



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA  
BIODIVERSIDADE**

**DIVERSIDADE FUNCIONAL E ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE  
BESOUROS ROLA-BOSTAS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM  
DIFERENTES AMBIENTES DO PANTANAL DE POCONÉ.**

**MARCELO BRUNO PESSÔA**

**CUIABÁ-MT**

**2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA  
BIODIVERSIDADE**

**DIVERSIDADE FUNCIONAL E ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE BESOUROS  
ROLA-BOSTAS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) EM DIFERENTES  
AMBIENTES DO PANTANAL DE POCONÉ.**

**MARCELO BRUNO PESSÔA**

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

**CUIABÁ-MT**

**2013**

Pessôa, Marcelo Bruno.

Diversidade Funcional e Estrutura das Comunidades de Besouros Rola-Bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) em Diferentes Ambientes do Pantanal de Poconé / Marcelo Bruno Pessôa. — 2013  
64f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

Orientação: Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello

1. Ecologia funcional. 2. Biodiversidade. 3. Grupos funcionais. I. Título

CDU – 574.591.5

Orientador: Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello

Co-orientador: Dr. Thiago Junqueira Izzo

**BANCA EXAMINADORA**



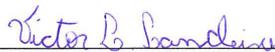
---

Prof. Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello  
Universidade Federal de Mato Grosso  
Orientador



---

Prof. Dr. Roberto de Moraes Lima Silveira  
Universidade Federal de Mato Grosso  
Examinador Titular



---

Prof. Dr. Victor Lemes Landeiro  
Universidade Federal de Mato Grosso  
Examinador Titular

---

Prof. Dr. Julio Neil Cassa Louzada  
Universidade Federal de Lavras  
Examinador Suplente

## DEDICO

*A minha família, pelo incentivo, confiança,  
dedicação e por todos os momentos vividos.*

*Em especial aos meus avós.*

*A meu avô Wilson Alves Pessoa in  
memorian, companheiro que sempre me  
ensinou a amar o que faço e sempre me  
incentivou nas minhas loucuras.*

*A Tatiana, minha namorada, minha melhor  
amiga, pelo carinho e compreensão.*

*A todos os meus amigos, pelos momentos  
juntos, pelas ajudas e por estarem sempre  
me apoiando.*

## AGRADECIMENTOS

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Instituto de Biociências, da Universidade Federal de Mato Grosso, na pessoa do coordenador Thiago Junqueira Izzo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu orientador Prof. Fernando Vaz de Mello, por todas as críticas e sugestões relevantes feitas durante a minha caminhada, pelo apoio em todos os momentos, por acreditar e contribuir para meu amadurecimento profissional.

Ao co-orientador Prof. Thiago Junqueira Izzo, pelas orientações e toda contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de mestrado, em especial a Douglas Braga Rocha, Marcela Gigliotti, Djair Sérgio Junior, pela parceria, conselhos, pelos momentos vividos

Aos amigos do Laboratório de Rolabostologia, Letícia, Tainara, Guilherme, Jorge, Michele, Simoni, Ricardo e Rafael, pelo incentivo e apoio.

À Tatiana Souza do Amaral pelo amor, e pelos incentivos, ensinamentos, compreensão, companheirismo e amizade.

Aos amigos de Blumenau que mesmo longe sempre me apoiaram e me incentivaram.

À minha família, pelo suporte em todos os momentos, em especial aos meus avós que sempre estarão em meus pensamentos, e aos meus sobrinhos Emilly e Igor, os mais novos membros da família.

*"Enquanto o sol estiver no céu e o deserto tiver areia. Enquanto as ondas quebrarem no oceano e encontrarem a terra. Enquanto houver um vento as estrelas e o arco-íris. Até as montanhas desmoronarem dentro da planície. Oh sim nós continuaremos tentando."*

QUEEN – Innuendo

## Sumario

Lista de Figuras .....	xi
Lista de Tabelas .....	xii
RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	14
Introdução geral.....	15
Referências .....	21
Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) do Pantanal de Poconé: Taxocenose e categorização funcional. ....	25
Resumo.....	25
Introdução.....	25
Material e métodos.....	27
Área de estudo .....	27
Coleta dos dados .....	28
Atributos Funcionais .....	28
Categorização funcional.....	30
Resultados e discussão .....	31
Taxocenose.....	31
Categorização funcional.....	32
Conclusão.....	35
Agradecimentos.....	36
Referências .....	36
Efeito da inundabilidade na diversidade funcional de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) no Pantanal de Poconé-MT.....	39
Resumo.....	39
Introdução.....	39
Material e métodos.....	43
Área de estudo .....	43
Coleta dos dados: .....	44
Atributos Funcionais: .....	45
Diversidade Funcional e Análises.....	47
Resultados .....	49
Discussão .....	52
Conclusão.....	54
Agradecimentos.....	55
Referências .....	55
Conclusão Geral.....	59
Anexos .....	60

## Lista de Figuras

- Figura 1: Localização geográfica dos pontos onde foram realizadas as coletas dos dados do presente estudo, Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Os círculos representam a Área 1, na Fazenda Conceição, os quadrados representam a Área 2, na Fazenda Alvorada e os triângulos representam a Área 3, na RPPN SESC Pantanal. As coletas foram realizadas entre os meses de agosto de 2011 a maio de 2012. .... 29
- Figura 3: Ordenação das espécies de rola-bosta (Coleoptera; Scarabaeinae), coletadas na sub-região de Poconé, Pantanal, Mato Grosso, Brasil, por PCoA usando o índice de dissimilaridade de Gower usando a matriz funcional, onde as cores e os símbolos representam os grupos identificado pelo método k médias. Sendo: cores representam os grupos da primeira partição, onde a cor preta representa o grupo A e a cor vermelha o grupo B; e os símbolos representam os grupos da segunda partição, onde: losango vazado= grupo 1, asterisco= grupo 2, quadrado preenchido: grupo 3, triângulo vazado=grupo 4, triângulo preenchido= grupo 5, bola cruzada= grupo 6, losango preenchido= grupo 7 e bola cruzada= grupo 8. .... 33
- Figura 4: Localização geográfica dos pontos onde foram realizadas as coletas dos dados do presente estudo, Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Os pontos em vermelho representam a Fazenda Conceição os pontos em azul representam a RPPN SESC Pantanal e os pontos em verde representam a Fazenda Alvorada. As coletas foram realizadas entre os meses de agosto de 2011 a maio de 2012. .... 43
- Figura 5: Disposição das armadilhas pitfall para a coleta dos indivíduos. Onde a) Área 1 – Fazenda Conceição, b) Área 2 – Fazenda Alvorada, c) Área 3 – RPPN SESC Pantanal/Baia das Pedras. Pontos azuis – Armadilhas em área inundável e pontos vermelhos – armadilhas em área não inundável..... 44
- Figura 6: Ordenação das amostras por PCoA, utilizando a distância de Bray-Curtis, para a composição de espécies de rola-bosta (Coleoptera; Scarabaeinae), coletadas entre os meses de x a Y na sub-região de Poconé, Pantanal, Mato Grosso, Brasil, onde os círculos representam a Área 1, na Fazenda Conceição; os quadrados, a Área 2, na Fazenda Alvorada e os triângulos, a Área 3, na RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras. Os símbolos cheios representam amostras em ambiente não alagável e os símbolos vazios, amostras em ambiente alagável. .... 51
- Figura 7: Índices de equitabilidade funcional amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé–MT. Onde: a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras. .... 51
- Figura 8: Índices de RAO amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé–MT. Onde: a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras. .... 51
- Figura 9: Índices de divergência funcional amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé–MT. a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras..... 52

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Indivíduos de besouros da subfamília Scarabaeinae coletados em três áreas diferentes do pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. Onde: AL – Ambiente Alagável, NA – Ambiente não Alagável. Área 1 – Fazenda Conceição. Área 2 – Fazenda Alvorada. Área 3 – RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras. Coletados entre agosto de 2011 e Maio de 2012. ...	60
Tabela 2: Os dois grupos da primeira partição formados pelo método de K-means, realizado a partir de 100 partições aleatórias, utilizando o índice de dissimilaridade de Gower, com análise a posteriori dos grupos para uma comunidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) coletados no Pantanal, sub-região do Poconé, Mato grosso, Brasil. ....	61
Tabela 3: os oito grupos formados para uma comunidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) coletados no Pantanal, sub-região do Poconé, Mato grosso, Brasil. Os grupos foram formados a partir do método de K-means, realizado a partir de 100 partições aleatórias, utilizando o índice de dissimilaridade de Gower, com análise a posteriori dos grupos. ....	62
Tabela 4: Valores obtidos para ANOVA dois fatores entre os índices funcionais das comunidades de Scarabaeine coletados em três ambientes diferentes no Pantanal de Poconé. Coletados entre agosto de 2011 e Maio de 2012. ....	63
Tabela 5: Média dos índices obtidos para a comunidade de Scarabaeina coletados em três áreas do Pantanal de Poconé onde: A1 – Fazenda Conceição, A2 – Fazenda Alvorada, A3 – RPPN SESC Pantanal Baia das Pedras. ....	64

## RESUMO

A diversidade funcional se refere aos componentes da biodiversidade que influenciam o funcionamento do ecossistema. As relações da diversidade funcional com distúrbios podem revelar padrões que elucidam a estabilidade funcional de ambientes. Neste estudo procurou-se identificar as espécies de besouros rola-bostas que ocorrem no Pantanal, entender como as comunidades se estruturam funcionalmente e entender os efeitos da inundação na diversidade funcional de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae). Foram coletados besouros Scarabaeinae com armadilhas de queda iscadas em três áreas diferentes do Pantanal (Área 1, Área 2 e Área 3), cada uma contendo ambientes inundáveis e não inundáveis. Para identificar os grupos funcionais presentes nas comunidades, foram medidos nove atributos funcionais das espécies. Através dos atributos medidos obtiveram-se os seguintes estimadores de diversidade funcional: riqueza funcional, equitabilidade funcional, divergência funcional e índice de RAO. Foram coletados 25278 indivíduos, pertencentes a 35 espécies e 17 gêneros. Foram identificados oito grupos funcionais. Houve diferenças estruturais e funcionais entre todas as áreas. Apenas a equitabilidade funcional não se mostrou diferente entre áreas e entre ambientes. A área 1 apresentou diferença estrutural entre os ambientes assim como a área 2. A área com menor intensidade de inundação apresentou maior diferença funcional. Desta forma, conclui-se que o Pantanal possui uma diversidade composta por espécies de ampla distribuição, predominantemente do cerrado e do chaco. Os grupos funcionais foram definidos principalmente pelo comportamento de deslocamento horizontal, tipo de ninho, horário de atividade e dieta. A intensidade de inundação pode influenciar os processos de migração e recolonização dos ambientes alagáveis e não alagáveis no Pantanal. A semelhança da equitabilidade pode ser um efeito da assimetria funcional existente na comunidade destes besouros.

Palavras Chave: Ecologia de comunidades, pulso de inundação, Ecologia funcional, Diversidade.

## ABSTRACT

The functional diversity refers to the components of biodiversity that influence ecosystem functioning. The relationships of functional diversity with disturbance can reveal patterns that elucidate the functional stability of environments. In this study we sought to identify the species of dung beetles occurring in the Pantanal, understand how communities are structured functionally and understand the effects of flooding in the functional diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). Scarabaeinae beetles were collected in baited pitfall traps into three different areas of the Pantanal (Site 1, Site 2 and Site 3), each containing environments flooded and not flooded. To identify the functional groups present in the community, nine functional attributes of species were measured. Through the measured attributes we obtained the following estimators of functional diversity: functional richness, functional evenness, functional divergence and RAO index. 25278 individuals were collected, belonging to 35 species and 17 genera. We identified eight functional groups. There were structural and functional differences between all areas. Only functional evenness did not differ between areas and between environments. Site 1 showed the structural difference between the environments as well as the site 2. The area with the lowest intensity of flooding showed greater functional difference. Thus, it is concluded that the Pantanal has a diversity comprises species of wide distribution, predominantly cerrado and chaco. Functional groups were defined by the behavior of horizontal displacement, nest type, activity schedule and diet. The intensity of flooding may influence the processes of migration and recolonization of flooded and non-flooded environments in the Pantanal. The similarity of evenness can be an effect of functional asymmetry existing in the community of these beetles.

Keywords: Community Ecology, Flood Pulse, Functional Ecology, Diversity

## Introdução geral

Distúrbios são eventos relativamente discretos no tempo, que alteram a estrutura do ecossistema, comunidade ou população e que podem mudar a disponibilidade de recursos, de substrato e/ou o microclima (White & Pickett, 1985), podendo ser previsíveis ou não (Poff, 1992). Os efeitos de um distúrbio podem ser negativos, aumentando, por exemplo, a taxa de mortalidade das populações locais; ou positivos, tornando recursos disponíveis para determinados grupos (Dornelas, 2010). Tais efeitos negativos e positivos podem alterar a funcionalidade do ecossistema ao selecionar as espécies que ocupam determinado habitat, rearranjando assim a estrutura da comunidade (Cardinale *et al.*, 2000).

Como um distúrbio pode afetar o estabelecimento ou manutenção da diversidade local, é interessante analisar as relações entre esta e o funcionamento do ecossistema. Neste contexto uma das perguntas é se o aumento ou diminuição da diversidade biológica influencia os processos ecológicos (Scherer-Lorenzen, 2005). Porém a biodiversidade de um ambiente é um conceito amplo. Este conceito pode englobar todas as espécies presentes no habitat, todas as variações genotípicas e fenotípicas destas espécies e a variação espacial e temporal das comunidades e ecossistemas formados pelas mesmas (Tillman, 2001).

Utilizando-se das medidas clássicas da diversidade de uma comunidade, baseadas na identidade das espécies (riqueza) e nas respectivas abundâncias, não é possível acessar as relações destas com a funcionalidade do ambiente (McGill *et al.*, 2006). Ao lidar com as relações de perda de espécies e funcionalidade de um ambiente podemos gerar previsões ou generalizações equivocadas, já que a perda de uma espécie pode comprometer a funcionalidade do ecossistema, enquanto a perda de outra pode ser compensada (Tillman, 1997). A ecologia nomenclatural tende fortemente para regras de contingência e casos específicos (Simberloff, 2004).

Para permitir uma compreensão maior da relação da diversidade com o ambiente vem-se utilizando a diversidade funcional. A Diversidade Funcional é medida através dos valores e da amplitude entre os valores de atributos dos organismos, das espécies presentes no habitat, que influenciam um ou mais aspectos do funcionamento do ecossistema (Diaz & Cabido, 2001). Um atributo é qualquer característica mensurável de um indivíduo que potencialmente altere seu

desempenho ou seu fitness, podendo ser físico, bioquímico, comportamental ou fenológico (Cadotte *et al.*, 2011).

É interessante observar que existe uma correlação entre a riqueza de espécies e a diversidade funcional. Seria comum de se pensar que ao aumentarmos a riqueza aumentaríamos a diversidade funcional, obtendo uma correlação positiva e linear, como descrito por Diaz e Cabido (2001). Entretanto a escolha dos atributos, a métrica utilizada e os filtros ambientais podem gerar um padrão onde a correlação não é linear (Cadotte, 2011). Este padrão pode ocorrer em ambientes temperados, com um conjunto de espécies pequeno. Porém em ambientes com um conjunto grande de espécies, como ambientes tropicais, é comum encontrar a sobreposição de nichos, o que gera uma correlação logística (Cadotte, 2011).

Esta sobreposição de nicho representa uma característica importante de uma comunidade, a redundância funcional, relacionada com a manutenção da funcionalidade do ambiente. Proposta por Walker (1992), a redundância funcional define que espécies podem ser generalizadas em dois grupos: os “motoristas”, que a perda gera grandes implicações; e os “passageiros”, cujas perdas geram pequenas implicações. Tal proposta define então que espécies redundantes são aquelas que compensam a perda de outra espécie num aspecto funcional. O nicho funcional é análogo ao nicho fundamental, onde os eixos representam atributos ou taxas de processos ao invés de eixos ambientais ou de recursos que definem o nicho ecológico (Rosenfield, 2002). Logo, o nicho fundamental define onde e em quais circunstâncias uma espécie irá existir, enquanto o nicho funcional define o efeito ecológico que uma espécie terá em um determinado ambiente (Rosenfield, 2002).

As relações da redundância com o ambiente são de extrema importância e permitem analisar o mesmo quanto sua qualidade, estabilidade e resiliência. O ambiente pode ser um dos fatores que influencia a abundância das espécies dentro de um grupo funcional alterando a redundância de um ambiente (Welnitz, 2001). Um exemplo simples ocorre em ambientes onde se encontram duas espécies que são redundantes, mas que, entretanto, uma delas é favorecida. Neste ambiente a espécie menos favorecida não poderá compensar a função da espécie mais favorecida. A relação de estabilidade funcional do ambiente é mais forte em comunidades com menor riqueza, maior heterogeneidade funcional (maior número

de grupos funcionais) e que possui espécies distribuídas desigualmente entre os grupos funcionais, onde a perda funcional é maior (Fonseca e Ganade, 2001).

Usualmente para obter a diversidade funcional são utilizados índices estimadores, que podem apresentar facetas diferentes desta diversidade, como por exemplo, a riqueza funcional, a equitabilidade funcional, a divergência funcional e o Índice de RAO. Estes quatro índices apresentam facetas diferentes da diversidade funcional e podem ser alterados diferentemente em virtude a determinados processos ecológicos.

