrado de Brasília, DF: variação anual, efeito do fogo e da cobertura vegetal. Tese de Doutorado em Biologia Animal - Universidade de Brasília, Brasília.

Morón, M. A. (2010). Diversidad y distribución del complejo “gallina ciega”(Coleoptera: Scarabaeoidea). *Plagas del suelo. Mundi-Prensa, México*, 41-63.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. & Kent, J (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Nervo, B., Tocco, C., Caprio, E., Palestini, C. & Rolando, A. (2014). The effects of body mass on dung removal efficiency in dung beetles. *PLoS One*, 9(9), e107699.

Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., Favila, M. E. & Network, T. S. R. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474.

Nunes, R. V., Frizzas, M. R. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2012). Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of a rupestrian field at Cafuringa, Distrito Federal, Brazil: commented list of species. *Biota Neotropica*, 12(4), 125-129.

Ocampo, F. C. (2006). Phylogenetic analysis of the Scarab family Hybosoridae and monographic revision of the new world subfamily Anaidinae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 19, 3–6.

Oliveira, V. H. F., Souza, J. G. M., Vaz-de-Mello, F. Z., de Siqueira Neves, F. & Fagundes, M. (2011). Variação na fauna de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) entre habitats de cerrado, mata seca e mata ciliar em uma região de transição Cerrado-Caatinga no norte de Minas Gerais. *Instituto Estadual de Florestas—MG*, 4-16.

Oksanen, J. F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Peter R. Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs E. & Wagner, H. (2019). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Overbeck, G. E., Vélez-Martin, E., Scarano, F. R., Lewinsohn, T. M., Fonseca, C. R., Meyer, S. T., Müller, S. C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M. M.,

Guadagnin, D. L., Lorenzen, K., Jacobi, C. M., Weisser, W. W. & Pillar, V. D. (2015). Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21(12), 1455-1460.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T (1998). Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T., Sano, S. M., & Almeida, S. D. Cerrado: ambiente e flora, *Embrapa*, p. 88-116.

Roberts, D. W. (2016). labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1.8-0. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.

Rocha, M. V. C. (2016). Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil central. Dissertação de Mestrado em Zoologia - Universidade de Brasília, Brasília.

Rossini, M. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2017). A taxonomic review of the genus *Isocopris* Pereira and Martínez, 1960 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), with description of a new Brazilian species. *Journal of Natural History*, 51(19-20), 1091-1117.

Sano, E. E, Rosa, R., Scaramuzza, C. A. M., Adami, M., Bolfe, E. L., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Maurano, L. E. P., Narvaes, I. S., Oliveira Filho, F. J. B., Silva, E. B., Victoria, D. C., Ferreira, L.G., Brito, J. L. S., Bayma, A. P., Oliveira, G. H. & Bayma-Silva, G. (2019). Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54: 1-5.

Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27.

Schowalter, T. D., Noriega, J. A. & Tschardtke, T. (2018). Insect effects on ecosystem services - introduction. *Basic and Applied Ecology*, 26, 1–8.

Schoolmeesters, P. (2019). Scarabs: World Scarabaeidae Database (version Oct 2018). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 20th February 2019 (Roskov, Y., Ower, G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P.M., Bourgoin, T., DeWalt, R.E., Decock, W., Nieukerken, E., van, Zarucchi, J. & Penev, L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/col. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-8858.

Silva, N. A. P. D., Frizzas, M. R. & Oliveira, C. M. D. (2011). Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1), 79-87.

Silva, P. G. & Hernández, M. I. M. (2015). Spatial patterns of movement of dung beetle species in a tropical forest suggest a new trap spacing for dung beetle biodiversity studies. *PLoS One*, 10(5), e0126112.

Slade, E. M., Mann, D. J., Villanueva, J. F. & Lewis, O. T. (2007). Experimental evidence for the effects of dung beetle functional group richness and composition on ecosystem function in a tropical forest. *Journal of Animal Ecology*, 76(6), 1094-1104.

Solensky, M. J. (2004). The effect of behavior and ecology on male mating success in overwintering monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Journal of Insect Behavior*, 17(6), 723-743.

Spector, S. (2006). Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, 60(5), 71-83.

Strassburg, B. B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., Oliveira Filho, F. J. B., Scaramuzza, C. A. M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B. & Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1(4), 0099.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671.

Tissiani, A. S. O., Vaz-de-Mello, F. Z. & Campelo-Júnior, J. H. (2017). Besouros rola-bostas das pastagens brasileiras e chave para identificação dos gêneros (Coleoptera: Scarabaeidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(6), 401-416.