A riqueza funcional demonstra o espaço funcional representado pela comunidade, e quando baixa, indica que ou alguns dos recursos (nicho alfa) ou a amplitude de variações ambientais (nicho beta) potencialmente disponíveis para a comunidade estão subutilizados ou ambos (Mason *et al.*, 2005). A equitabilidade funcional representa a equidade da distribuição de abundância dentro do espaço funcional, e quando baixa indica que uma parte do hipervolume do nicho total disponível, mesmo que ocupado, está subutilizado (Manson *et al.*, 2005). Nesse caso a equitabilidade funcional será baixa quando uma parte do hipervolume funcional estiver vazio ou pouco ocupado, estando outra densamente utilizada (Mouchet *et al.*, 2010). A divergência funcional representa o grau que a distribuição das espécies no nicho funcional maximiza a divergência de atributos funcionais na comunidade, e quando apresenta um valor alto, indica um alto grau de diferenciação de nicho, gerando menor competição. Logo comunidades com alta divergência funcional podem ter uma elevada função ecossistêmica como resultado de uma utilização de recursos total mais eficiente (Manson *et al.*, 2005). Por último, o índice de Rao indica a probabilidade média de encontrar duas espécies funcionalmente diferentes aleatoriamente, levando em conta sua abundância; assim, ambientes com poucas espécies e alta dominância tendem a ter um valor baixo assim como ambientes com muitas espécies e baixa dominância tendem a ter um índice alto (Botta-Dukát, 2005).

Esta visão da diversidade é importante, pois estudos demonstram que a diversidade funcional, ao invés da diversidade de espécies, influencia serviços ecológicos como produtividade, resiliência a perturbações e invasões, e regulação de ciclos de matéria (Villéger *et al.*, 2008). Sugere-se que esta abordagem possa também facilitar a generalização de padrões, fazendo a síntese entre a ecologia de comunidades e a ecologia de ecossistemas (Cadotte *et al.*, 2011). Atributos

quantitativos permitiriam uma expansão em direção a propriedades históricas relacionadas à ecologia de comunidades, como evolução de atributos, regras de assembleia, e estruturas filogenéticas (McGill *et al.*, 2006).

Um ambiente de interesse para estudos sobre distúrbios são as planícies submetidas a inundações sazonais, chamados pulsos de inundação. O pulso de inundação se caracteriza pelos processos de cheia e seca e consequentes alagamentos nas planícies e define que rios e suas planícies de inundação são componentes integrados de um único sistema dinâmico, ligado fortemente entre as interações de processos ecológicos e hidrológicos (Junk *et al.*, 1989). No processo de seca e cheia ocorre um fluxo de matéria e sedimentos. O ambiente passa, sazonalmente, por alterações na disponibilidade de área e de recursos (Hamilton, 2002, Junk *et al.*, 1989). Ocorrem também alterações nas dinâmicas populacionais, devido a alterações na dinâmica da mortalidade, migração de espécies aquáticas e adensamento nas áreas não alagadas as espécies terrestres (Hamilton, 2002, Junk *et al.*, 1989). Além disso, a dinâmica do rio transporta sedimentos que podem alterar as propriedades biogeoquímicas das planícies (Gonçalves *et al.*, 2011). Assim ao causar todos estes efeitos podemos definir o pulso de inundação como um distúrbio sazonal e previsível. Esta previsibilidade do regime hidrológico é importante em respeito à evolução de comportamentos, estratégias de histórias de vida e interações competitivas (Resh *et al.*, 1988, Poff, 1997). O pulso de inundação é uma característica marcante do Pantanal Brasileiro. O Pantanal é uma área úmida – uma planície de inundação em uma depressão geográfica (Alho, 2011), localizada no Brasil formada pelo rio Paraguai e seus afluentes da margem leste (Mercante, 2011). Como o pulso de inundação no Pantanal não é regular, este pode ser identificado quanto sua intensidade devido ao acúmulo de precipitação anterior à cheia. Ponce (1985) classifica como mínima, comum, média, extraordinária ou excepcional.

Um grupo de particular interesse no estudo da diversidade e de padrões funcionais em relação ao distúrbio sazonal (enchentes) são os besouros rola-bostas (Scarabeinae), devido sua relação com o uso de fezes como recurso e a grande diversidade e, sobretudo, abundância de mamíferos no pantanal (Junk *et al.*, 2006). Estes besouros desempenham serviços ecológicos importantes, como ciclagem de nutrientes, bioturbação do solo, dispersão secundária de sementes, aumento da incorporação de nitrogênio no solo, supressão de parasitas, controle de moscas,

regulagem trófica e polinização (Nichols, 2008). Outra característica interessante é a resposta rápida a mudanças ambientais (Gardner *et al.*, 2008a) e a alta eficiência no acompanhamento destas mudanças (Gardner *et al.* 2008b). Eles são popularmente conhecidos como rola-bostas por se alimentarem de fezes e outros materiais em decomposição, como carcaças e frutas podres (Halffter & Matthews, 1966). Possuem distribuição por praticamente todo o globo e alta diversidade nas regiões tropicais (Hanski & Cambefort, 1991).

Devido a comportamentos característicos e nas diferentes formas de explorar o recurso estes besouros influenciam em diferentes maneiras o funcionamento do ecossistema. Observando isso alguns autores propuseram e definiram guildas para este grupo. Halffter & Matthews (1966) utilizam o tipo de nidificação para caracterização e definem quatro grupos. Essa classificação representa diferentes variações nos comportamentos e apresenta então uma proposta evolutiva para as relações entre os mesmos.

Outra classificação foi proposta por Bornemissza (1969) e posteriormente expandida por Doube (1990) que define os grupos utilizando as estratégias de alocação de recurso (Bornemissza, 1969), o tamanho e a velocidade de escavação (Doube, 1990): grupo 1 – telecoprídeos grandes, grupo 2 – telecoprídeos pequenos, grupo 3 – paracoprídeos cavadores rápidos, grupo 4 – paracoprídeos cavadores lentos grandes, grupo 5 – paracoprídeos cavadores lentos pequenos, grupo 6 – endocoprídeos e grupo 7 – cleptocoprídeos. Esta estratificação permite aos besouros minimizar a intensa competição pelo recurso limitado, espaço e proteção do recurso à condições ambientais adversas. Os telecoprídeos formam bolas de fezes, que são roladas para longe, enterradas e utilizadas para alimentação e reprodução. Os paracoprídeos criam câmaras subterrâneas abaixo das fezes, sendo muitas vezes construídas antes do recurso ser levado para baixo, e constroem seus ninhos usando as fezes (Bornemissza, 1969). Diferente dos outros grupos mencionados, os endocoprídeos não deslocam o recurso e os cleptocoprídeos roubam ninhos ou bolas criadas por outros besouros (Doube, 1990). Esta última é a classificação mais aceita e utilizada, porém sua generalização em tribos muitas vezes não se aplica em espécies pouco conhecidas. Estes agrupamentos, utilizando os comportamentos como critérios, tem se mostrado em estudos filogenéticos não serem grupos monofiléticos gerando conclusões possivelmente equivocadas nas

análises funcionais através das proporções de espécies telecoprídeas e paracoprídeas (Vaz-de-Mello, 2007).

Esta divisão em guildas é útil, porém não muito eficiente em regiões tropicais como as florestas brasileiras, onde a diversidade é alta e a existência de outros padrões de comportamentos e guildas são encontradas como, predadores de formigas, de milípedes, espécies que apresentam foresia em mamíferos, foresia em gastrópodes, necrófagos, saprófagos, carpófagos e outros (Pereira 1946, Pereira e Martínez, 1956, Halffter, 1959, Halffter & Matthews, 1966, Howden & Young, 1981, Gill, 1991, Vaz-de-Mello et al., 1998). Assim, dado que há uma considerável gama de espécies que não se conhece o comportamento a generalização da proposta de Doube (1980) com base em extrapolação pelo grupo taxonômico mais próximo, pode inserir animais em grupos dos quais estes não fariam. Logo analisar as morfologias dos animais, e utilizar atributos pode auxiliar esta questão propondo novos grupos ou permitindo analisar a existência dos mesmos.

Diferentes filtros ambientais influenciam atributos deste grupo, como por exemplo, o solo (Davis, 1996) e a precipitação (Janzen, 1983) que filtram as espécies grandes ou pequenas. A cobertura vegetal pode filtrar o comportamento de alocação de recurso (Krell, 2003). E a conversão de florestas para pastos, monoculturas, entre outros, que influencia tanto o tamanho das espécies, o período de atividade e a estratégia de nidificação (Nichols *et al.*, no prelo). Assim como, a comunidade de Scarabaeinae é estruturada pelos atributos temporal (em ambientes florestados) e tamanho e abundância das espécies (em ambientes abertos) (Kohlmann e Sánchez-Colón, 1984). Utilizando a diversidade funcional observou-se que os ambientes mais impactados possuíam heterogeneidade funcional maior e diversidade funcional menor que os não impactados (Barragán *et al.*, 2011).

No Pantanal, na época da cheia o ambiente alagável não está disponível para as espécies de besouros rola-bosta, visto que seu recurso e seu local de nidificação estão alagados. É possível que uma das estratégias desenvolvidas para estes organismos seja migrar para áreas secas (Tissiani, 2009). A migração destes indivíduos aumentaria a competição nos ambientes secos, selecionando as espécies. Após o período de inundação, quando a água começa a baixar, espera-se que o ambiente alagável seja recolonizado. A seleção das espécies nestes ambientes pode ser influenciada pela intensidade da inundação, que pode definir o tempo de competição nas comunidades destes ambientes.

Este trabalho está estruturado em dois capítulos em forma de artigo. O primeiro aborda a taxocenose e a estrutura funcional das comunidades de Scarabaeinae de três ambientes do Pantanal de Poconé. O segundo capítulo aborda as métricas funcionais e a estrutura das comunidades de Scarabaeinae em relação à alagabilidade dos ambientes.

## Referências

- ALHO, C. J. R. 2008. Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. **Brazilian Journal of Biology**. 68(4): 957-966.
- ALHO, C. J. R. 2011. Concluding remarks: overall impacts on biodiversity and future perspectives for conservation in the Pantanal biome. **Brazilian Journal of Biology**. 71(1): 337-341.
- BARRAGÁN F., MORENO C. E., ESCOBAR F., HALFFTER G., NAVARRETE D. 2011 Negative Impacts of human land use on dung beetle functional diversity. **PLoS ONE**, 6(3):1-8.
- BORNEMISSZA, G. F. (1969), A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). **Pedobiologia**. 9:223-225.
- BOTTA-DUKÁT, Z. 2005. Rao's Quadratic Entropy as a Measure of Functional Diversity Based on Multiple Traits. **Journal of Vegetation Science**. 16/5: 533-540.
- CADOTTE, M. W., CARSCADDEN, K. & MIROTCHEV, N. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**. 48: 1079-1087.
- CARDINALE, B. J., NELSON, K., & PALMER, M. A. 2000. Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. **Oikos**. 91: 175–183.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A., SEMIR, J., SANTOS, F. A. M. DOS, LEITÃO-FILHO, H. F. 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**. 200:119-135.
- DÍAZ, S. & M. CABIDO. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**. 16: 646-655.
- DAVIS, A. L. V. 1996. Community organization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): differences in body size and functional group structure between habitats. **African Journal of Ecology**. 34: 258-275.
- DORNELAS, M. 2010. Disturbance and change in biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. 365: 3719–3727.
- DOUBE B. M. 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. **Ecological Entomology** 15: 371–383.
- FONSECA, C.R., GANADE, G. 2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. **Journal of Ecology**, 89:118–125.
- GARDNER T. A., HERNÁNDEZ M. I. M., BARLOW J., PERES C. A. 2008a. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, 1-11.

- GARDNER T. A., BARLOW J., ARAUJO I. S., AVILLA-PIRES T.C., BONALDO A. B., COSTA J. E., ESPOSITO M. C., FERREIRA L. V., HAWES J., HERNANDEZ M. I. M., HOOGMOED M. S., LEITE R. N., LO-MAN-HUNG N. F., MALCOM J. R., MARTINS M. B., MESTRE L. A. M., MIRANDA-SANTOS R., OVERAL W. L., PARRY L., PETERS S. L., RIBEIRO-JUNIOR M. A., SILVA M. N. F. DA, MOTTA C. DA S., PERES C. A. 2008b. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, 11:139-150.
- GONÇALVES H. C., MERCANTE, M. A. & SANTOS E. T. 2011. Hydrological Cycle. **Brazilian Journal Biology**. 71. 1: 241-253.
- GILL, B. D. 1991. Dung Beetles in tropical American forests. **IN: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (Eds). Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 305-29.
- HALFFTER, G. 1959. Etología y paleontología de Scarabaeinae. **Ciencia (Méx.)** 19(8-10): 156- 178.
- HALFFTER, G.; MATHEWS, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**. 12/14: 1-312.
- HAMILTON, S.K. 2002. Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland (Brazil). P. 133-158. In: McClain, M. (Ed.). The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands. Manaus, International Association of Hydrological Sciences.
- HANSKI, I., CAMBEFORT, Y. 1991. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton. 481 p.
- HOWDEN, H. F. & YOUNG, O. P. 1981. Panamanian Scarabaeinae: Taxonomy, distribution, and habits (Coleoptera, Scarabaeidae). **Contribution of the American Entomological Institute**. 18:1-204.
- JANZEN, D. H. 1983. Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pasture. **Oikos**. 41: 274-283.
- JUNK, W. J., BAYLEY, P. B., SPARKS, R. E. 1989. The flood pulse concept in riverfloodplain systems, p. 110-127. **In: Dodge, D. P. (ed.) Proceedings International Large River Symposium (LARS)**.
- KOHLMANN, B., S. SÁNCHEZ-COLÓN. 1984. Structure of a Scarabaeinae community: A numerical-behavioural study (Coleoptera: Scarabaeinae). **Acta Zoologica Mexicana**. 2:1-27.
- KRELL F.-T., KRELL-WESTERWALBESLOH S., WEIß I., EGGLETON P., LINSENMAIR, K. E. 2003. Spatial separation of Afrotropical dung beetle guilds: a trade-off between competitive superiority and energetic constraints (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecography** 26: 210-222.
- MASON, N.W.H., MACGILLIVRAY, K., STEEL, J.B. & WILSON, J.B. 2003. An index of functional diversity. **Journal of Vegetation Science**. 14:571-578.
- MASON, N. W. H, D. MOUILLOT, W. G. LEE, AND J. B. WILSON. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**. 111:112-118.
- MCGILL, B. J., ENQUIST, B. J., WEIHER, E., WESTOBY, M. (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology and Evolution**. 21:178-185.
- MERCANTE, M. A., RODRIGUES, S. C. & ROSS, J. L. S. 2011. Geomorphology and habitat diversity in the Pantanal. **Brazilian Journal of Biology**. 71. 1: 233-240

- MOUCHET, M. A., VILLÉGER, S., MASON, N. W. H. AND MOUILLOT, D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology**. 24: 867–876.
- NICHOLS E., SPECTOR S., LOUZADA J., LARSEN T., AMEZQUITA S., FAVILA M. E., The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological Functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141:1461-1474.
- NICHOLS, E., URIARTE, M., BUNKER, D. E., FAVILA, M. E., SLADE, E. M., VULINEC, K., LARSEN, T., VAZ-DE-MELLO, F. Z., LOUZADA, J., NAEEM S., SPECTOR, S. H. In press. Trait-dependent response of dung beetle populations to tropical forest conversion at local and regional scales. **Ecology**. <http://dx.doi.org/10.1890/12-0251.1>
- PEREIRA, F.S. 1946. Escarabeideos Americanos. *In*: Sociedade Brasileira de Entomologia (ed.). *Livro de Homenagem a Romualdo Ferreira d'Almeida*. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado. pp. 289-294.
- PEREIRA, F.S. e A. MARTÍNEZ. 1956. Os gêneros de Canthonini Americanos. **Revista Brasileira de Entomologia** 6: 91-192.
- POFF, N. L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 16: 391–409.
- PONCE, V. M. 1995. Impacto hidrológico e ambiental da Hidrovia Parana-Paraguai no Pantanal Matogrossense. San Diego State University, report prepared for the C. S. Mott Foundation, 144 p.
- PRODEAGRO, 1997. Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso. Governo do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: Meio Biótico.
- RESH, V. H., BROWN, A. V., COVICH, A. P., GURTZ, M. E., LI, H. W., MINSHALL, G. W., REICE, S. R., SHELDON, A. L., WALLACE, J. B. AND WISSMAR, R. C. 1988. The role of disturbance in stream ecology. **Journal of the North American Benthological Society**. 7:433-455.
- RICOTTA, C. 2005. A note on functional diversity measures. **Basic and Applied Ecology** 6:479-486.
- ROSENFELD, J. S. 2002. Functional redundancy in ecology and conservation. **Oikos**. 98: 156–162.
- SCHERER-LORENZEN, M. 2005. Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. In: Barthlott W, Linsenmair KE, Porembski S (eds) **Biodiversity: Structure and Function**. In **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**, vol Developed under the Auspices of the UNESCO. EOLSS Publisher, Oxford.
- TILLMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. & SIEMANN, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**. 277: 1300-1302.
- TILLMAN, D. 2001. Functional diversity. In: Levin SA, ed. **Encyclopedia of biodiversity**. San Diego: Academic Press. pp 109-120.
- TISSIANI, A. S. O. 2009. Composição da comunidade de Scarabaeidae coprófagos (Insecta, Coleoptera), em uma área na região norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil. 88 p. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z., LOUZADA, J. N. C., SCHOEREDER, J. H. 1998. New data and comments 16 on Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) associated

- with Attini (Hymenoptera: Formicidae). **The Coleopterists' Bulletin**. 52:109-116.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2007. REVISIÓN TAXONÓMICA Y ANÁLISIS FILOGENÉTICO DE LA TRIBU ATEUCHINI (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Tese de Doutorado. 238p.
- VILLÉGER S., MASON N. W. H., D. MOUILLOT. 2008. New Multidimensional Functional Diversity Indices for a Multifaceted Framework in Functional Ecology. **Ecology**. 89/8: 2290-2301.
- WALKER, B. H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. **Conservation Biology**. 6: 18–23.
- WELLNITZ, T., POFF, N. L. 2001. Functional redundancy in heterogeneous environments: implications for conservation. **Ecological Letters**. 4, 177-179.
- WHITE, A.S. & PICKETT, S.T.A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. **In**: The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics (eds Pickett, S.T.A. & White, P.S.). Academic Press, New York, pp. 3–13.

# Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) do Pantanal de Poconé: Taxocenose e categorização funcional.

Marcelo Bruno Pessôa, Thiago Junqueira Izzo e Fernando Zagury Vaz-de-Mello.  
A ser submetido na Biota Neotropica

## Resumo

Os besouros da subfamília Scarabaeinae são popularmente conhecidos como rola bostas e desempenham importantes serviços ambientais. Neste estudo procurou-se identificar as espécies de besouros rola-bostas que ocorrem no Pantanal e entender como a comunidade se estrutura funcionalmente. Foram coletados besouros Scarabaeinae com armadilhas de queda iscadas em três ambientes diferentes do Pantanal. Através de atributos obtidos das espécies coletadas caracterizou-se funcionalmente a comunidade. Foram coletados 25278 indivíduos, pertencentes a 35 espécies e 17 gêneros. Foram identificados oito grupos funcionais. O Pantanal possui uma diversidade composta por espécies de ampla distribuição, predominantemente do cerrado e do chaco. Os grupos funcionais foram definidos principalmente pelo comportamento de deslocamento horizontal, tipo de ninho, horário de atividade e dieta.

Palavras chave: grupos funcionais, deslocamento horizontal, atributos funcionais.

## Introdução

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera) são popularmente conhecidos como rola-bostas por se alimentarem de fezes e outros materiais em decomposição, como carcaças e frutas podres (Halffter e Matthews, 1966). Estes besouros são cosmopolitas e atualmente são registradas 5900 espécies válidas (SCARABNET, 2013). No Brasil são reportadas 800 espécies, porém estimativas chegam a possíveis 2000 espécies (Vaz-de-Mello, dados não publicados). Estes besouros provêm vários serviços ecológicos (Nichols, 2008) e respondem rapidamente a mudanças ambientais (Gardner *et al.*, 2008a). Devido à alta eficiência a respostas ambientais, mostram-se bons bioindicadores (Gardner *et al.*, 2008b). Possuem distribuição por praticamente todo o globo e alta diversidade nas regiões tropicais (Hanski e Cambefort, 1991)

Devido a comportamentos característicos e nas diferentes formas de explorar o recurso estes besouros influenciam em diferentes maneiras o funcionamento do ecossistema. Observando isso alguns autores propuseram e definiram guildas para este grupo. Halffter & Matthews (1966) utilizam o tipo de nidificação para caracterização e definem quatro grupos. Essa classificação representa diferentes

variações no comportamento e apresentava então uma proposta evolutiva para as relações entre os mesmos.

Outra classificação foi proposta por Bornemissza (1969) e posteriormente expandida por Doube (1990) que define os grupos utilizando as estratégias de alocação de recurso (Bornemissza, 1969), o tamanho e a velocidade de escavação (Doube, 1990): grupo 1 – telecoprídeos grandes, grupo 2 – telecoprídeos pequenos, grupo 3 – paracoprídeos cavadores rápidos, grupo 4 – paracoprídeos cavadores lentos grandes, grupo 5 – paracoprídeos cavadores lentos pequenos, grupo 6 – endocoprídeos e grupo 7 – cleptocoprídeos. Esta estratificação permite aos besouros minimizar a intensa competição pelo recurso limitado, espaço e proteção do recurso às condições ambientais adversas. Os telecoprídeos formam bolas de fezes, que são roladas para longe, enterradas e utilizadas para alimentação e reprodução. Os paracoprídeos criam câmaras subterrâneas abaixo das fezes, sendo muitas vezes construídas antes do recurso ser levado para baixo, e constroem seus ninhos usando as fezes (Bornemissza, 1969). Diferente dos outros grupos mencionados, os endocoprídeos não deslocam o recurso e os cleptocoprídeos roubam ninhos ou bolas criadas por outros besouros (Doube, 1990).

Esta divisão em guildas é interessante, porém não muito eficiente em regiões tropicais como as florestas brasileiras, onde a diversidade é alta e a existência de outros padrões de comportamentos e guildas não só são possíveis como foram amostrados, predadores de formigas, de milípedes, espécies que apresentam foresia em mamíferos, foresia em gastrópodes, necrófagos, saprófagos, carpófagos e outros (Pereira, 1946; Pereira e Martínez, 1956; Halffter, 1959; Halffter e Matthews, 1966; Howden e Young, 1981; Gill, 1991; Vaz-de-Mello *et al.*, 1998). Assim esta generalização pode inserir animais em grupos dos quais estes não fariam parte sem contar a gama de espécies que não se conhece o comportamento. Logo analisar as morfologias dos animais, e utilizar atributos pode auxiliar esta questão propondo novos grupos ou permitindo analisar a existência dos mesmos.

O Pantanal não possui uma lista condensada de espécies destes besouros, embora existam alguns estudos na região (Aidar, 2000, Lopes, 2000, Silva *et al.*, 2005, Louzada *et al.*, 2007; Tissiani, 2009, Rodrigues *et al.*, 2010). Através de consulta na Coleção Entomológica da Universidade Federal de Mato Grosso e coletas realizadas em outras regiões são estimadas 71 espécies (Pessôa, dados não publicados). O Bioma Pantanal é uma Área úmida localizada no Brasil, formada

pela planície de inundação do rio Paraguai e seus afluentes da margem esquerda (Mercante, 2011). Áreas úmidas são regiões heterogêneas compostas por associações de terra e áreas alagadas e/ou alagáveis que desempenham uma série de serviços ecológicos (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

O Pantanal devido a sua heterogeneidade de ambientes é subdividido em regiões. Conforme Silva & Abdon (1998), os critérios adotados para a delimitação do Pantanal e classificação das suas sub-regiões são o relevo, inundação, solo e vegetação. Entre as sub-regiões está o Pantanal de Poconé que corresponde a 11,63% da área do Pantanal. Nesta região 52% da área é identificada como savana, mas ainda são encontradas savanas arbóreas, savanas gramíneo-lenhosas, savanas florestadas e formações pioneiras (Abdon, 2006). Suas áreas alagáveis podem ser classificadas em três zonas de acordo com a intensidade de inundação: áreas de acumulação de intensidade fraca, com lâmina d'água de até 0,5 m; de intensidade média, com lâmina d'água de 0,5 até 1 m, e de intensidade forte, com lâmina d'água maior que 1 m (Abdon, 2006). Assim pretendemos inventariar a fauna de Scarabaeinae na região e identificar os grupos funcionais dos indivíduos coprófagos presentes na comunidade.

## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado no Pantanal de Poconé, Mato Grosso, em uma área localizada no trecho entre o rio Bento Gomes e a Base Avançada de Estudos da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada na propriedade do SESC Pantanal, próximo ao rio Cuiabá (Figura 1). Para a amostragem foram utilizadas três áreas para coleta: área 1, na fazenda Conceição (56W 30' 19", 16S 19' 50"), com a presença de campos de murundus e cordilheira com vegetação savânica (Nunes da Cunha & Junk, 2009), área com menor intensidade de inundação; área 2, na fazenda Alvorada (56W 24' 45", 16S 26' 54"), com a presença de floresta seca com formação monodominante de *Callisthene fasciculata* (Mart.) Spreng. (Nunes da Cunha & Junk, 2009), área com intensidade de inundação mediana; e área 3, Baía das Pedras (56W 24' 05", 16S 30' 11"), com a presença de floresta semi-decídua (Nunes da Cunha & Junk, 2009), sendo a área com maior intensidade de inundação. Tanto a fazenda Conceição, quanto a fazenda Alvorada possuem criação de gado.

## **Coleta dos dados**

Em cada área foram dispostas 20 armadilhas de queda iscadas, espaçadas 50 metros entre si, compostas por um pote de plástico de um litro, com abertura de 14 cm, com isca de fezes em um recipiente de plástico de 50 ml, suspensa por arame. As armadilhas permaneceram nos locais por 48 horas. As coletas foram realizadas nos períodos da inundação, sendo estes: seca (22 a 26/VII/2011), enchente (16 a 23/XI/2011), cheia (30/III/2012 a 03/IV/2012) e vazante (14 a 23/V/2012). Os besouros coletados foram depositados na Coleção Entomológica da UFMT, localizada no Centro de Biodiversidade e identificados pelo especialista Dr. Fernando Zagury Vaz de Mello.

## **Atributos Funcionais**

Dentre os indivíduos coletados, quando possível, trinta de cada espécie foram medidos para a obtenção dos seguintes atributos funcionais:

1) atributos físicos:

a) tamanho: definido pelo comprimento do pronoto somado ao comprimento do élitro a fim de evitar variações devido à posição da cabeça ou do pigídio do indivíduo. O tamanho do indivíduo interfere na quantidade de fezes alocada por ele, e é um indicador da quantidade de recursos por ele consumida na fase de larva;

b) razão da área da asa/comprimento do corpo: com esta métrica pode-se inferir sobre a capacidade de dispersão do indivíduo, uma vez que uma maior razão deve implicar em menor esforço de sustentação de voo, esse atributo pode interferir no momento de recolonização das áreas visto que as espécies com maior dispersabilidade podem obter vantagem ao colonizar primeiramente um ambiente.

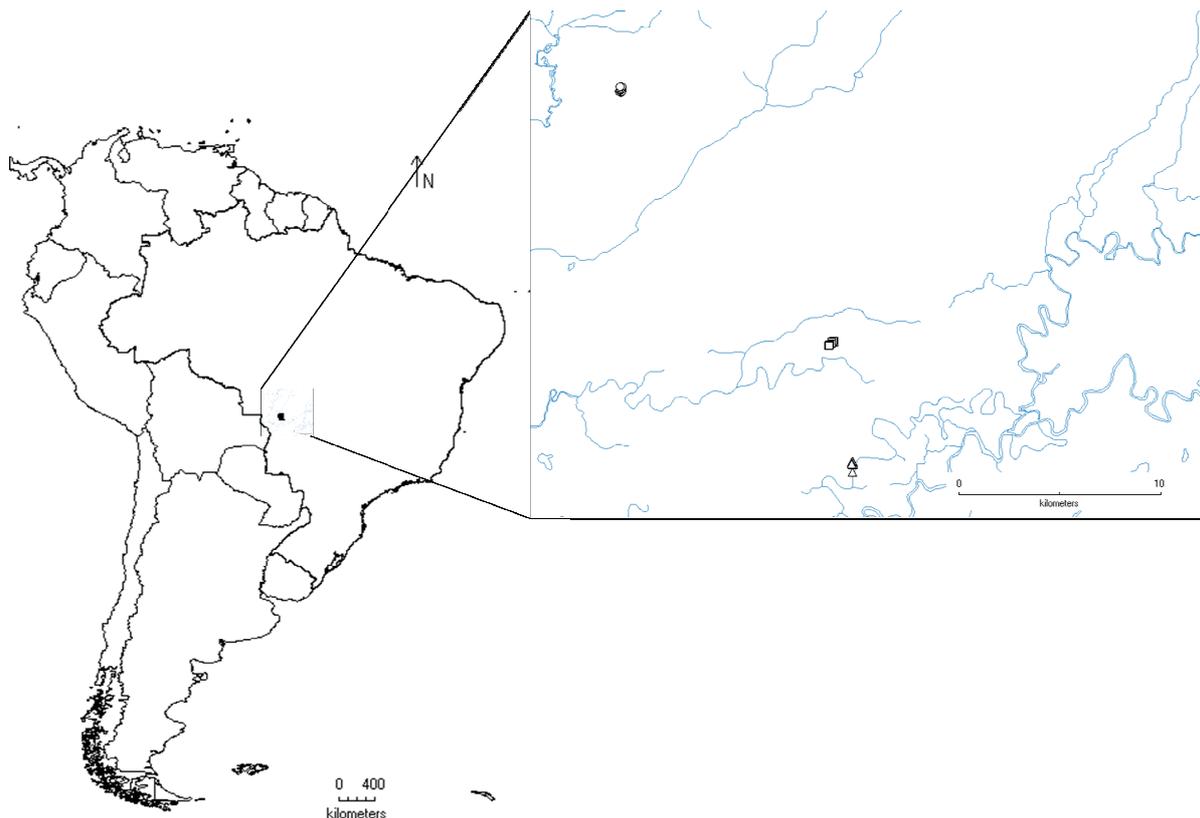


Figura 1: Localização geográfica dos pontos onde foram realizadas as coletas dos dados do presente estudo, Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Os círculos representam a Área 1, na Fazenda Conceição, os quadrados representam a Área 2, na Fazenda Alvorada e os triângulos representam a Área 3, na RPPN SESC Pantanal. As coletas foram realizadas entre os meses de agosto de 2011 a maio de 2012.

c) área da tíbia anterior: estima-se que o indivíduo com maior área da tíbia possui mais capacidade muscular e conseqüentemente uma maior capacidade de escavação revolvendo mais material ao escavar;

d) altura do protórax: devido à inserção dos músculos das pernas anteriores estarem situados nesta região, indivíduos com maior altura do protórax deve ter mais massa muscular, sugerindo maior capacidade de escavação;

e) razão da largura apical da tíbia média / comprimento da tíbia média: esta razão aparentemente separa as espécies com comportamento rolagador de espécies com hábito cavador. Apresentando tíbias finas em espécies rolagadoras e tíbias largas em espécies cavadoras, sendo que espécies que não possuem estes comportamentos apresentam padrões tanto de tíbias finas como tíbias largas (Vaz-de-Mello, dados não publicados).

2) atributos comportamentais, estes atributos foram medidos de forma binária dada a presença(1) ou não(0) do comportamento. Com exceção do primeiro, todos os comportamentos descritos foram definidos consultando a literatura pertinente e aproximações filogenéticas:

a) generalismo no uso do recurso: espécies que utilizam mais de um devem estar sujeitas a menor competição direta em ambientes instáveis. Este atributo foi definido através do método não padronizado de largura de nicho de Levins dado pela fórmula:

$$\text{Equação 1} \quad B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

Onde  $p_j$  é a proporção de indivíduos encontrados no recurso  $j$ . Este índice possui a vantagem de diferenciar espécies que utilizam um diferente número de recursos, sendo que quanto maior a largura de nicho maior a capacidade generalista da espécie (Falqueto *et al.*, 2005).

Para obter as proporções, foram aleatorizados cinco pontos em cada área, onde foram pareadas armadilhas com isca de fezes e isca de baço bovino podre. E como controles foram utilizados os dados de armadilhas sem isca utilizadas em estudo anterior na mesma área (Carneiro, 2012).

b) deslocamento horizontal: o deslocamento horizontal é o comportamento de deslocar o recurso a ser utilizado distante da fonte de recurso, esse deslocamento difere da atividade de escavação por ser horizontal. Este comportamento permite ao besouro diminuir a intensidade de competição ao deslocar para longe da fonte de recurso uma bola do mesmo para se alimentar, ou acasalar;

c) construção de ninho: algumas espécies de besouros rola-bostas possuem complexo cuidado parental, o que pode aumentar o fitness do indivíduo ao tornar ambientes instáveis para o desenvolvimento da larva em ambientes estáveis.

d) formação de bola ou pera ninho: algumas espécies ao construir o ninho criam estruturas em forma de bola ou pera para o desenvolvimento da larva, gerando um ambiente mais favorável para a mesma.

3) atributo fenológico: a variação temporal é considerado um mecanismo de segregação ecológica entre espécies potencialmente competidoras (Feer And Pincebourde, 2005).

### **Categorização funcional**

Através da matriz com os dados dos atributos foi calculada a dissimilaridade entre as espécies utilizando o Índice de Gower. A partir desta distância foi calculada a categorização dos grupos. Foi utilizando um método de agrupamento não hierárquico por repartição, o método de k-Médias. O método k-Médias produz exatamente k diferentes conjuntos com a maior distinção possível entre eles. Este

método é utilizado com a determinação a priori do número de grupos a ser encontrados. Para esta determinar o número de grupos, foram utilizadas 100 aleatorizações do número de grupos iniciais, e para definir a melhor partição foi utilizado o critério de Calinski (Calinski e Harabasz, 1974), onde quando as partições apresentam variação intragrupos menor que a variação intergrupos é uma classificação útil. A partir dessas partições foram obtidos os grupos.

## Resultados e discussão

### Taxocenose

Foram coletados 25278 indivíduos (Tabela 1), pertencentes a 17 gêneros e 35 espécies. As cinco espécies mais abundantes foram *Canthidium* sp.1 (39,90%), *Ontherus sulcator* (14,24%), *Canthidium barbacenicum* (8,88%), *Ateuchus* sp. (6,46%) e *Uroxys* aff. *corporaali* (6,31%), que juntas representaram 65,78% dos indivíduos coletados. Na área 1 as espécies mais abundantes foram *C. barbacenicum* (24,63%), *Uroxys* aff. *corporaali* (17,79%), *Ateuchus* sp. (12,92%), *Ontherus appendiculatus* (9,23%) e *Ateuchus carbonarius* (6,58%) que representaram 71,15% dos indivíduos coletados na área. Na área 2 as espécies mais abundantes foram *O. sulcator* (33,58%), *Canthon daguerrei* (23,88%), e *Canthidium* sp.1 (17,86%) que juntas representaram 75,32% dos indivíduos coletados na área. Na área 3 as espécies mais abundantes foram *Canthidium* sp.1 (57,33%), *Otherus sulcator* (15,71%), e *Eurysternus caribaeus* (10,77%) que juntas totalizaram 83,81% dos indivíduos coletados na área.