Vander Wall, S. B. & Longland, W. S. (2004). Diplochory: are two seed dispersers better than one?. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(3), 155-161.

Vaz-De-Mello, F. Z. (2008). Synopsis of the new subtribe Scatimina (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini), with descriptions of twelve new genera and review of Genieridium, new genus. *Magnolia Press*.

Vaz-de-Mello, F. Z., Edmonds, W. D., Ocampo, F. C. & Schoolmeesters, P. (2011). A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854(1), 1-73.

Vaz-de-Mello, F. Z. (2018a). Scarabaeinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/127498>. Acesso em: 27/11/2018.

Vaz-de-Mello, F. Z. (2018b). Geotrupidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/122775>. Acesso em: 08/11/2018.

Vaz-de-Mello, F. Z. (2019). Anaidinae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/123558>. Acesso em: 10/07/2019.

Verdú, J. R. & Galante, E. (2001). Larval morphology and breeding behavior of the genus *Pedaridium* Harold (Coleoptera: Scarabaeidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 94(4), 596-604.

Vulinec, K. (2000). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), monkeys, and conservation in Amazonia. *Florida Entomologist*, 229-241.

Woodruff, R. E. (1973). Arthropods of Florida and neighboring land areas. Volume 8. The Scarab Beetles of Florida (Coleoptera: Scarabaeidae). Part 1. The Laparosticti (Subfamilies: Scarabaeinae, Aphodiinae, Hybosorinae, Ochodaeinae, Geotrupinae, Acanthocerinae). *Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Contribution No, 260*, 1-220.

Yachi, S. & Loreau, M. (1999). Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(4), 1463-1468.

Apêndice 1

Tabela: Espécies de besouros coprófagos coletados com *pitfalls* iscados com fezes bovinas (Bv), humanas (Hm) e suínas (Sn) em duas áreas de cerrado *sensu stricto* (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa), duas áreas de pasto (Embrapa Cerrados e Fazenda Água Limpa) e duas áreas de soja (Embrapa Cerrados e Fazenda Sementes Três Pinheiros) do Distrito Federal nos meses de novembro e dezembro de 2017.

Espécies	Embrapa Cerrados									FAL						FSTP			Total	
	Cerrado			Pasto			Soja			Cerrado			Pasto			Soja				
	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn		
Scarabaeinae																				
(Scarabaeidae)																				
<i>Agamopus unguicularis</i> (Harold, 1883)	1	-	1	-	7	10	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	28
<i>Agamopus viridis</i> Boucomont, 1928	5	3	22	1	5	7	2	14	61	-	1	1	26	238	163	32	1321	315	2217	
<i>Anomiopus pereirai</i> (Martínez, 1955)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Anomiopus</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ateuchus pauperatus</i> (Germar, 1824)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1867)	1	-	-	71	-	-	2	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	94
<i>Ateuchus</i> sp.1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre, 1886)	43	-	11	600	13	76	1416	114	630	-	-	-	43	5	5	13	8	1	2978	
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	22	4	29	
<i>Besourenge amarillai</i> (Aguilar-Julio, 2001)	-	-	1	-	4	5	-	3	47	-	-	1	1	1	2	338	1449	3858	5710	
<i>Besourenge</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Canthidium barbaticum</i> Borre, 1886	18	99	399	-	-	1	1	59	8	2	25	51	2	147	223	-	11	2	1048	
<i>Canthidium decoratum</i> (Perty, 1830)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	15	-	1	1	-	-	-	-	29
<i>Canthidium kelleri</i> (Martínez, Halfiter & Pereira, 1964)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Canthidium marseuli</i> Harold, 1867	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Canthidium viride</i> (Lucas, 1859)	50	127	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	1	497	
<i>Canthidium</i> sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Canthidium</i> sp.2	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Canthidium</i> sp.3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Canthidium</i> sp.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Canthon</i> aff. <i>piluliformis</i> Blanchard, 1845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	9	6	20	