Dentre as espécie encontradas em comum a outros estudos, *Dichotomius bos*, *Dichotomius nisus* e *Canthon lituratus*, foram espécies coletadas nos ambientes alagáveis (Silva *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.* 2010) e *Canthidium barbacenicum* foi encontrado nas áreas secas (Louzada *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2010; Lopes, 2000). *Trichillum externepunctatum* foi encontrado tanto em ambientes alagáveis (Lopes, 2000) quanto em ambientes não alagáveis (Louzada *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2010). Ressalta-se a presença de *Digitonthophagus gazella*, espécie invasora introduzida no Brasil com intuito de controlar a incidência das moscas-de-chifre (Miranda *et al.*, 1990), que embora presente está em baixa abundância.

*Eurysternus caribaeus*, *Ateuchus* sp., *Onthophagus* aff. *hirculus*, *Canthidium barbacenicum*, *Canthidium* sp.1, *Ontherus sulcator* e *Trichillidium quadridens* foram

as espécies com que ocorreram em todos os ambientes. *Dichotomius bos* e *Dichotomius nisus* são espécies comuns de pastos e do cerrado (Louzada *et al.*, 2007) e ocorreram nas áreas de vegetação savânica e de floresta seca (área 1 e 2). *Trichillum externepunctatum* e *Ontherus appendiculatus* ocorrem por quase toda a América do Sul (Vaz-de-Mello, 2008, Génier, 1996) e foram abundantes nos ambientes coletados. O gênero *Canthon* Hoffmansegg, 1817 é o gênero de maior riqueza, este gênero é exclusivamente americano e a maioria de suas espécies são neotropicais (Vaz-de-Mello, 1999). Destaca-se o primeiro registro de *Ontherus digitatus* no Pantanal, essa espécie ocorre nos pampas argentinos, chaco e mata atlântica (Génier, 1996).

Embora a maioria das espécies encontradas possua ampla distribuição (dados de Edmonds, 1994; Génier, 1996; Louzada *et al.*, 2007; Vaz-de-Mello, 2008; Génier, 2009; Edmonds & Zidek, 2010), a comunidade de besouros do Pantanal é composta, principalmente, por espécies que ocorrem no chaco e no cerrado, visto que entre os ecossistemas onde as espécies amostradas se distribuem, estes são os mais comuns.

### **Categorização funcional**

Ao analisar as partições obtidas pelas aleatorizações obtêm-se duas partições de interesse. A primeira partição consiste de dois grupos funcionais (Tabela 2) e a segunda, 8 grupos (Tabela 3).

A primeira partição é formada por um grupo de espécies que formam bola ou pera ninho, possuem atividade diurna ou mista e quando noturno apresenta deslocamento horizontal. Já o outro grupo apresenta espécies que não formam bola ou pera ninho e possuem atividade noturna ou mista.

A segunda partição, que apresenta oito grupos é caracterizada da seguinte maneira:

Grupo 1: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, fazem bola ou pera-ninho, são menores que 15mm e são noturnas. Neste grupo estão as espécies: *Ontherus appendiculatus*, *Ontherus digitatus*, *Ontherus sulcator*;

Grupo 2: Espécies que deslocam horizontalmente o recurso e são noturnas. Neste grupo estão as espécies: *Anisocanthon aff. vilosus*, *Deltochilum elongatum*, *Malagoniella astyanax* ;

Grupo 3: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, fazem bola ou pera-ninho, são menores que 15mm e possuem atividade mista. Neste grupo estão as espécies: *Eurysternus caribaeus*, *Eurysternus nigrovirens*;

Grupo 4: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, não fazem bola ou pera-ninho, são menores que 6mm. Neste grupo estão as espécies: *Ateuchus carbonarius*, *Ateuchus sp.1*, *Genieridium cryptops*, *Onthophagus aff. hirculus*, *Trichillidium quadridens*, *Trichillum externepunctatum*, *Uroxys aff. corporaali*.

Grupo 5: Espécies que deslocam horizontalmente o recurso e são diurnas. Neste grupo estão as espécies: *Canthon daguerrei*, *Canthon histrio*, *Canthon lituratus*, *Canthon maldonadoi*, *Canthon mutabilis*, *Canthon ornatus*, *Canthon quinquemaculatus*.

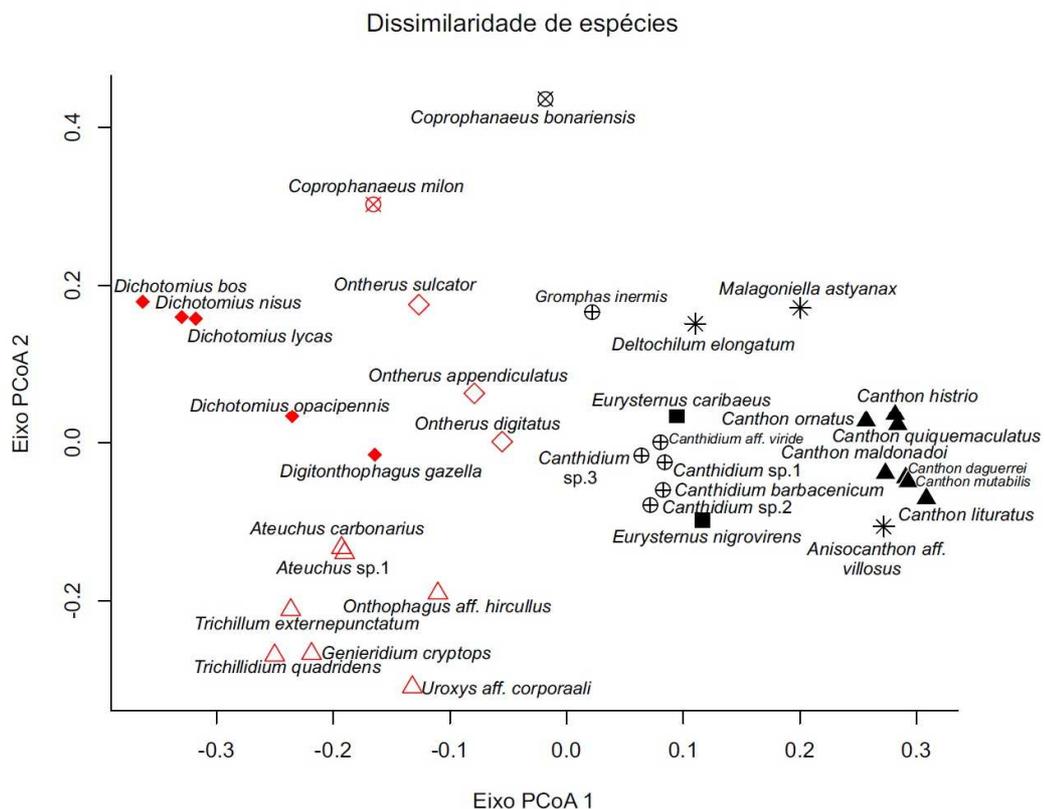


Figura 2: Ordenação das espécies de rola-bosta (Coleoptera; Scarabaeinae), coletadas na sub-região de Poconé, Pantanal, Mato Grosso, Brasil, por PCoA usando o índice de dissimilaridade de Gower usando a matriz funcional, onde as cores e os símbolos representam os grupos identificados pelo método k médias. Sendo: cores representam os grupos da primeira partição, onde a cor preta representa o grupo A e a cor vermelha o grupo B; e os símbolos representam os grupos da segunda partição, onde: losango vazado= grupo 1, asterisco= grupo 2, quadrado preenchido: grupo 3, triângulo vazado=grupo 4, triângulo preenchido= grupo 5, bola cruzada= grupo 6, losango preenchido= grupo 7 e bola cruzada= grupo 8.

Grupo 6: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, fazem bola ou pera-ninho e são maiores que 15mm. Neste grupo estão as espécies. *Coprophanaeus bonariensis* e *Coprophanaeus milon*.

Grupo 7: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, não fazem bola ou pera-ninho, são maiores que 6mm. Neste grupo estão as espécies: *Dichotomius bos*, *Dichotomius lycas*, *Dichotomius nisus*, *Dichotomius opacipennis*, *Digitonthophagus gazella*.

Grupo 8: Espécies que não deslocam horizontalmente o recurso, fazem bola ou pera-ninho, são menores que 15mm e são diurnas. Neste grupo estão as espécies: *Canthidium aff. viride*, *Canthidium barbacenicum*, *Canthidium sp.1*, *Canthidium sp.2*, *Canthidium sp.3*, *Gromphas inermis*.

As duas classificações demonstraram serem robustas entre si, visto que das espécies presentes, apenas o grupo 6 apresenta se dividir na primeira partição. *Coprophanaeus bonariensis* e *Coprophanaeus milon*, são duas espécies crepusculares, sendo separadas neste estudo em diurna e noturna por dados de coleta de *Coprophaneus bonariensis* em armadilhas de rede de neblina (Vaz-de-Mello, dados não publicados), sendo assim a espécie foi identificada como matinal. A primeira classificação tem o período de atividade como uma característica importante na delimitação dos grupos. A influência dos atributos de período de atividade e da formação de bola ou pera ninho foi determinante na primeira partição.

O cuidado parental em rola-bostas é uma característica que está ligada ao sucesso adaptativo e evolutivo deste grupo (Hallfiter & Edmonds, 1982). Acontece principalmente antes da oviposição no cuidado da construção do ninho e da massa fecal do mesmo (Hallfiter & Edmons, 1982). Assim na primeira partição nota-se que o ninho, mais especificamente o tipo de ninho construído é uma característica funcionalmente importante que define a comunidade em dois grandes grupos, em conjunto com o período de atividade. Em vista o recurso efêmero utilizado por estes besouros, a intensa competição pelo mesmo contribuiu para a evolução do comportamento de voo dos besouros, onde cada espécie voa por um limitado, e geralmente diferente, período do dia (Caveney *et al.*, 1995). Deste modo a segregação temporal da comunidade é um fator importante para a coexistência das espécies de besouros e é direcionado principalmente pela competição interespecífica (Feer & Pincebourde, 2005).

Esta classificação em dois grupos torna-se interessante para generalizações filogenéticas vista que apenas o gênero *Coprophanaeus* está dividido entre os dois grupos. Este gênero está representado no trabalho com duas espécies que em recente revisão estão incluídas em dois subgêneros diferentes. *Coprophanaeus*

*bonariensis* está inserido no subgênero *Megaphanaeus* Olsoufieff, 1924 e *Coproghanaeus milon* está inserido no subgênero *Coproghanaeus* Olsoufieff, 1924 (Edmonds & Zidek, 2010).

Na segunda partição, que forma oito grupos, a classificação parece intermediária entre os agrupamentos propostos por Doube (1990) e Halffter & Matthews (1966), visto que os atributos de velocidade de deslocamento (usados no primeiro) não foram tomados em conta e os relativos ao tipo de ninho (extremamente detalhados no segundo) foram menos detalhados, por falta de informações disponíveis. É interessante observar que o período de atividade e o tamanho também são atributos que definem funcionalmente a comunidade, o que demonstra a clara divisão funcional entre as espécies noturnas e diurnas (Krell *et al.*, 2003). Tem-se a presença de dois atributos relacionados ao sucesso reprodutivo e dois atributos relacionados à diferenciação de nicho. Ambos os casos podem ser atribuídos como respostas à competição pelo recurso escasso utilizado pelos besouros (Simmons & Ridsdill-Smith, 2011). Os atributos utilizados e os grupos criados na segunda partição permitem analisar funcionalmente a comunidade e é possível que apresentem forte inércia filogenética. Porém esta inércia é a certo modo esperada tendo-se em vista que os mesmos atributos morfológicos que influenciam funcionalmente a comunidade são utilizados em estudos filogenéticos. Os grupos formados apresentam apenas espécies com convergência de atributos, que por sua vez, apresentam similaridade funcional.

Considerando que espécies presente no mesmo grupo funcional compitam entre si, pela convergência na exploração do recurso, *Digitonthophagus gazella*, de acordo com esta classificação, compete com as espécies *Dichotomius bos*, *Dichotomius lycas*, *Dichotomius nisus* e *Dichotomius opacipennis*. Devido à baixa abundância de *D. gazella* (Tabela 1), é possível que esta espécie não tenha capacidade de compensar ou excluir as outras espécies do mesmo grupo.

## **Conclusão**

De acordo com o levantamento ocorrem na área 35 espécies de ampla distribuição, principalmente do cerrado e do chaco e funcionalmente a comunidade se estrutura em oito grupos funcionais definidos pelos atributos de comportamento de deslocamento horizontal, tipo de ninho, período de atividade e tamanho.

## Agradecimentos

Agradeço ao CNPQ, FAPEMAT, INAU, e CPP, pelo apoio logístico e financeiro para a realização deste estudo. Aos laboratórios de Rolabostologia e de Ecologia de Artrópodes (LETA) ao suporte logístico e humano. A todos que colaboraram com as coletas Eliandra Meurer, Wesley Datilo, Douglas Braga, Seu Chico, Seu Adolfo, Dona Doca. E pelas ajudas, contribuições e suporte a Tatiana Souza do Amaral.

## Referências

- ABDON, M. M., SILVA, J. S. V. 2006. Fisionomias da vegetação nas sub-regiões do Pantanal. Embrapa Informática Agropecuária/INPE. Campinas, SP. Cd-rom.
- AIDAR, T.; W. W. KOLLER; S. R. RODRIGUES; A. M. CORRÊA; J. C. C. SILVA; O. S. BALTA; J. M. OLIVEIRA & V. L. OLIVEIRA. 2000. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauana, MS. Brasil. **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**. 29(4): 817-820.
- BOONROTPOONG S., SOTTHIBANDHU S., SATASOOK C. 2012. Species turnover and diel flight activity of species of dung beetles, *Onthophagus*, in the tropical lowland forest of peninsular Thailand. **Journal of Insect Science**. 12(77):1-14.
- CALINSKI R. B., HARABASZ, J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. **Communications in Statistics**. 3: 1–27.
- CAVENEY, S., SCHOLTZ, C. H., MCINTYRE, P. 1995. Patterns of daily flight activity in onitine dung beetles (Scarabaeinae: Onitini). **Oecologia**. 103(4):444-452.
- DOUBE B. M. 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. **Ecological Entomology** 15: 371–383.
- EDMONDS, W. D. 1994. Revision of *Phanaeus* Macleay, a New World genus of Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Natural History Museum of Los Angeles County**. 1-105.
- EDMONDS, W. D., ZIDEK, J. 2010. A taxonomic review of the neotropical genus *Coproghanaeus* Olsoufieff, 1924(Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Insecta Mundi**. 0129: 1-111.
- ENDRES, A. A., HERNÁNDEZ M. I. M., CREÃO-DUARTE A. J. 2005. Considerações sobre *Coproghanaeus ensifer* (Germar) (Coleoptera: Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 49: 427-429.
- FALQUETO, S. A., VAZ-DE-MELLO, F., SCHOEREDER, J.H. 2005. Are fungivorous Scarabaeidae less specialist? **Ecología Austral**. 15: 17-22.
- FEER F., PINCEBOURDE S. 2005. Diel flight activity and ecological segregation within an assemblage of tropical forest dung and carrion beetles. **Journal of Tropical Ecology**. 21: 21- 30.
- GARDNER T. A., HERNÁNDEZ M. I. M., BARLOW J., PERES C. A. 2008a. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, 1-11.
- GARDNER T. A., BARLOW J., ARAUJO I. S., AVILLA-PIRES T.C., BONALDO A. B., COSTA J. E., ESPOSITO M. C., FERREIRA L. V., HAWES J., HERNANDEZ M. I. M., HOOGMOED M. S., LEITE R. N., LO-MAN-HUNG N.

- F., MALCOM J. R., MARTINS M. B., MESTRE L. A. M., MIRANDA-SANTOS R., OVERAL W. L., PARRY L., PETERS S. L., RIBEIRO-JUNIOR M. A., SILVA M. N. F. DA, MOTTA C. DA S., PERES C. A. 2008b. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, 11:139-150.
- GÉNIER, F. 1996. A revision of the Neotropical genus *Ontherus* Erichson. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**. 170: 1-169.
- GÉNIER, F. 2009. Le genre *Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini), revision taxonomique et clés de détermination illustrées. Sofia: Pensoft. 430 pp.
- GILL, B. D. 1991. Dung Beetles in tropical American forests. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (Eds). **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 305-29.
- HALFFTER, G. 1959. Etología y paleontología de Scarabaeinae. **Ciencia (Méx.)** 19(8-10): 156- 178.
- HALFFTER, G., EDMONDS, W. D. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. Publication 10, Instituto de Ecología, México, D. F. 176 p.
- HALFFTER, G., MATHEWS, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**. 12/14: 1-312.
- HOWDEN, H. F. & YOUNG, O. P. 1981. Panamanian Scarabaeinae: Taxonomy, distribution, and habits (Coleoptera, Scarabaeidae). **Contribution of the American Entomological Institute**. 18:1-204.
- KRELL F.-T., KRELL-WESTERWALBESLOH S., WEIß I., EGGLETON P., LINSENMAIR, K. E. 2003. Spatial separation of Afrotropical dung beetle guilds: a trade-off between competitive superiority and energetic constraints (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecography** 26: 210–222.
- LOPES, V.A. 2000. Comunidades de Scarabaeidae Stricto sensu (Coleoptera) em quatro tipos de vegetação nativa do Pantanal Sul-mato-grossense. 25p. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- LOUZADA J. N. C., Lopes F. S., VAZ-de-MELLO F. Z. 2007. Structure and composition of a dung beetle community (Coleoptera, Scarabaeinae) in a small Forest patch from Brazilian Pantanal. **Revista Brasileira de Zoociências**. 9(2): 199-203.
- MERCANTE, M. A., RODRIGUES, S. C. & ROSS, J. L. S. 2011. Geomorphology and habitat diversity in the Pantanal. **Brazilian Journal of Biology**. 71. 1: 233-240
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. **ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING: WETLANDS AND WATER** *Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- MIRANDA, C.H.B., NASCIMENTO, Y.A., BIANCHIN, I. 1990. Desenvolvimento de um programa integrado de controle dos nematódeos e a mosca-dos-chifres na região dos cerrados. Fase 3. Potencial de *Onthophagus gazella* no enterrio de fezes bovinas. Pesquisa em andamento- **EMBRAPA-CNPQC** 42: 1-5.
- NICHOLS, E., SPECTOR, S., LOUZADA, J., LARSEN, T., AMEZQUITA, S., FAVILA, M. E., The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological Functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141:1461-1474.