Espécies	Embrapa Cerrados									FAL						FSTP			Total
	Cerrado			Pasto			Soja			Cerrado			Pasto			Soja			
	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	1	-	3	-	2	5	5	4	29	-	-	1	2	309	169	-	9	22	561
<i>Canthon septemmaculatus</i> (Latreille, 1811)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	13	-	-	-	-	-	-	-	29
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	1	8	5	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Canthon</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	2	18	9	1	12	6	-	1	-	5	4	-	5	1	-	6	2	-	72
<i>Coprophanaeus horus</i> (Waterhouse, 1891)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
<i>Coprophanaeus spitzii</i> (Pessôa, 1934)	-	-	-	-	16	2	-	1	-	17	2	1	29	4	-	10	-	-	82
<i>Deltochilum pseudoicarus</i> Balthasar, 1939	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
<i>Deltochilum</i> sp.	-	3	3	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Dendropaemon convexus</i> Harold, 1868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	-	4	11	-	1	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	22
<i>Dichotomius bicuspis</i> (Germar, 1824)	-	-	1	2	13	9	1	4	6	-	1	1	-	-	-	45	65	54	202
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1845)	7	7	40	36	252	1150	74	310	1263	-	-	-	28	64	7	533	471	4242	
<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)	-	1	6	-	1	1	-	-	2	-	1	-	1	-	-	2	1	16	
<i>Dichotomius cuprinus</i> (Felsche, 1901)	-	-	1	-	-	1	-	3	11	-	-	-	-	-	-	-	1	-	17
<i>Dichotomius longiceps</i> (Taschenberg, 1870)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dichotomius lycas</i> (Felsche, 1901)	5	22	68	-	-	24	-	14	11	-	5	2	21	10	-	1	-	183	
<i>Dichotomius nissus</i> (Olivier, 1789)	1	6	11	-	38	114	23	85	140	-	3	2	1	12	24	-	62	25	547
<i>Dichotomius sexdentatus</i> (Luederwaldt, 1925)	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	4	6	5	21
<i>Dichotomius smaragdinus</i> (Perty, 1830)	9	5	8	-	2	1	3	1	1	-	-	-	2	-	-	1	14	16	63
<i>Dichotomius zikani</i> (Luederwaldt, 1922)	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Dichotomius</i> sp.	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	1	-	6	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	13
<i>Eutrichillum hirsutum</i> (Boucomont, 1928)	-	4	1	-	11	-	-	-	-	4	-	1	31	-	-	15	-	-	67
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	-	-	1	-	5	3	1	12	68	-	-	1	-	2	1	-	316	236	646

Espécies	Embrapa Cerrados									FAL						FSTP			Total
	Cerrado			Pasto			Soja			Cerrado			Pasto			Soja			
	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	-	14	58	-	-	4	-	1	1	-	64	102	-	7	8	-	39	9	307
<i>Holocanthon</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
<i>Isocopris inhiatus</i> (Germar, 1824)	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	6
<i>Leotrichillum louzadaorum</i> (Vaz-de-Mello & Canhedo, 1998)	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	9
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	4	4	3	-	-	-	1	-	9	-	-	-	9	75	84	23	88	99	399
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	8	4	41	-	-	3	1	1	3	-	-	1	-	-	-	1	14	17	94
<i>Onthophagus buculus</i> Mannerheim, 1829	-	-	6	-	1	10	-	-	21	-	2	5	-	61	300	1	48	103	558
<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1815	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	3	1	2	42	74	3	3	1	131
<i>Onthophagus ptox</i> Erichson, 1847	-	-	2	1	1	4	1	-	2	-	-	-	-	13	21	2	50	50	147
<i>Oxysternon palemo</i> Castelnau, 1840	1	45	114	-	-	1	-	-	-	-	57	84	-	8	18	-	32	13	373
<i>Phanaeus kirbyi</i> Vigors, 1825	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	15	-	-	-	29
<i>Phanaeus palaeno</i> Blanchard, 1845	-	17	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2	50
<i>Pseudocanthon xanthurus</i> (Blanchard, 1845)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	7	5	-	1	16
<i>Sulcophanaeus menelas</i> (Castelnau, 1840)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Trichillum adjunctum</i> Martínez, 1969	1	7	47	1	16	84	-	17	111	-	14	20	-	743	1017	3	797	678	3556
<i>Trichillum externepunctatum</i> Borre, 1880	-	-	3	-	10	46	64	41	431	-	-	-	6	1264	913	2	127	86	2993
<i>Trichillum heydeni</i> Harold, 1868	39	2	48	-	12	32	10	16	48	-	1	3	4	86	68	12	550	171	1102
<i>Uroxys</i> aff. <i>corporaali</i> Balthasar, 1940	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	3	1	6	5	-	-	-	19
<i>Uroxys</i> aff. <i>thoracalis</i> Balthasar, 1940	104	138	276	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	538
<i>Vulcanocanthon</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3
Aphodiinae (Scarabaeidae)																			
<i>Ataenius</i> sp.1	-	-	3	49	16	3	169	21	62	-	-	2	13	26	35	6	7	12	424
<i>Ataenius</i> sp.2	-	-	-	17	13	17	7	7	37	-	-	-	-	-	2	-	-	2	102
<i>Ataenius</i> sp.3	-	-	-	6	9	3	3	1	16	-	-	-	1	-	-	30	13	2	84
<i>Ataenius</i> sp.4	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Blackburneus</i> sp.	1	-	-	3	7	10	39	-	16	-	-	-	-	2	-	5	19	7	109
<i>Gonaphodioides</i> sp.	-	-	-	-	-	2	-	1	37	-	-	-	-	-	-	-	12	26	78
<i>Labarrus pseudolividus</i> (Balthasar, 1941)	-	-	-	5	36	56	2	46	258	-	-	1	-	38	40	-	126	89	697
<i>Platytomus</i> sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Espécies	Embrapa Cerrados									FAL						FSTP			Total	
	Cerrado			Pasto			Soja			Cerrado			Pasto			Soja				
	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn	Bv	Hm	Sn		
Anaidinae (Hybosoridae)																				
<i>Chaetodus irregularis</i> Westwood, 1846	21	19	12	1	2	6	1	23	11	-	2	-	51	28	18	68	393	153	809	
<i>Chaetodus noirregularis</i> Ocampo, 2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	30	6	-	1	1	114	
Número de indivíduos	328	560	1577	798	511	1703	1832	834	3347	3	251	323	265	3285	3303	599	6199	6543	32261	
Número de espécies	26	25	45	17	30	36	25	36	32	2	28	25	22	36	32	21	47	38	82	

Apêndice 2

Tabela: Lista atualizada das espécies de besouros da subfamília Scarabaeinae coletadas no Distrito Federal.

Espécie

***Agamopus* Bates, 1887**

Agamopus unguicularis (Harold, 1883)

Agamopus viridis Boucomont, 1928

***Anomiopus* Westwood, 1842**

Anomiopus pereirai (Martínez, 1955)

Anomiopus soledari Canhedo, 2004^(a)

***Ateuchus* Weber, 1801**

Ateuchus pauperatus (Germar, 1824)

Ateuchus puncticollis (Harold, 1867)

Ateuchus striatulus (Borre, 1886)

Ateuchus vividus Germar, 1824

***Besourenge* Vaz-de-Mello, 2008**

Besourenge amarillai (Aguilar-Julio, 2001)

***Canthidium* Erichson, 1847**

Canthidium barbaticum Borre, 1886

Canthidium decoratum (Perty, 1830)

Canthidium gigas Balthasar, 1939^(b)

Canthidium kelleri (Martínez, Halffter & Pereira, 1964)

Canthidium aff. *lucidum* Harold, 1867^(c)

Canthidium marseuli Harold, 1867

Canthidium refulgens Boucomont, 1928^(d)

Canthidium viride (Lucas, 1859)

Espécie

Canthon Hoffmannsegg, 1817

Canthon chalybaeus Blanchard, 1845^(c)

Canthon conformis Harold, 1868

Canthon curvipes Harold, 1868^(c)

Canthon deplanatus Harold, 1868^(c)

Canthon laminatus Balthasar, 1939^(c)

Canthon lamproderes Redtenbacher, 1867^(e)

Canthon lituratus (Germar, 1813)

Canthon aff. *pauxilus* Harold, 1868^(f)

Canthon aff. *piluliformis* Blanchard, 1845

Canthon septemmaculatus (Latreille, 1811)

Canthon tristis Harold, 1862^(f)

Canthon aff. *unicolor* Blanchard, 1845^(d)

Canthon virens (Mannerheim, 1829)

Canthonella Chapin, 1930

Canthonella sp. ^{(c)(f)}

Chalcocopris Burmeister, 1846

Chalcocopris inexpectatus Rossini & Vaz-de-Mello, 2015^(d)

Coprophanaeus d'Olsoufieff, 1924

Coprophanaeus cyanescens (d'Olsoufieff, 1924)

Coprophanaeus dardanus (MacLeay, 1819)^(f)

Coprophanaeus ensifer (Germar, 1824)

Coprophanaeus horus (Waterhouse, 1891)

Coprophanaeus jasius (Olivier, 1789)^(c)

Coprophanaeus spitzzi (Pessôa, 1934)

Cryptocanthon Balthasar, 1942

Cryptocanthon campbellorum Howden, 1973^(g)