- NUNES DA CUNHA, C. & W. J. JUNK. 2009. Landscape units of the Pantanal: structure, function, and human use. *In*: JUNK, W.J., DA SILVA, C.J., NUNES DA CUNHA, C., WANTZEN, K.M. **The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Sofia-Moscow. Pensoft Publishers, 127-141.
- PEREIRA, F.S. 1946. Escarabeideos Americanos. *In*: Sociedade Brasileira de Entomologia (ed.). *Livro de Homenagem a Romualdo Ferreira d'Almeida*. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado. pp. 289-294.
- PEREIRA, F.S. e A. MARTÍNEZ. 1956. Os gêneros de Canthonini Americanos. **Revista Brasileira de Entomologia**. 6: 91-192.
- RODRIGUES, S.R., BARROS, A.T.M., PUKER, A. & TAIRA, T.L. 2010. Diversity of coprophagous scarab beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) collected with flight intercept trap in the Southern Pantanal, Brazil. **Biota Neotropica**. 10(2): 123-127.
- SCARABNET. ScarabNet Global Taxon Database Version 1.5 [acessado em 10/01/2013]. www.scarabnet.org. 2008.
- SILVA, J. S. V., ABDON, M. M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *In*: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 33(Número Especial): 1703-1711.
- SILVA, P. H. DA, GUEDES, J. M., MACHADO, A. K. DE F. M., VIEIRA, L. M. 2005. Distribuição de Scarabaeidae Stricto sensu (Coleoptera) em micro-ambientes no Pantanal Sul. **Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil**. p. 2.
- SIMMONS, L. W., RIDSDILL-SMITH, T. J. 2011. Ecology and Evolution of Dung Beetles. Wiley-Blackwell. Hoboken. 368p.
- TISSIANI, A. S. O. 2009. Composição da comunidade de Scarabaeidae coprófagos (Insecta, Coleoptera), em uma área na região norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil. 88 p. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z., LOUZADA, J. N. C., SCHOEREDER, J. H. 1998. New data and comments 16 on Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) associated with Attini (Hymenoptera: Formicidae). **The Coleopterists' Bulletin**. 52:109-116.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. 1999. Scarabaeidae sensu strictu (Coleoptera: Scarabaeoidea) de um fragmento de floresta amazônica no estado do Acre, Brasil. 1. Taxocenose. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. 28: 447-453.
- 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. **Zootaxa**. 1955:1-75.

# Efeito da inundabilidade na diversidade funcional de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae) no Pantanal de Poconé-MT.

Marcelo Bruno Pessôa, Thiago Junqueira Izzo e Fernando Zagury Vaz-de-Mello.

A ser submetido na Insect Diversity and Conservation

## Resumo

A diversidade funcional se refere aos componentes da biodiversidade que influenciam o funcionamento do ecossistema. As relações da diversidade funcional com distúrbios podem revelar padrões que elucidam a estabilidade funcional de ambientes. Neste estudo procurou-se entender os efeitos da inundação na diversidade funcional de besouros rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeinae). Foram coletados besouros Scarabaeinae com armadilhas de queda iscadas em três áreas diferentes do Pantanal contendo ambientes inundáveis e não inundáveis. Foram medidos nove atributos funcionais das espécies coletadas. Através dos atributos obtiveram-se os seguintes estimadores de diversidade funcional: riqueza funcional, equitabilidade funcional, divergência funcional e índice de RAO. Foram coletados 25278 indivíduos, pertencentes a 35 espécies e 17 gêneros. Houve diferenças estruturais e funcionais entre todas as áreas. Apenas a equitabilidade funcional não se mostrou diferente. A área 1 apresentou diferença estrutural entre os ambientes assim como a área 2. A área com menor intensidade de inundação apresentou maior diferença funcional. Desta forma, concluímos que a intensidade de inundação pode influenciar os processos de migração e recolonização dos ambientes alagáveis e não alagáveis no Pantanal. A semelhança da equitabilidade pode ser um efeito da assimetria funcional existente na comunidade destes besouros.

Palavras chave: Diversidade funcional, riqueza funcional, equitabilidade funcional, divergência funcional.

## Introdução

Distúrbios são eventos relativamente discretos no tempo, que alteram a estrutura do ecossistema, comunidade ou população e que podem mudar a disponibilidade de recursos, de substrato e/ou o microclima (White & Pickett, 1985), podendo ser previsíveis ou não (Poff, 1992). Os efeitos de um distúrbio podem ser negativos, aumentando, por exemplo, a taxa de mortalidade das populações locais; ou positivos, tornando recursos disponíveis para determinados grupos (Dornelas, 2010). Tais efeitos negativos e positivos podem alterar a funcionalidade do ecossistema ao selecionar as espécies que ocupam determinado habitat, rearranjando assim a estrutura da comunidade (Cardinale *et al.*, 2000).

Como a diversidade e o funcionamento dos ecossistemas estão interligados, pode-se utilizar uma das facetas da diversidade, a diversidade funcional, para estudar os efeitos dos distúrbios. Esta se refere aos componentes da biodiversidade que influenciam em como o ecossistema funciona (Tillman, 1997), e é medida através dos valores e da amplitude entre os valores de atributos dos organismos das espécies presentes no habitat (Diaz & Cabido, 2001). Um atributo é qualquer característica mensurável de um indivíduo que potencialmente altere seu desempenho ou sua adequação, podendo ser físico, bioquímico, comportamental ou fenológico (Cadotte *et al.*, 2011). Como um atributo é um conceito amplo para as análises da diversidade funcional, utilizam-se apenas os atributos que influenciam um ou mais aspectos do funcionamento do ecossistema (Diaz & Cabido, 2001). Assim, ao utilizarmos os atributos das espécies, podemos definir as relações funcionais destas com o ecossistema e entender como a desestruturação das abundâncias (aumento ou diminuição), ou perda de cada espécie afeta o funcionamento do ambiente.

Um ambiente de interesse para estudos sobre distúrbios são as planícies submetidas a inundações sazonais, chamados pulsos de inundação. O pulso de inundação se caracteriza pelos processos de cheia e seca e consequentes alagamentos nas planícies e define que rios e suas planícies de inundação são componentes integrados de um único sistema dinâmico, ligado fortemente entre as interações de processos ecológicos e hidrológicos (Junk *et al.*, 1989). No processo de seca e cheia ocorre um fluxo de matéria e sedimentos. O ambiente passa, sazonalmente, por alterações na disponibilidade de área e de recursos (Hamilton, 2002, Junk *et al.*, 1989). Ocorrem também alterações nas dinâmicas populacionais, devido a alterações na dinâmica da mortalidade, migração de espécies aquáticas e adensamento nas áreas não alagadas as espécies terrestres (Hamilton, 2002, Junk *et al.*, 1989). Além disso, a dinâmica do rio transporta sedimentos que podem alterar as propriedades biogeoquímicas das planícies (Gonçalves *et al.*, 2011). Assim ao causar todos estes efeitos podemos definir o pulso de inundação como um distúrbio sazonal e previsível. Esta previsibilidade do regime hidrológico é importante em respeito à evolução de comportamentos, estratégias de histórias de vida e interações competitivas (Resh *et al.*, 1988, Poff, 1997).

O pulso de inundação é uma característica marcante do Pantanal Brasileiro. O Pantanal é uma área úmida – uma planície de inundação em uma depressão

geográfica (Alho, 2011), localizada no Brasil formada pelo rio Paraguai e seus afluentes da margem leste (Mercante, 2011). Como o pulso de inundação no Pantanal não é regular, este pode ser identificado quanto sua intensidade devido ao acúmulo de precipitação anterior à cheia. Ponce (1985) classifica como mínima, comum, média, extraordinária ou excepcional.

Um grupo de particular interesse no estudo da diversidade e de padrões funcionais em relação ao distúrbio sazonal (enchentes) são os besouros rola-bostas (Scarabeinae), devido sua relação com o uso de fezes como recurso e a grande diversidade e, sobretudo, abundância de mamíferos no pantanal (Junk *et al.*, 2006). Estes besouros desempenham serviços ecológicos importantes, como ciclagem de nutrientes, bioturbação do solo, dispersão secundária de sementes, aumento da incorporação de nitrogênio no solo, supressão de parasitas, controle de moscas, regulação trófica e polinização (Nichols, 2008). Outra característica interessante é a resposta rápida a mudanças ambientais (Gardner *et al.*, 2008a) e a alta eficiência no acompanhamento destas mudanças (Gardner *et al.* 2008b). Eles são popularmente conhecidos como rola-bostas por se alimentarem de fezes e outros materiais em decomposição, como carcaças e frutas podres (Halffter & Mathews, 1966). Possuem distribuição por praticamente todo o globo e alta diversidade nas regiões tropicais (Hanski & Cambefort, 1991).

Alguns autores propuseram a classificação destes besouros em grupos de acordo com as características de nidificação e deslocamento de recurso (Halffter & Mathews, 1966, Halffter & Edmonds, 1982, Bornemissza, 1969, Doube, 1990 e Hanski & Cambefort, 1991). A classificação mais aceita e utilizada é a proposta por Doube (1990), que classifica os besouros em Telecoprídeos grandes, Télecoprídeos pequenos, Paracoprídeos escavadores rápidos, Paracoprídeos escavadores lentos grandes, Paracoprídeos escavadores lentos pequenos, Endocoprídeos e Cleptocoprídeos. Porém sua generalização em tribos muitas vezes não se aplica em espécies pouco conhecidas. Estes agrupamentos, utilizando os comportamentos como critérios, tem se mostrado em estudos filogenéticos não serem grupos monofiléticos gerando conclusões possivelmente equivocadas nas análises funcionais através das proporções de espécies telecoprídeas e paracoprídeas (Vaz-de-Mello, 2007).

Diferentes filtros ambientais influenciam atributos deste grupo, como por exemplo, o solo (Davis, 1996) e a precipitação (Janzen, 1983) que filtram as

espécies grandes ou pequenas. A cobertura vegetal pode filtrar o comportamento de alocação de recurso (Krell, 2003). E a conversão de florestas para pastos, monoculturas, entre outros, que influencia tanto o tamanho das espécies, o período de atividade e a estratégia de nidificação (Nichols *et al.*, no prelo). Assim como, a comunidade de Scarabaeinae é estruturada pelos atributos temporal (em ambientes florestados) e tamanho e abundância das espécies (em ambientes abertos) (Kohlmann e Sánchez-Colón, 1984). Utilizando a diversidade funcional observou-se que os ambientes mais impactados possuíam heterogeneidade funcional maior e diversidade funcional menor que os não impactados (Barragán *et al.*, 2011).

No Pantanal, na época da cheia o ambiente alagável não está disponível para as espécies de besouros rola-bosta, visto que são intimamente ligados ao solo. É possível que uma das estratégias desenvolvidas para estes organismos seja migrar para áreas secas (Tissiani, 2009). A migração destes indivíduos aumenta a competição nos ambientes secos, selecionando a composição de espécies no ambiente dependendo do tempo de inundação. Após o período de inundação a água começa a baixar espera-se que o ambiente alagável seja recolonizado. Devido à modificação na distribuição de recursos, a inundação deve ser equivalente a um distúrbio forte para a comunidade de rola bostas.

Deste modo, espera-se que a funcionalidade do ambiente seja alterada ao simplificar a comunidade presente nas áreas inundáveis, gerando uma diversidade funcional menor, e diminuindo a redundância funcional. Assim, o espaço funcional da comunidade apresentaria uma diminuição assim como a probabilidade de encontrar espécies funcionalmente diferentes. Como as espécies possuem capacidades diferentes de dispersão espera-se que a recolonização não seja homogênea afetando a distribuição de biomassa no espaço funcional da comunidade, formando um ambiente com maior dominância nas áreas perturbadas. Ao disponibilizar novamente o ambiente, os recursos nesta área estão em maior quantidade e conseqüentemente na área recolonizada espera-se uma diminuição na competição, gerando uma divergência funcional maior que ambientes não submetidos a este distúrbio sazonal. Logo o presente estudo teve como objetivo responder a seguinte pergunta: Como a estrutura da comunidade responde ao distúrbio sazonal correspondente a inundabilidade? Onde se espera que: os ambientes alagáveis apresentem diversidade funcional menor que os ambientes não

alagáveis, e os ambientes não alagáveis possuem maior redundância funcional que os ambientes alagáveis.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado em três áreas de Pantanal localizadas no município de Poconé, Mato Grosso. As três áreas estão localizadas no trecho entre o rio Bento Gomes e o rio Cuiabá (Figura 4). As três áreas são essencialmente diferentes, mas todas possuem áreas inundáveis e não inundáveis. São elas:

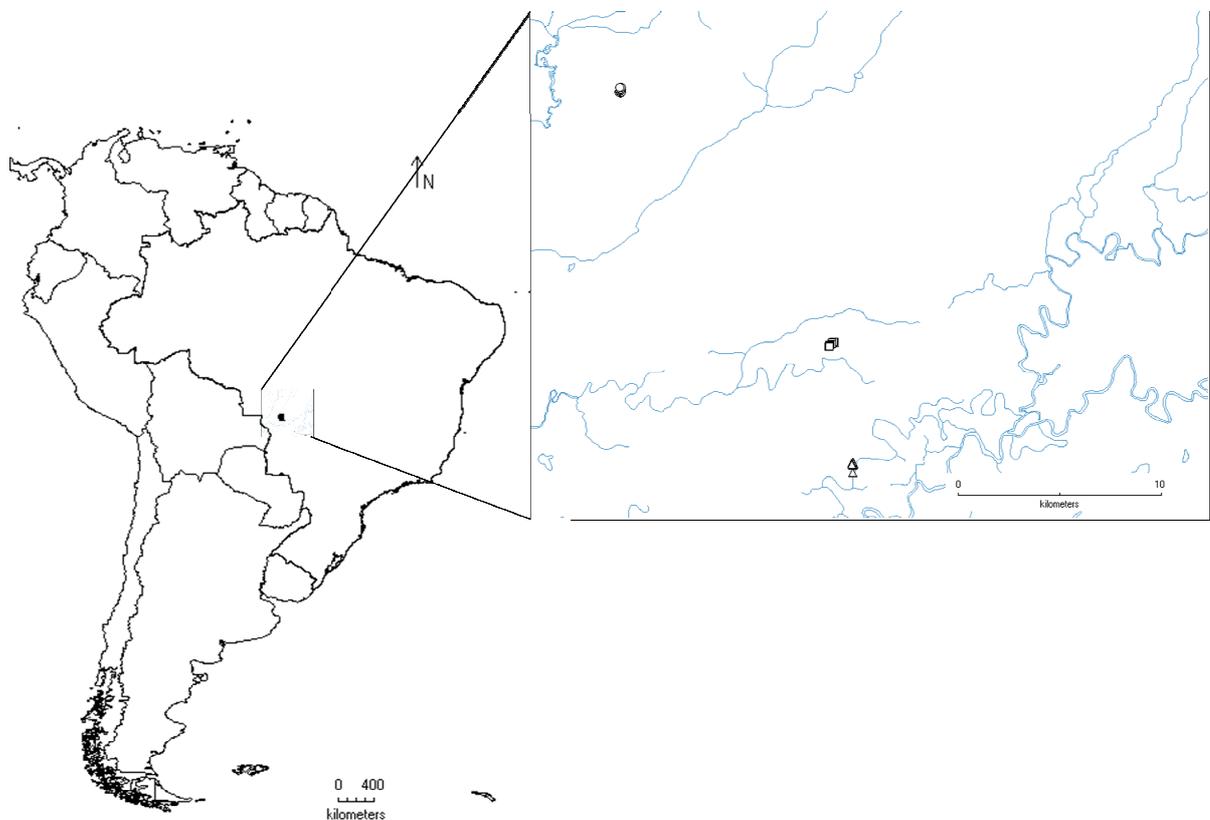


Figura 3: Localização geográfica dos pontos onde foram realizadas as coletas dos dados do presente estudo, Pantanal, Mato Grosso, Brasil. Os pontos em vermelho representam a Fazenda Conceição os pontos em azul representam a RPPN SESC Pantanal e os pontos em verde representam a Fazenda Alvorada. As coletas foram realizadas entre os meses de agosto de 2011 a maio de 2012.

- Área 1 (Figura 5a): localizada na fazenda Conceição, com a presença de campos de murundus e cordilheira com vegetação savânica (Nunes da Cunha & Junk, 2009). Das três áreas, é a possui a parte inundável sujeita a menor

intensidade de inundação, definida aqui pela profundidade da lâmina d'água presente no ambiente e pelo tempo em que o ambiente fica submerso.

- Área 2 (Figura 5b): localizada na fazenda Alvorada, com a presença de floresta seca com monodominância de *Callisthene fasciculata* (Mart.) Spreng. (Nunes da Cunha & Junk, 2009), área com intensidade de inundação mediana;
- Área 3 (Figura 5c): localizada na baía das Pedras, com a presença de floresta semi-decídua (Nunes da Cunha & Junk, 2009), sendo a área com maior intensidade de inundação.