Degallieridium Vaz-de-Mello, 2008

Degallieridium liliputanum Vaz-de-Mello, 2008^(h)

Deltochilum Eschscholtz, 1822

Deltochilum aff. *komareki* Balthasar, 1939^(d)

Deltochilum aff. *morbillosum* Burmeister, 1848^(c)

Deltochilum pseudoicarus Balthasar, 1939

Deltochilum titovidaurrei Silva, Louzada & Vaz-de-Mello, 2015⁽ⁱ⁾

Deltochilum viridescens Martínez, 1948⁽ⁱ⁾

Espécie

***Dendropaemon* Perty, 1830**

Dendropaemon bahianus Harold, 1868^(j)

Dendropaemon convexus Harold, 1868

Dendropaemon denticollis Felsche, 1909^(j)

Dendropaemon flechtmanni Génier & Arnaud, 2016^(j)

Dendropaemon fractipes Felsche, 1909⁽ⁱ⁾

Dendropaemon vazdemelloi Génier & Arnaud, 2016^(j)

Dendropaemon viridipennis (Laporte, 1831)^(j)

Dendropaemon viridis Perty, 1830^{(c)(k)}

***Diabroctis* Gistel, 1857**

Diabroctis mimas (Linnaeus, 1758)

Diabroctis mirabilis (Harold, 1877)

***Dichotomius* Hope, 1838**

Dichotomius angeloi Nunes, Carvalho & Vaz-de-Mello, 2016^(f)

Dichotomius anthrax (Felsche, 1901)^(c)

Dichotomius aff. *ascanius* (Harold, 1869)^(c)

Dichotomius bicuspis (Germar, 1824)

Dichotomius bos (Blanchard, 1845)

Dichotomius carbonarius (Mannerheim, 1829)

Dichotomius crinicollis (Germar, 1824)^{(c)(e)(f)}

Dichotomius cuprinus (Felsche, 1901)

Dichotomius depressicollis (Harold, 1867)^(c)

Dichotomius glaucus (Harold, 1869)^(c)

Dichotomius longiceps (Taschenberg, 1870)

Dichotomius lycas (Felsche, 1901)

Dichotomius machadoi Martínez & Pereira, 1967^(c)

Dichotomius nisus (Olivier, 1789)

Dichotomius reichei (Germar, 1824)^(f)

Dichotomius semiaeneus (Germar, 1824)^(L)

Dichotomius sexdentatus (Luederwaldt, 1925)

Dichotomius smaragdinus (Perty, 1830)

Dichotomius zikani (Luederwaldt, 1922)

***Digitonthophagus* Balthasar, 1959**

Digitonthophagus gazella (Fabricius, 1787)

Espécie

***Eurysternus* Dalman, 1824**

Eurysternus caribaeus (Herbst, 1789)

Eurysternus navajasi Martínez, 1988^(f)

Eurysternus nigrovirens Génier, 2009

***Eutrichillum* Martínez, 1969**

Eutrichillum hirsutum (Boucomont, 1928)

***Genieridium* Vaz-de-Mello, 2008**

Genieridium bidens (Balthasar, 1938)

Genieridium cryptops (Arrow, 1913)

***Holocanthon* Martínez & Pereira, 1956**

Holocanthon sp.

***Holocephalus* Hope, 1838**

Holocephalus julieni Smith & Génier, 2001^(d)

Holocephalus simoni Smith & Génier, 2001^(L)

***Isocopris* Pereira & Martínez, 1960**

Isocopris foveolatus (Luederwaldt, 1931)^(c)

Isocopris inhiatus (Germar, 1824)

***Leotrichillum* Vaz-de-Mello, 2008**

Leotrichillum louzadaorum (Vaz-de-Mello & Canhedo, 1998)

***Malagoniella* Martínez, 1961**

Malagoniella puncticollis (Blanchard, 1845)^(L)

***Ontherus* Erichson, 1847**

Ontherus appendiculatus (Mannerheim, 1829)

Ontherus carinicornis Luederwaldt, 1931^(e)

Ontherus podiceps Harold, 1868(d)

Ontherus erosioides Luederwaldt, 1930^(m)

Ontherus ulcopygus Génier, 1996

Ontherus virescens (Lucas, 1859)^(c)

***Onthophagus* Latreille, 1802**

Onthophagus buculus Mannerheim, 1829

Onthophagus ptox Erichson, 1847

Onthophagus hircus Billberg, 1815

Onthophagus aff. *ranunculus* Arrow, 1913^(c)