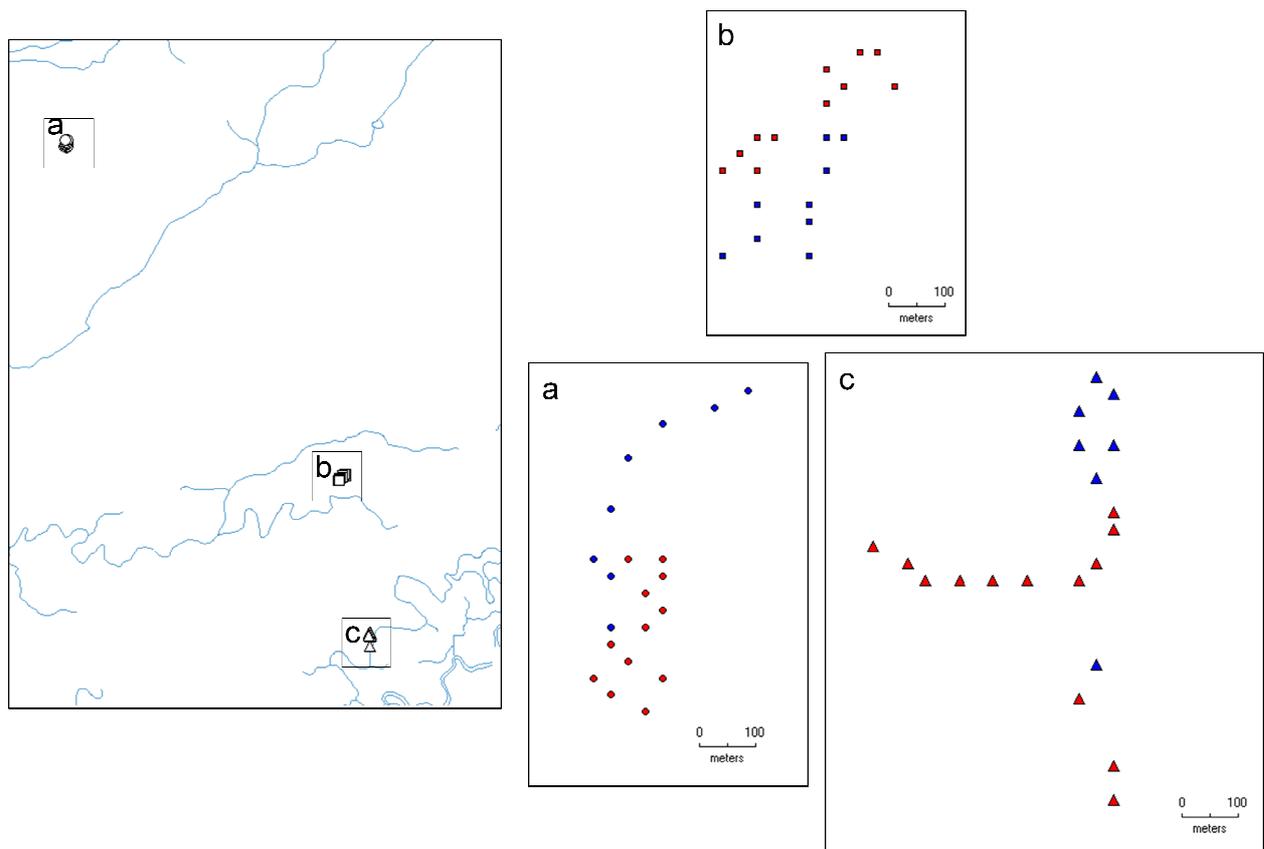


Figura 4: Disposição das armadilhas pitfall para a coleta dos indivíduos. Onde a) Área 1 – Fazenda Conceição, b) Área 2 – Fazenda Alvorada, c) Área 3 – RPPN SESC Pantanal/Baia das Pedras. Pontos azuis – Armadilhas em área inundável e pontos vermelhos – armadilhas em área não inundável.

### Coleta dos dados:

Em cada área foram dispostas 20 (Figura 5) armadilhas de queda iscadas, espaçadas 50 metros entre si, compostas por um pote de plástico de um litro, com abertura de 14 cm, com isca de fezes em um recipiente de plástico de 50 ml, suspenso por arame. Na área 1, oito armadilhas encontram-se em ambiente alagável de campos de murundus e 12 armadilhas em ambiente não alagável de cordilheira. Na área 2, nove armadilhas foram dispostas em ambiente alagável, e 11

em ambiente não alagável. Na área 3, sete armadilhas em ambiente alagável e 13 em ambiente não alagável. As armadilhas permaneceram no local por 48 h. Tanto a fazenda Conceição, quanto a fazenda Alvorada possuem criação de gado. As coletas foram realizadas nos períodos da inundação propostos por Heckman (1998), sendo estes: seca (22 a 26/VII/2011), enchente (16 a 23/XI/2011), cheia (30/III/2012 a 03/IV/2012) e vazante (14 a 23/V/2012), sendo importante salientar que durante o período não houve inundação nas áreas e no ano anterior a área 2 e três apresentou uma inundação excepcional onde pontos não alagáveis foram alagados. Os besouros coletados foram identificados pelo especialista Fernando Zagury Vaz de Mello e depositados na Coleção Entomológica da UFMT, localizada no Centro de Biodiversidade.

### **Atributos Funcionais:**

Dentre os indivíduos coletados, trinta de cada espécie foram medidos para a obtenção dos seguintes atributos funcionais:

1) atributos físicos:

a) tamanho: definido pelo comprimento do pronoto somado ao comprimento do élitro a fim de evitar variações devido à posição da cabeça ou do pigídio do indivíduo. O tamanho do indivíduo interfere na quantidade de fezes alocada por ele, e é um indicador da quantidade de recursos por ele consumida na fase de larva;

b) razão da área da asa/comprimento do corpo: com esta métrica pode-se inferir sobre a capacidade de dispersão do indivíduo, uma vez que uma maior razão deve implicar em menor esforço de sustentação de voo, esse atributo pode interferir no momento de recolonização das áreas visto que as espécies com maior dispersabilidade podem obter vantagem ao colonizar primeiramente um ambiente.

c) área da tíbia anterior: estima-se que o indivíduo com maior área da tíbia possui mais capacidade muscular e conseqüentemente uma maior capacidade de escavação revolvendo mais material ao escavar;

d) altura do protórax: devido à inserção dos músculos das pernas anteriores estarem situados nesta região, indivíduos com maior altura do protórax deve ter mais massa muscular, sugerindo maior capacidade de escavação;

e) razão da largura apical da tíbia média / comprimento da tíbia média: esta razão aparentemente separa as espécies com comportamento rolator de espécies com hábito cavador. Apresentando tíbias finas em espécies roladoras e tíbias largas em espécies cavadoras, sendo que espécies que não possuem estes

comportamentos apresentam padrões tanto de tíbias finas como tíbias largas (Vaz-de-Mello, dados não publicados).

2) atributos comportamentais, estes atributos foram medidos de forma binária dada a presença(1) ou não(0) do comportamento. Com exceção do primeiro, todos os comportamentos descritos foram definidos consultando a literatura pertinente e aproximações filogenéticas:

a) generalismo no uso do recurso: espécies que utilizam mais de um devem estar sujeitas a menor competição direta em ambientes instáveis. Este atributo foi definido através do método não padronizado de largura de nicho de Levins dado pela fórmula:

Equação 1 
$$B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

Onde  $p_j$  é a proporção de indivíduos encontrados no recurso  $j$ . Este índice possui a vantagem de diferenciar espécies que utilizam um diferente número de recursos, sendo que quanto maior a largura de nicho maior a capacidade generalista da espécie (Falqueto *et al.*, 2005).

Para obter as proporções, foram aleatorizando cinco pontos em cada área, onde foram pareadas armadilhas com isca de fezes e isca de baço bovino podre. E como controle foi utilizado os dados de armadilhas sem isca utilizadas em estudo anterior na mesma área (Carneiro, 2012).

b) deslocamento horizontal: o deslocamento horizontal é o comportamento de deslocar o recurso a ser utilizado distante da fonte de recurso, esse deslocamento difere da atividade de escavação por ser horizontal. Este comportamento permite ao besouro diminuir a intensidade de competição ao deslocar para longe da fonte de recurso uma bola do mesmo para se alimentar, ou acasalar;

c) construção de ninho: algumas espécies de besouros rola-bostas possuem complexo cuidado parental, o que pode aumentar o fitness do indivíduo ao tornar ambientes instáveis para o desenvolvimento da larva em ambientes estáveis.

d) formação de bola ou pera ninho: algumas espécies ao construir o ninho criam estruturas em forma de bola ou pera para o desenvolvimento da larva, gerando um ambiente mais favorável para a mesma.

3) atributo fenológico: a variação temporal é considerado um mecanismo de segregação ecológica entre espécies potencialmente competidoras (Feer and Pincebourde, 2005).

### Diversidade Funcional e Análises

Para medir a diversidade funcional foram utilizados quatro estimadores independentes entre si:

a) riqueza funcional (Fric): o espaço de nicho funcional representado pelas espécies presentes na comunidade. Calculado através do logaritmo de Quickhull (Barber *et al.*, 1996). Uma riqueza funcional baixa indica que alguns dos recursos (nichos alfa) potencialmente disponíveis para a comunidade estão sub-utilizados. Se o atributo representa tolerâncias ambientais (nichos beta), uma riqueza funcional menor implica que em algumas condições ambientais, as espécies que possuem vantagens nessas condições não estão presentes (Mason *et al.*, 2005);

b) equitabilidade funcional (Feve): a distribuição da abundância das espécies no espaço funcional. Villéger e colaboradores (2008) definiram a fórmula da seguinte maneira: inicialmente se obtém a minimum spanning tree. Após isso este valor é dividido pela soma das abundâncias através da fórmula:

Equação 2 
$$EW_l = \frac{dist(i,j)}{w_i + w_j}$$

Onde  $EW$  é a equitabilidade ponderada,  $dist(i, j)$  é a distância euclidiana entre as espécies  $i$  e  $j$  envolvidas no ramo  $l$ ,  $w_i$  é a abundância relativa da espécie  $i$  e  $w_j$  é a abundância relativa da espécie  $j$ .

Para cada um dos ramos é calculado o valor de  $EW$ , e para se obter a equitabilidade pesada parcial  $PEW$ , o valor de  $EW_l$  é dividido pela somatória de  $EW$  de todos os ramos, definido como:

Equação 3 
$$PEW_l = \frac{EW}{\sum_{l=1}^{S-1} EW_l}$$

No caso de uma regularidade perfeita entre os ramos da árvore, todos  $EW$  serão iguais e conseqüentemente todos os valores de  $PEW$  serão de  $1/(S - 1)$ . Já quando os valores de  $PEW$  é diferente entre os ramos o índice final deve diminuir. Assim para corrigir este efeito a fórmula final do índice é a seguinte:

Equação 4 
$$FE_{ve} = \frac{\sum_{l=1}^{S-1} \min\left(PEW_l \frac{1}{S-1}\right) - \frac{1}{S-1}}{1 - \frac{1}{S-1}}$$

Este atributo pode ser interpretado também como o grau em que a biomassa de uma comunidade está distribuída num espaço de nicho que permite a utilização efetiva de toda a gama de recursos disponíveis para ela. Uma equitabilidade funcional baixa indica que uma parte do espaço de nicho mesmo que ocupado está subutilizado (Manson *et al.*, 2005);

c) divergência funcional (Fdiv): o grau em que a distribuição de abundância de uma comunidade maximiza a divergência em caracteres funcionais dentro da comunidade. Villéger e colaboradores (2008) definiram a fórmula da seguinte maneira: inicialmente obtém-se o centro de gravidade ( $Gv(g_1, g_2, g_3...g_T)$ ) das  $V$  espécies presentes no vértice do volume convexo através da fórmula: onde  $x_{ik}$  é a coordenada da espécie  $i$  no atributo  $k$ .

Equação 5 
$$g_k = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V x_{ik}$$

Após obtido o valor do centro de gravidade é calculado a distância euclidiana entre cada  $S$  espécie presente e o centro de gravidade:

Equação 6 
$$dG_i = \sqrt{\sum_{k=1}^T (x_{ik} - g_k)^2}$$

Após é calculada a distância média das  $S$  espécies ao centro de gravidade ( $\overline{dG}$ ):

Equação 7 
$$\overline{dG} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S dG_i$$

Então, a soma dos desvios pesados pela abundância ( $\Delta d$ ) e os desvios pesados pela abundância absolutos para as distâncias ( $\Delta|d|$ ) do centro de gravidade são calculados para todas as espécies:

Equação 8 
$$\Delta d = \sum_{i=1}^S w_i \times (dG_i - \overline{dG})$$

E

Equação 9 
$$\Delta|d| = \sum_{i=1}^S w_i \times |dG_i - \overline{dG}|$$

Assim a divergência funcional pode ser calculada da seguinte maneira:

Equação 10 
$$FDiv = \frac{\Delta d + \overline{dG}}{\Delta|d| + \overline{dG}}$$

Uma divergência funcional maior indica um alto grau de diferenciação de nicho, gerando menor competição. Logo comunidades com alta divergência funcional podem ter uma elevada função ecossistêmica como resultado de uma utilização de recursos mais eficiente (Manson *et al.*, 2005);

d) índice de RAO (FDq): a diferença média entre dois indivíduos aleatoriamente selecionados com reposições. Botta-Dukát (2005) define para este índice a seguinte fórmula:

Equação 11

$$FD_q = \sum_{i=1}^{S-1} \sum_{j=i+1}^S d_{ij} p_i p_j$$

Onde  $p_i$  é o vetor de abundância da espécie  $i$  e  $d_{ij}$  é a diferença entre a espécie  $i$  e  $j$ .

Este índice pode variar de zero a um dependendo de alguns critérios, onde quanto mais próximo de zero menor o número de espécies funcionalmente diferentes (Botta-Dukát, 2005).

Para analisar a relação dos índices entre as áreas e ambientes foi utilizada uma análise de variância de dois fatores (Two way ANOVA), utilizando como fator a inundação, definida pelos ambientes inundáveis e não inundáveis, a área, devido à heterogeneidade do ambiente na fitofisionomia e na intensidade de inundação, a fim de comparar apenas o efeito de inundação, e a interação entre ambos, quando presente interação foi realizado uma análise de variância para cada área separadamente. Para analisar a similaridade entre as comunidades de áreas que inundam e que não inundam, primeiramente foi utilizada uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA, utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis). Posteriormente, foram utilizados os dois primeiros eixos para avaliar a diferença da composição total de espécies entre as áreas e entre os ambientes alagáveis e não alagáveis em cada área, através de uma Análise de Variância Multivariada (MANOVA).

## Resultados

Foram coletados 25278 indivíduos (Tabela 1), pertencentes a 35 espécies e 17 gêneros. As comunidades das três áreas são distintas entre si (Figura 6) ( $F_{4,114}=174,47$ ;  $p<0,001$ ). Analisando os ambientes alagáveis e não alagáveis em cada área, observou-se que a área 1 ( $F_{2,17}=15,534$ ;  $p<0,001$ ) e 2 ( $F_{2,17}=5,724$ ;  $p=0,01255$ ) possuem comunidades distintas, enquanto os ambientes da área 3 apresentou comunidades semelhantes ( $F_{2,17}=1,7948$ ;  $p=0,1962$ ).

Na área 1 as espécies mais abundantes como *Canthidium barbaticum* (24,71%), *Uroxys aff. corporaali* (17,77%) e *Ateuchus* sp. (12,72%), são muito mais expressivas no ambiente não alagável (21,48%, 17,41% e 11,35% respectivamente. Enquanto que no ambiente não alagável a abundância relativa das espécies é baixa e apenas *Canthon daguerrei* apresenta abundância superior no ambiente (2,67% no ambiente alagável e 0,02% no ambiente não alagável). Na área 2 o ambiente

alagável apresentou espécies com maior abundância relativa que o ambiente não alagável, onde apenas *Ontherus sulcator* (33,86%) apresentou abundância maior no ambiente não alagável (19,51% no ambiente não alagável e 14,35% no ambiente alagável), *Ateuchus* sp. nesta área, embora com abundância relativa inferior a área 1 (5,04%), foi mais abundante no ambiente alagável (4,29% no ambiente alagável e 0,75% no ambiente não alagável) e *Canthon daguerrei*, com abundância maior que a área 1 (24,13%), apresenta abundância relativa próxima nos dois ambientes (12,50% no ambiente não alagável e 11,63% no ambiente alagável). A diferença entre as áreas pode ser observada pela espécie *Eurysternus caribaeus* e *Ontherus sulcator* que apresentam a relação de abundância onde a área 3 > área 2 > área 1, e as espécies *Canthidium barbaticum*, *Ateuchus* sp. e *Uroxys aff. corporaali* que apresentam uma relação inversa a anterior. *Canthon daguerrei* apresenta maior abundância na área 2.

Analisando as métricas funcionais obtidas entre os ambientes observa-se que o valor encontrado para todos os índices diferiram entre áreas, exceto a equitabilidade funcional ( $F_{2,54}=2,468, p=0,0942$ ) (Tabela 4) (Figura 7). A equitabilidade funcional não diferiu entre os ambientes. A riqueza funcional não apresentou diferença entre os ambientes, porém mostrou-se diferente entre as áreas. Já a divergência funcional e o Índice de Rao apresentaram efeito da intensidade de inundação.

Na área 1 o índice de Rao apresentou-se consistentemente maior no ambiente alagável ( $F_{1,18}=10,46; p=0,00461$ ) (Figura 8a). A divergência funcional da comunidade de escarabeídeos apresentou um padrão contraditório entre as áreas, pois enquanto foi observada uma tendência ( $F_{1,18}=3,125; p=0,094$ ) a ser maior no ambiente alagável (Figura 9a) na área 1, na área 2 foi significativamente menor no alagável ( $F_{1,18}=6,324; p=0,0216$ ) (Figura 9b). Já a área 3 não apresentou diferenças entre os ambientes tanto para Rao, quanto para divergência funcional (Figura 8c, 9c).

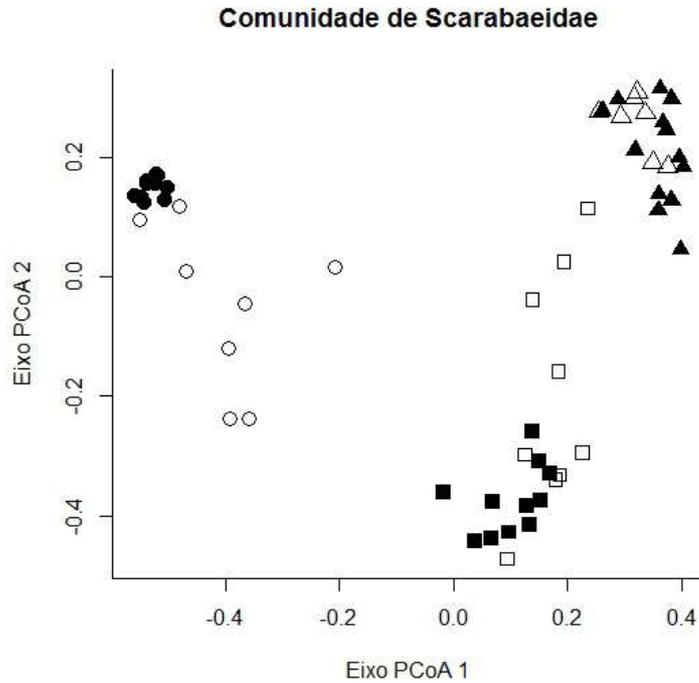


Figura 5: Ordenação das amostras por PCoA, utilizando a distância de Bray-Curtis, para a composição de espécies de rola-bosta (Coleoptera; Scarabaeinae), coletadas entre os meses de x a Y na sub-região de Poconé, Pantanal, Mato Grosso, Brasil, onde os círculos representam a Área 1, na Fazenda Conceição; os quadrados, a Área 2, na Fazenda Alvorada e os triângulos, a Área 3, na RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras. Os símbolos cheios representam amostras em ambiente não alagável e os símbolos vazios, amostras em ambiente alagável.

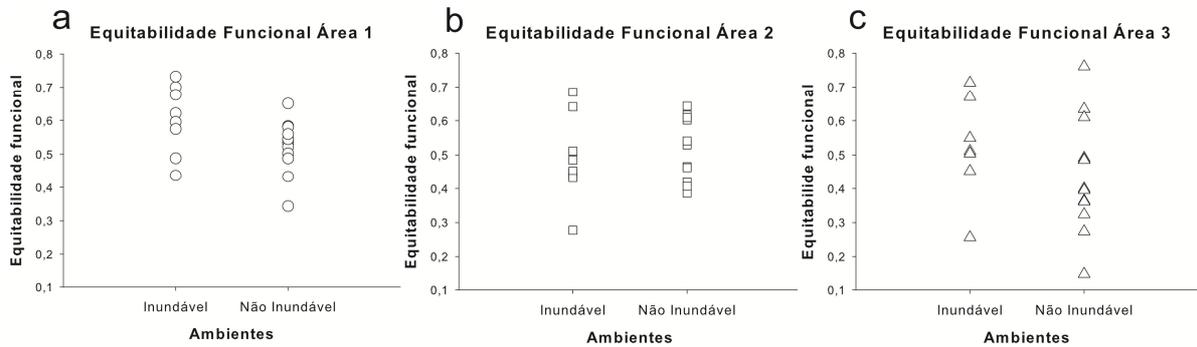


Figura 6: Índices de equitabilidade funcional amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé-MT. Onde: a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras.

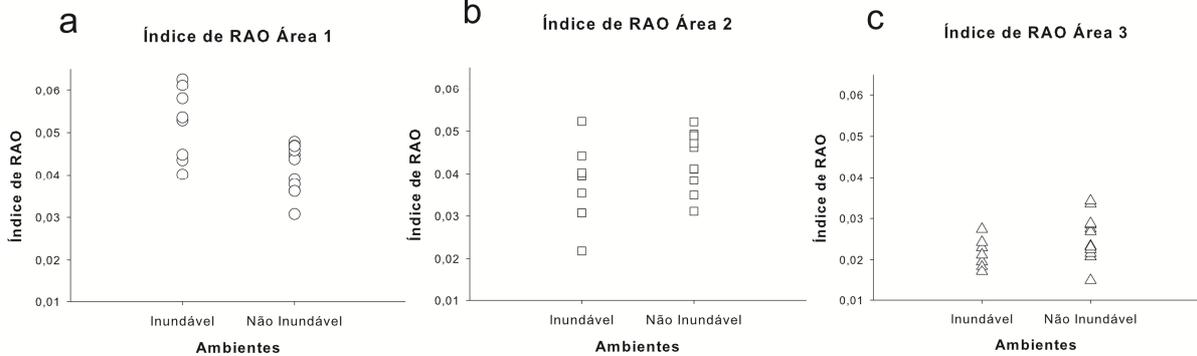


Figura 7: Índices de RAO amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé-MT. Onde: a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras.

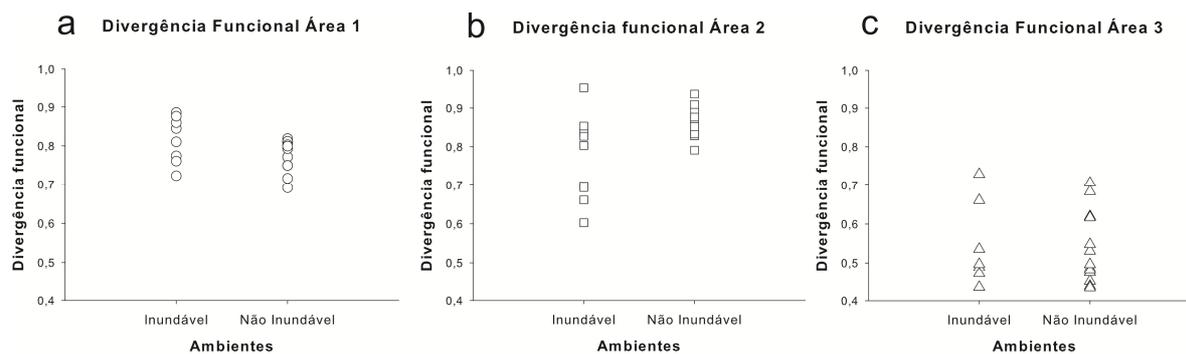


Figura 8: Índices de divergência funcional amostrados em três áreas para as comunidades de besouros rola-bostas comparando ambientes inundáveis e não inundáveis. Estudo realizado entre agosto/2011 a maio/2012 em Poconé-MT. a) Área 1 - Fazenda Conceição, b) Área 2 - Fazenda Alvorada e c) Área 3 - RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras.

## Discussão

A comunidade de Scarabaeinae apresentou diferentes padrões de estrutura e composição entre os ambientes amostrados. O histórico e a intensidade da inundação podem gerar efeitos e respostas diferentes da comunidade de besouros em áreas úmidas (Gerisch *et al.*, 2011). Este estudo encontrou uma diminuição na riqueza e na diversidade funcional (Tabela 5) ao aumentar a intensidade do distúrbio diferente do que foi encontrado em um estudo em uma área alagável da Alemanha (Gerisch *et al.*, 2011). As três áreas com intensidades de inundação diferentes apresentaram comunidades distintas tanto estruturalmente quanto funcionalmente entre si. Apenas duas áreas apresentaram diferenças estruturais entre os ambientes alagáveis e não alagáveis, relacionado possivelmente ao menor tempo de inundação e a área com maior intensidade de inundação obteve maior similaridade entre os ambientes tanto estruturalmente quanto funcionalmente.

É interessante observar que em ambientes tropicais grupos como plantas e formigas apresentam respostas funcionais aos a intensidade dos distúrbios (Carreño-Rocabado *et al.*, 2012, Bishop, 2012). Tal fato pode indicar que intensidade do distúrbio seleciona as espécies presentes nos locais secos, influenciando a recolonização nos ambientes alagáveis e selecionando os atributos eficientes para o ambiente (Poff, 1997). Assim o tempo de inundação e sua intensidade aumentam a competição dos ambientes secos ao ocorrer migração das espécies para estes ambientes. Como pode ser observado ao notar que as espécies presentes nos ambientes alagáveis são espécies também presentes no ambiente não alagável.

Para besouros rola-bostas foi encontrada riqueza funcional maior em ambientes de campos, florestas tropicais e fragmentos florestais no México com diferentes

distúrbios que este estudo (Barragán *et al.*,2011) o que possivelmente pode estar relacionado ao fato que a inundação afeta a comunidade ao favorecer espécies eurióticas e ao comprimir a especialização de atributos (Lambeets, *et al.*, 2008). Alguns autores propõem que as comunidades de besouros rola-bostas do pantanal são formadas por espécies de ampla distribuição e oportunistas (Brown Jr. 1996, Lopes 2000, Louzada *et al.*, 2007). Isso pode comprimir o espaço funcional expresso pela comunidade de Scarabaeinae no Pantanal.

O fato de não ter sido expresso o efeito de inundação na riqueza funcional e na equitabilidade funcional pode sugerir que embora a intensidade de inundação afete a comunidade o ambiente alagável é rapidamente recolonizado pelas espécies presentes no ambiente seco mantendo assim uma semelhança funcional entre os dois ambientes. Analisando entre as áreas vemos que conforme se aumenta a intensidade de inundação, a riqueza funcional dos dois ambientes gradativamente diminui. Isto sugere que a intensidade da inundação filtra os atributos e as espécies no local, mantendo espécies que apresentem limitações na exploração de recursos e que ao afetara a estrutura da comunidade os processos funcionais são também afetados.

O índice de Rao apresentou valor menor conforme diminuiu a riqueza. Como o índice de Rao possui relação com a riqueza e a abundancia (Mouchet *et al.*, 2010) é esperado encontrar valores menores em ambientes com riqueza menor. Na área 1 o menor valor de Rao encontrado no ambiente não alagável, mesmo este tendo maior riqueza que o alagável, pode indicar que, esta área apresenta maior redundância funcional. Quando este índice é encontrado com um valor baixo na área com maior riqueza pode significar que esta área apresenta alta redundância funcional, visto que em um ambiente rico em espécies, mas com alta redundância, a probabilidade de encontrar duas espécies funcionalmente diferentes aleatoriamente é diminuída.

A divergência funcional mostrou resultados conflitantes, enquanto na área 2 se mostrou maior no ambiente alagável, a área 1 apresentou a tendência de ser maior no ambiente não alagável. Este fato pode ser explicado pela intensidade de inundação. Na área 1, onde a inundação é mais fraca, a comunidade do ambiente não alagável apresenta uma redundância funcional e conseqüente maior competição diminuindo a divergência funcional. Isso porque em ambientes com baixa divergência funcional mostram-se mais funcionalmente redundantes e a competição intraguilda é maior (Fargione *et al.*, 2003). Já na área 2 embora o

ambiente alagável tenha se mostrado maior que o não alagável, os dois ambientes apresentaram um valor alto, que denota uma alta diferenciação de nicho, resultando numa menor competição. Na área 3 a maior intensidade de inundação pode ter influenciado na semelhança entre os ambientes alagáveis e não alagáveis, uma vez que o ambiente com um tempo de inundação maior aumenta a agregação de indivíduos, aumentando a competição e selecionando indivíduos e espécies que tenham vantagens neste ambiente, gerando uma comunidade simplificada formada por um menor número de espécies e uma comunidade menos heterogênea.

Em todas as áreas a equitabilidade não apresentou diferenças e mostrou-se com um valor mediano independente do ambiente e da área amostrada. Esse padrão também ocorreu no Pantanal sul (Pessoa, M. B. dados não publicados) e em florestas do México (Bárragan *et al.*, 2011). Pode-se sugerir que este espaço não é igualmente preenchido e conseqüentemente algum grupo funcional pode estar sendo muito abundante e influenciando mais nos serviços prestados por estes besouros. Os paracoprídeos pequenos e coprófagos, tanto diurnos quanto noturnos, eram o grupo com maior riqueza de espécies em ambientes florestados do México (Bárragan *et al.*, 2011), e quando os paracoprídeos grandes e noturnos estão ausentes a remoção de fezes era diminuída em aproximadamente 75% (Slaade, *et al.*, 2007). Assim a assimetria dos grupos funcionais nestes besouros pode ser o fator que mantenha a equitabilidade funcional estável independente do ambiente. Este fator é importante visto que espécies grandes, maiores que 10 mm, são as primeiras a serem extintas em um ambiente (Larsen *et al.*, 2008) e a falta delas podem mudar consideravelmente o funcionamento do sistema. Essa relação do tamanho pode ser observada em *Coprophanaeus bonariensis*, presente na área com menor inundação. Esta espécie se distribui no cerrado e no chaco (Edmonds & Zidek, 2010), sendo que no pantanal fora reportada apenas em sua porção norte e aparece novamente na região sul, na depressão chaquenha, em áreas com baixa intensidade de inundação (Silva & Abdon, 1998).

## **Conclusão**

Observando os dados obtidos neste estudo, podemos afirmar que a funcionalidade de um ambiente pode se manter sem muitas alterações em dois cenários: quando existem diferenças estruturais na comunidade ou quando a comunidade entre os dois ambientes possua uma similaridade estrutural muito

grande. A equitabilidade funcional similar entre as áreas pode ser um efeito da assimetria entre os grupos funcionais, e é possível que seja um padrão comum às comunidades de Scarabaeinae. O pulso de inundação afeta a comunidade estruturalmente e funcionalmente, sendo que a intensidade e o tempo do pulso pode ser um fator determinante na comunidade.

## Agradecimentos

Agradeço ao CNPQ, FAPEMAT, INAU, e CPP, pelo apoio logístico e financeiro para a realização deste estudo. Aos laboratórios de Rolabostologia e de Ecologia de Artrópodes (LETA) ao suporte logístico e humano. A todos que colaboraram com as coletas Eliandra Meurer, Wesley Datilo, Douglas Braga, Seu Chico, Seu Adolfo, Dona Doca. E pelas ajudas, contribuições e suporte a Tatiana Souza do Amaral.

## Referências

- ALHO, C. J. R. 2008. Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. **Brazilian Journal of Biology**. 68(4): 957-966.
- ALHO, C. J. R. 2011. Concluding remarks: overall impacts on biodiversity and future perspectives for conservation in the Pantanal biome. **Brazilian Journal of Biology**. 71(1): 337-341.
- BARRAGÁN F., MORENO C. E., ESCOBAR F., HALFFTER G., NAVARRETE D. 2011 Negative Impacts of human land use on dung beetle functional diversity. **PLoS ONE**, 6(3):1-8.
- BISHOP, T. R. 2012. Functional diversity and community assembly patterns in ant (Hymenoptera: Formicidae) communities across a forest disturbance gradient in Sabah, Malaysia. 33p. Dissertação de Mestrado (Master of Research). Imperial College London. Londres.
- BORNEMISSZA, G. F. (1969), A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). **Pedobiologia**. 9:223-225.
- BOTTA-DUKÁT, Z. 2005. Rao's Quadratic Entropy as a Measure of Functional Diversity Based on Multiple Traits. **Journal of Vegetation Science**. 16/5: 533-540.
- BROWN Jr., K. S. 1986. Zoogeografia da região do Pantanal Mato-grossense, pp.137-178. In: EMBRAPA (ed.). **Anais do 1º Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-Econômicos do Pantanal**, Corumbá, Ministério da Agricultura, V + 347p.
- CADOTTE, M. W., CARSCADDEN, K. & MIROTCHEV, N. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**. 48: 1079-1087.
- CARDINALE, B. J., NELSON, K., & PALMER, M. A. 2000. Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. **Oikos**. 91: 175–183.