***Oxysternon* Castelnau, 1840**

Oxysternon palemo Castelnau, 1840

Espécie

***Phanaeus* MacLeay, 1819**

Phanaeus kirbyi Vigors, 1825

Phanaeus palaeno Blanchard, 1845

Phanaeus splendidulus (Fabricius, 1781)^(f)

***Pseudocanthon* Bates, 1887**

Pseudocanthon xanthurus (Blanchard, 1845)

***Scatonomus* Erichson, 1835**

Scatonomus viridis Erichson, 1835^(c)

***Sulcophanaeus* d'Olsoufieff, 1924**

Sulcophanaeus menelas (Castelnau, 1840)

***Trichillum* Harold, 1868**

Trichillum adjunctum Martínez, 1969

Trichillum arrowi Saylor, 1935^(d)

Trichillum externepunctatum Borre, 1880

Trichillum heydeni Harold, 1868

***Uroxys* Westwood, 1842**

Uroxys aff. *corporaali* Balthasar, 1940

Uroxys aff. *thoracalis* Balthasar, 1940

***Vulcanocanthon* Pereira & Martínez, 1960**

Vulcanocanthon sp.

Obs. 1: A espécie *Ontherus elegans* Luederwaldt, 1930 foi retirada da lista porque embora apareça em Génier (1996) ocorrendo no Distrito Federal o taxonomista do grupo verificou que foi um possível erro de identificação.

Obs. 2: A espécie *Eurysternus* aff. *hirtellus* Dalman, 1824 coletada em (c) não foi adicionada à lista porque a espécie *Eurysternus nigrovirens* Génier, 2009 foi descrita posteriormente e há chances de ser a mesma espécie.

Obs. 3: As espécies *Deltochilum* aff. *morbillosum* Burmeister, 1848 coletada em (b) e *Deltochilum titovidaurrei* Silva, Louzada & Vaz-de-Mello, 2015 pertencem a subgêneros distintos, tornando improvável que sejam a mesma espécie, por isso a primeira permaneceu na lista.

(a) - Canhedo, V. L. (2004). Novas espécies do gênero *Anomiopus*, grupo *smaragdinus* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Iheringia, Série Zoologia*, 94(2), 187-204.

(b) - Carvalho, E.C. S., Pacheco, T. L. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2019). Taxonomic revision of the *Canthidium* Erichson, 1847 species of the gigas group. *European Journal of Taxonomy* 530: 1–24.

(c) - Milhomem, M. S. (2003). A fauna de Scarabaeidae sensu stricto (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Cerrado de Brasília, DF: variação anual, efeito do fogo e da cobertura vegetal. Tese de Doutorado em Biologia Animal - Universidade de Brasília, Brasília.

(d) - Rocha, M. V. C. (2016). Diversidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em duas unidades de conservação do Cerrado do Brasil central. Dissertação de Mestrado em Zoologia - Universidade de Brasília, Brasília.

(e) - Nunes, R. V., Frizzas, M. R. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2012). Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of a rupestrian field at Cafuringa, Distrito Federal, Brazil: commented list of species. *Biota Neotropica*, 12(4), 125-129.

(f) - Carvalho, M. S. G. (2018). Características funcionais, generalismo e preferência alimentar de rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) no Cerrado brasileiro. Tese de Doutorado em Zoologia - Universidade de Brasília, Brasília.

- (g) - Cook, J. (2002). A revision of the neotropical genus *Cryptocanthon* Balthasar (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *The Coleopterists Bulletin*, 56(1), 3-97.
- (h) - Vaz-De-Mello, F. Z. (2008). Synopsis of the new subtribe Scatimina (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini), with descriptions of twelve new genera and review of *Genieridium*, new genus. *Magnolia Press*.
- (i) - Silva, F., Louzada, J. & Vaz-de-Mello, F. Z. (2015). A revision of the *Deltochilum* subgenus *Aganhyboma* Kolbe, 1893 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Zootaxa*, 3925(4), 451-504.
- (J) - Génier, F. & Arnaud, P. (2016). *Dendropaemon* Perty, 1830: taxonomy, systematics and phylogeny of the morphologically most derived phanaeine genus (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae, Phanaeini). *Zootaxa*, 4099(1), 1-125.
- (k) - Vaz-de-Mello, F. Z. (2019). Scarabaeidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Available in: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/128288>>. Access on: 23 Feb. 2019
- (L) - Contato pessoal com o taxonomista Fernando Zagury Vaz de Mello.
- (m) - Génier, F. (1996). A revision of the neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 128(S170), 3-170.