- CARREÑO-ROCABADO, G., PEÑA-CLAROS, M., BONGERS, F., ALARCÓN, A., LICONA, J.-C., POORTER, L. 2012. Effects of disturbance intensity on species and functional diversity in a tropical forest. **Journal of Ecology**. 100: 1453–1463.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A., SEMIR, J., SANTOS, F. A. M. DOS, LEITÃO-FILHO, H. F. 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**. 200:119-135.
- DÍAZ, S. & M. CABIDO. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**. 16: 646-655.
- DAVIS, A. L. V. 1996. Community organization of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): differences in body size and functional group structure between habitats. **African Journal of Ecology**. 34: 258-275.
- DORNELAS, M. 2010. Disturbance and change in biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**. 365: 3719–3727.
- DOUBE B. M. 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. **Ecological Entomology** 15: 371–383.
- EDMONDS, W. D. & ZIDEK, J. 2010. A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanæus* Olsoufieff, 1924(Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Insecta Mundi**. 0129: 1-111.
- FALQUETO, S. A., VAZ-DE-MELLO, F., SCHOEREDER, J.H. 2005. Are fungivorous Scarabaeidae less specialist? **Ecología Austral**. 15: 17-22.
- FARGIONE, J., BROWN, C. S., & TILMAN, D. (2003). Community assembly and invasion: an experimental test of neutral versus niche processes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 100(15), 8916-8920.
- FEER F., PINCEBOURDE S. 2005. Diel flight activity and ecological segregation within an assemblage of tropical forest dung and carrion beetles. **Journal of Tropical Ecology**. 21: 21- 30.
- GARDNER T. A., HERNÁNDEZ M. I. M., BARLOW J., PERES C. A. 2008a. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, 1-11.
- GARDNER T. A., BARLOW J., ARAUJO I. S., AVILLA-PIRES T.C., BONALDO A. B., COSTA J. E., ESPOSITO M. C., FERREIRA L. V., HAWES J., HERNANDEZ M. I. M., HOOGMOED M. S., LEITE R. N., LO-MAN-HUNG N. F., MALCOM J. R., MARTINS M. B., MESTRE L. A. M., MIRANDA-SANTOS R., OVERAL W. L., PARRY L., PETERS S. L., RIBEIRO-JUNIOR M. A., SILVA M. N. F. DA, MOTTA C. DA S., PERES C. A. 2008b. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, 11:139-150.
- GERISCH, M., AGOSTINELLI, V., HENLE, K., DZIOCK, F. 2012. More species, but all do the same: contrasting effects of flood disturbance on ground beetle functional and species diversity. **Oikos**. 121: 508–515.
- GONÇALVES H. C., MERCANTE, M. A. & SANTOS E. T. 2011. Hydrological Cycle. **Brazilian Journal Biology**. 71. 1: 241-253.
- HALFFTER, G.; MATTHEWS, E.G. 1966.The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**. 12/14: 1-312.
- HAMILTON, S.K. 2002. Hydrological controls of ecological structure and function in the Pantanal wetland (Brazil). P. 133-158. In: McClain, M. (Ed.). The

- Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands. Manaus, International Association of Hydrological Sciences.
- HECKMANN, C. W. 1998. The Pantanal of Poconé. Biota and ecology in the northern section of the world's largest pristine wetland. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 622 p
- HANSKI, I., CAMBEFORT, Y. 1991. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton. 481 p.
- JANZEN, D. H. 1983. Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pasture. **Oikos**. 41: 274-283.
- JUNK, W. J., BAYLEY, P. B., SPARKS, R. E. 1989. The flood pulse concept in riverfloodplain systems, p. 110-127. In: Dodge, D. P. (ed.) **Proceedings International Large River Symposium (LARS)**.
- KOHLMANN, B., S. SÁNCHEZ-COLÓN. 1984. Structure of a Scarabaeinae community: A numerical-behavioural study (Coleoptera: Scarabaeinae). **Acta Zoologica Mexicana**. 2:1-27.
- KRELL F.-T., KRELL-WESTERWALBESLOH S., WEIß I., EGGLETON P., LINSENMAIR, K. E. 2003. Spatial separation of Afrotropical dung beetle guilds: a trade-off between competitive superiority and energetic constraints (Coleoptera: Scarabaeidae). **Ecography** 26: 210-222.
- LARSEN T. H., LOPERA A., FORSYTH A. (2008) Understanding trait-dependent community disassembly: dung beetles, density functions and forest fragmentation. **Conservation Biology**, 22: 1288-1298.
- LOPES, V.A. 2000. Comunidades de Scarabaeidae Stricto sensu (Coleoptera) em quatro tipos de vegetação nativa do Pantanal Sul-mato-grossense. 25p. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande .
- LOUZADA J. N. C., LOPES F. S., VAZ-DE-MELLO F. Z. 2007. Structure and composition of a dung beetle community (Coleoptera, Scarabaeinae) in a small Forest patch from Brazilian Pantanal. **Revista Brasileira de Zociências**. 9(2): 199-203.
- MASON, N. W. H, D. MOUILLOT, W. G. LEE, AND J. B. WILSON. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**. 111:112-118.
- MCGILL, B. J., ENQUIST, B. J., WEIHER, E., WESTOBY, M. (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**. 21:178-185.
- MERCANTE, M. A., RODRIGUES, S. C. & ROSS, J. L. S. 2011. Geomorphology and habitat diversity in the Pantanal. **Brazilian Journal of Biology**. 71. 1: 233-240
- MOUCHET, M. A., VILLÉGER, S., MASON, N. W. H. AND MOUILLOT, D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology**. 24: 867-876.
- NICHOLS E., SPECTOR S., LOUZADA J., LARSEN T., AMEZQUITA S., FAVILA M. E., The Scarabaeinae Research Network. 2008. Ecological Functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141:1461-1474.
- NICHOLS, E., URIARTE, M., BUNKER, D. E., FAVILA, M. E., SLADE, E. M., VULINEC, K., LARSEN, T., VAZ-DE-MELLO, F. Z., LOUZADA, J., NAEEM S., SPECTOR, S. H. In press. Trait-dependent response of dung beetle

- populations to tropical forest conversion at local and regional scales. **Ecology**. <http://dx.doi.org/10.1890/12-0251.1>
- PONCE, V. M. 1995. Impacto hidrológico e ambiental da Hidrovia Parana-Paraguai no Pantanal Matogrossense. San Diego State University, report prepared for the C. S. Mott Foundation, 144 p.
- POFF, N. L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 16: 391–409.
- PRODEAGRO, 1997. Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso. Governo do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: Meio Biótico.
- SILVA, J. S. V., ABDON, M. M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 33(Número Especial): 1703-1711.
- 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):1094-104.
- TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. & SIEMANN, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**. 277: 1300-1302.
- TISSIANI, A. S. O. 2009. Composição da comunidade de Scarabaeidae coprófagos (Insecta, Coleoptera), em uma área na região norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil. 88 p. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2007. REVISIÓN TAXONÓMICA Y ANÁLISIS FILOGENÉTICO DE LA TRIBU ATEUCHINI (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Tese de Doutorado. 238p.
- VILLÉGER S., MASON N. W. H., D. MOUILLOT. 2008. New Multidimensional Functional Diversity Indices for a Multifaceted Framework in Functional Ecology. **Ecology**. 89/8: 2290-2301.
- WHITE, A.S. & PICKETT, S.T.A. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (eds Pickett, S.T.A. & White, P.S.). Academic Press, New York, pp. 3–13.

## Conclusão Geral

Este trabalho demonstra a interessante contribuição destes besouros à ecologia funcional, devido à qualidade de bioindicadores, as respostas de atributos a filtros ambientais e os importantes serviços ecológicos prestados por eles. A investigação das relações funcionais das comunidades entre diferentes ambientes, distúrbios e efeitos podem revelar padrões interessantes, como a assimetria funcional presente neste grupo. Outro fato de extrema relevância é que embora estes besouros possuam grupos bem definidos na literatura, ainda existam lacunas que não permitem uma melhor averiguação funcional dos mesmos. Assim o estudo dos atributos pode se revelar como uma ferramenta interessante para avaliar comunidades com espécies cujo comportamento ou história natural seja pouco conhecido.

A inundação é um processo determinante na estruturação da comunidade de besouros, e sua intensidade é o fator que apresenta o maior filtro ambiental para as espécies. De acordo com o levantamento realizado ocorrem na área 35 espécies de ampla distribuição, principalmente do cerrado e do chaco e funcionalmente a comunidade se estrutura em oito grupos funcionais definidos pelos atributos de comportamento de deslocamento horizontal, tipo de ninho, período de atividade e dieta. Observando os dados obtidos neste estudo, podemos afirmar que a funcionalidade de um ambiente pode se manter sem muitas alterações em dois cenários: quando existem diferenças estruturais na comunidade ou quando a comunidade entre os dois ambientes possui uma similaridade estrutural muito grande. A equitabilidade funcional similar entre as áreas pode ser um efeito da assimetria entre os grupos funcionais, e é possível que seja um padrão comum às comunidades de Scarabaeinae. Assim pode-se compreender a importância do pulso de inundação na estruturação da comunidade de besouros rola-bostas.

## Anexos

Tabela 1: Indivíduos de besouros da subfamília Scarabaeinae coletados em três áreas diferentes do pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. Onde: AL – Ambiente Alagável, NA – Ambiente não Alagável. Área 1 – Fazenda Conceição. Área 2 – Fazenda Alvorada. Área 3 – RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras. Coletados entre agosto de 2011 e Maio de 2012.

Espécie	Área 1		Área 2		Área 3		Total
	AL	NA	AL	NA	AL	NA	
<i>Anisocanthon aff. villosus</i> (Harold, 1868)	--	--	--	--	4	--	4
<i>Ateuchus carbonarius</i> (Harold, 1868)	81	479	--	--	--	--	560
<i>Ateuchus</i> sp.1	117	972	224	39	89	162	1603
<i>Canthidium aff. viride</i> (Lucas, 1859)	44	100	1	1	--	--	146
<i>Canthidium barbaticum</i> Preudhomme de Borre, 1886	277	1839	8	2	75	26	2227
<i>Canthidium</i> sp.1	39	90	743	149	2161	4243	7425
<i>Canthidium</i> sp.2	--	--	30	5	--	--	35
<i>Canthidium</i> sp.3	--	1	--	--	--	--	1
<i>Canthon histrio</i> (LePeletier de Saint-Fargeau & Audinet-Serville, 1828)	88	94	7	9	2	--	200
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1813)	12	68	--	--	1	1	82
<i>Canthon maldonadoi</i> Martinez, 1951	3	--	--	4	1	11	19
<i>Canthon mutabilis</i> (Lucas, 1859)	10	8	3	5	4	2	32
<i>Canthon ornatus bipunctatus</i> (Burmeister, 1873)	--	1	--	--	--	--	1
<i>Canthon quinque maculatus</i> Castelnau, 1840	--	--	53	38	187	247	525
<i>Canthon daguerrei</i> Martínez, 1951	229	2	607	652	1	4	1495
<i>Coprophanæus bonariensis</i> (Gory, 1844)	--	3	--	--	--	--	3
<i>Coprophanæus milon</i> (Blanchard, 1846)	--	6	7	15	--	--	28
<i>Deltochilum elongatum</i> Felsche, 1907	12	1	--	--	--	--	13
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1846)	59	203	13	26	1	--	302
<i>Dichotomius lycas</i> (Felsche, 1901)	5	36	--	--	--	--	41
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	92	90	1	4	--	--	187
<i>Dichotomius opacipennis</i> (Luederwaldt, 1931)	24	253	--	--	--	--	277
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	4	--	--	5	--	--	9
<i>Eurysternus caribæus</i> (Herbst, 1789)	3	31	121	93	338	846	1432
<i>Eurysternus nigrovirens</i> Génier, 2009	--	--	1	1	53	301	356
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	1	33	--	--	--	--	34
<i>Gromphas inermis</i> Harold, 1869	--	--	--	1	--	--	1
<i>Malagoniella astyanax</i> (Olivier, 1789)	10	133	--	1	1	--	145
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	134	661	30	61	--	8	894
<i>Ontherus digitatus</i> Harold, 1868	1	30	--	1	--	--	32
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius, 1775)	9	30	749	1018	519	1254	3579
<i>Onthophagus aff. hirculus</i> Mannerheim, 1829	58	230	90	180	29	36	623
<i>Trichillidium quadridens</i> (Arrow, 1932)	72	169	93	78	127	424	963
<i>Trichillum externepunctatum</i> Preudhomme de Borre, 1880	86	8	2	5	--	--	101
<i>Uroxys aff. corporaali</i> Balthasar, 1940	31	1491	26	16	7	5	1576

Tabela 2: Os dois grupos da primeira partição formados pelo método de K-means, realizado a partir de 100 partições aleatórias, utilizando o índice de dissimilaridade de Gower, com análise a posteriori dos grupos para uma comunidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) coletados no Pantanal, sub-região do Poconé, Mato grosso, Brasil.

<b>Grupo</b>	<b>Característica do grupo</b>	<b>Espécies</b>
<b>A</b>	Atividade Diurno-Mista, Forma Bola/Pera-Ninho, Quando Noturno - Desloca Horizontalmente.	<i>Anisocanthon aff. villosus</i> , <i>Deltochilum elongatum</i> , <i>Malagoniella astyanax</i> , <i>Eurysternus caribaeus</i> , <i>Eurysternus nigrovirens</i> , <i>Canthon daguerrei</i> , <i>Canthon histrio</i> , <i>Canthon lituratus</i> , <i>Canthon maldonadoi</i> , <i>Canthon mutabilis</i> , <i>Canthon ornatus</i> , <i>Canthon quinquemaculatus</i> , <i>Canthidium aff. viride</i> , <i>Canthidium barbaticum</i> , <i>Canthidium sp.1</i> , <i>Canthidium sp.2</i> , <i>Canthidium sp.3</i> , <i>Gromphas inermis</i> , <i>Coprophanaeus bonariensis</i>
<b>B</b>	Atividade Noturno-Mista, Não Forma Bola/Pera-Ninho, Quando forma- Não desloca horizontalmente.	<i>Coprophanaeus milon</i> , <i>Ontherus appendiculatus</i> , <i>Ontherus digitatus</i> , <i>Ontherus sulcator</i> , <i>Ateuchus carbonarius</i> , <i>Ateuchus sp.1</i> , <i>Genieridium cryptops</i> , <i>Onthophagus aff. hirculus</i> , <i>Trichillidium quadridens</i> , <i>Trichillum externepunctatum</i> , <i>Uroxys aff. corporaali</i> , <i>Dichotomius bos</i> , <i>Dichotomius lycas</i> , <i>Dichotomius nisus</i> , <i>Dichotomius opacipennis</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i>

Tabela 3: os oito grupos formados para uma comunidade de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) coletados no Pantanal, sub-região do Poconé, Mato grosso, Brasil. Os grupos foram formados a partir do método de K-means, realizado a partir de 100 partições aleatórias, utilizando o índice de dissimilaridade de Gower, com análise a posteriori dos grupos.

<b>Grupo</b>	<b>Característica do grupo</b>	<b>Espécies</b>
1	Não desloca horizontalmente, Bola/Pera-Ninho, <15 mm, Atividade Noturnas	<i>Ontherus appendiculatus</i> , <i>Ontherus digitatus</i> , <i>Ontherus sulcator</i>
2	Desloca horizontalmente, Atividade Noturna	<i>Anisocanthon aff. villosus</i> , <i>Deltochilum elongatum</i> , <i>Malagoniella astyanax</i>
3	Não desloca horizontalmente, Bola/Pera-Ninho, <15 mm, Atividade Mista	<i>Eurysternus caribaeus</i> , <i>Eurysternus nigrovirens</i>
4	Não desloca horizontalmente, Não faz Bola/Pera-Ninho, <6 mm	<i>Ateuchus carbonarius</i> , <i>Ateuchus sp.1</i> , <i>Genieridium cryptops</i> , <i>Onthophagus aff. hirculus</i> , <i>Trichillidium quadridens</i> , <i>Trichillum externepunctatum</i> , <i>Uroxys aff. corporaali</i>
5	Desloca horizontalmente, Atividade Diurna	<i>Canthon daguerrei</i> , <i>Canthon histrio</i> , <i>Canthon lituratus</i> , <i>Canthon maldonadoi</i> , <i>Canthon mutabilis</i> , <i>Canthon ornatus</i> , <i>Canthon quinquemaculatus</i>
6	Não desloca horizontalmente, Bola/Pera-Ninho, >15 mm	<i>Coprophanaeus bonariensis</i> , <i>Coprophanaeus milon</i>
7	Não desloca horizontalmente, Não faz Bola/Pera-Ninho, >6 mm	<i>Dichotomius bos</i> , <i>Dichotomius lycas</i> , <i>Dichotomius nisus</i> , <i>Dichotomius opacipennis</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i>
8	Não desloca horizontalmente, Bola/Pera-Ninho, <15 mm, Atividade Diurna	<i>Canthidium aff. viride</i> , <i>Canthidium barbacenicum</i> , <i>Canthidium sp.1</i> , <i>Canthidium sp.2</i> , <i>Canthidium sp.3</i> , <i>Gromphas inermis</i>

Tabela 4: Valores obtidos para ANOVA dois fatores entre os índices funcionais das comunidades de Scarabaeine coletados em três ambientes diferentes no Pantanal de Poconé. Coletados entre agosto de 2011 e Maio de 2012.

<b>Riqueza Funcional</b>			
	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Ambiente</b>	1	0,671	0,416
<b>Área</b>	2	140,183	<0,001
<b>Ambiente*Área</b>	2	0,938	0,398
<b>Equitabilidade Funcional</b>			
	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Ambiente</b>	1	1,881	0,1759
<b>Área</b>	2	2,468	0,0942
<b>Ambiente*Área</b>	2	1,365	0,264
<b>Divergência Funcional</b>			
	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Ambiente</b>	1	0,045	0,8327
<b>Área</b>	2	77,875	<0,001
<b>Ambiente*Área</b>	2	3,726	0,0305
<b>Índice de Rao</b>			
	<b>GL</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Ambiente</b>	1	0,48	0,4912
<b>Área</b>	2	60,774	<0,001
<b>Ambiente*Área</b>	2	8,684	<0,001

Tabela 5: Média dos índices obtidos para a comunidade de Scarabaeina coletados em três áreas do Pantanal de Poconé onde: A1 – Fazenda Conceição, A2 – Fazenda Alvorada, A3 – RPPN SESC Pantanal Baía das Pedras.

<b>Área</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Riqueza Funcional</b>			
<b>Área 1</b>	Não inundável	0,077	0,0067
	Inundável	0,0677	0,013
<b>Área 2</b>	Não inundável	0,0397	0,0119
	Inundável	0,0385	0,0161
<b>Área 3</b>	Não inundável	0,0172	0,0074
	Inundável	0,0143	0,0119
<b>Equitabilidade Funcional</b>			
<b>Área 1</b>	Não inundável	0,5237	0,0784
	Inundável	0,6033	0,1027
<b>Área 2</b>	Não inundável	0,5166	0,0929
	Inundável	0,4662	0,1122
<b>Área 3</b>	Não inundável	0,4551	0,1656
	Inundável	0,4907	0,1361
<b>Divergência funcional</b>			
<b>Área 1</b>	Não inundável	0,7768	0,0418
	Inundável	0,8167	0,0595
<b>Área 2</b>	Não inundável	0,8617	0,0414
	Inundável	0,7797	0,1161
<b>Área 3</b>	Não inundável	0,5468	0,0983
	Inundável	0,5468	0,1185
<b>Índice de RAO</b>			
<b>Área 1</b>	Não inundável	0,0419	0,0057
	Inundável	0,0521	0,0085
<b>Área 2</b>	Não inundável	0,0436	0,0067
	Inundável	0,0373	0,0094
<b>Área 3</b>	Não inundável	0,0258	0,0059
	Inundável	0,0205	0,0028