

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**JULLIANA WELLEN BARRETTO MARCELINO**

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE SCARABAEINAE**  
**(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM TRÊS AMBIENTES DE**  
**CAATINGA**

Recife, PE

2015

**JULLIANA WELLEN BARRETTO MARCELINO**

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE SCARABAEINAE  
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM TRÊS AMBIENTES DE  
CAATINGA**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana Iannuzzi**

Recife, PE

2015

Parecer da comissão examinadora da monografia de:

**JULLIANA WELLEN BARRETTO MARCELINO**

intitulada:

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE SCARABAEINAE  
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM TRÊS AMBIENTES DE  
CAATINGA**

Aprovada em 19/02/2015

MEMBROS TITULARES:

\_\_\_\_\_  
José Roberto Botelho de Souza, Doutor, UFPE

\_\_\_\_\_  
Simão Dias Vasconcelos, Doutor, UFPE

\_\_\_\_\_  
Júlio Neil Cassada Louzada, Doutor, UFLA

MEMBROS SUPLENTE:

\_\_\_\_\_  
Rita Cassia de Moura, Doutora, UPE

\_\_\_\_\_  
Cleide Maria Ribeiro de Albuquerque, Doutora, UFPE

CONCEITO FINAL: APROVADA

Catálogo na fonte

Elaine Barroso

CRB 1728

Marcelino, Julliana Wellen Barretto

**Estrutura da comunidade de Scarabeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em três ambientes de Caatinga/ Julliana Wellen Barretto Marcelino– Recife: O Autor, 2015.**

**55 folhas : il., fig., tab.**

**Orientador: Luciana Iannuzzi**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.**

**Centro de Ciências Biológicas, Ciências Biológicas, 2015.**

Inclui bibliografia e apêndice

**1. Besouro 2. Diversidade biológica 3. Caatinga I. Iannuzzi, Luciana (orientadora) II. Título**

595.7649

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2015-111

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar o privilégio de ter uma profissão incrível!

Aos meus pais, Luiz e Gessiana, pela ajuda e suporte em todas as etapas da minha vida!

Aos meus irmãos, Amanda, Luiz Felipe, Nice e Carminha. A vida é muito mais divertida com vocês!

Ao meu companheiro e amigo Rodrigo, pelo carinho e apoio nas horas difíceis do mestrado. E claro, por todas as sugestões e discussões, que foram importantes na construção deste trabalho.

Agradeço especialmente a Renato, que me aturou por 20 dias no Boqueirão da Onça e, principalmente, foi essencial para a idealização e a primeira ida ao campo.

À Rodrigo e Fábio, que aceitaram me ajudar em campo e enfrentaram 15 dias de muito bode, calor e isolamento no sertão, sempre com bom humor e sorriso. Sem vocês eu não teria conseguido!

Agradeço à todos que me acolheram, ajudaram e me *mimaram* no Boqueirão da Onça: Seu Domingos, Luciana, Dona Mariluze, Seu Lélé, Anadulce e Henry. Foi uma experiência incrível os dias com vocês!

Aos meus amigos de laboratório, Fábio, Ju C e Lari, que me ensinaram que taxonomia também é legal, principalmente quando termina em filogenia!

A minha orientadora, Luciana, que me aceitou para o mestrado sem me conhecer e foi sempre muito compreensiva!

Ao coordenador e ao programa de mestrado em Biologia Animal e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, que atuaram como fomentadores intelectual e financeiro deste projeto.

## RESUMO

A Caatinga, ecossistema exclusivamente brasileiro, é caracterizada por um mosaico fitofisionômico e peculiaridades meteorológicas, abrigando parte importante da biodiversidade do planeta, com altos níveis de endemismo. No entanto, a Caatinga é considerada a região natural brasileira menos protegida, estudada e conhecida, sob aspectos ecológicos e científicos. O objetivo do estudo foi caracterizar e comparar a estrutura da comunidade de besouros Scarabaeinae ao longo da variação fisionômica em um mosaico de Caatinga do Boqueirão da Onça – Bahia, considerando três diferentes fisionomias: 1) Caatinga com elementos do Cerrado; 2) Caatinga; e 3) Grota com afloramentos rochosos ou florestada. As coletas foram realizadas na estação chuvosa, nos anos de 2013 e 2014, quando foram escolhidos três pontos de coleta, equidistantes no mínimo 2000m, para cada fisionomia. Em cada ponto de coleta foi instalado um transecto com 10 armadilhas de solo (“*pitfall*”), dispostas alternadamente e distantes 20 m entre si. Destas, cinco armadilhas foram iscadas com fezes humanas e cinco com baço em decomposição. Cada transecto permaneceu em campo por 48hrs. As comunidades foram analisadas através da abundância, riqueza e composição de espécies entre as fisionomias, e comparadas em relação ao ano de coleta e ao tipo de isca. Foi capturado um total de 1073 indivíduos, pertencentes a 14 espécies e oito gêneros. Desses, 316 indivíduos (12 espécies) foram coletados no Cerrado, 271 (9 espécies) na Caatinga e 486 indivíduos (10 espécies) capturados na Grota. Das 14 espécies registradas, seis foram compartilhadas pelas três fisionomias, porém no Cerrado duas foram exclusivas, enquanto que a Caatinga e a Grota apresentam uma espécie exclusiva. A variação fisionômica não influenciou a abundância ( $F= 1,095$ ;  $p=0,360$ ), a riqueza ( $F=3,123$ ;  $p=0,073$ ) e a composição de espécies, como observado no NMDS e confirmado pelo ANOSIM (global  $R = 0,10$ ,  $p = 0,11$ ). No entanto, as comunidades variaram quando comparadas entre os anos de coleta e entre os tipos de isca. Embora os ambientes apresentem diferenças fisionômicas, esta variação não foi suficiente para alterar de maneira significativa os parâmetros ecológicos das comunidades de besouros escarabeíneos.

Palavras chave: Biodiversidade, Ecologia de comunidades, Mosaico Rola–bosta, e Semi-árido.

## ABSTRACT

Caatinga, an ecosystem exclusively from Brazil, is characterized by a phytophysiognomic mosaic and meteorological peculiarities, hosting important part of the planet's biodiversity with high levels of endemism. However, Caatinga is considered the least protected, studied and known natural Brazilian region when it comes to ecological and scientific aspects. The objective of this study was to characterize and compare the structure of the Scarabaeinae beetles' community through the variation in the environmental changes in a Caatinga mosaic of Boqueirão da Onça - Bahia, considering three different physiognomic: 1) Caatinga with elements from Cerrado, 2) Caatinga, 3) Rocky outcropped or forested grotto. The sampling of Scarabaeinae occurred during the rainy season in 2013 and 2014, when there were chosen three collecting sites, equidistant by at least 2000 meters, for each environment. In each collecting site it was installed one transect with 10 ground traps ("pitfall"), disposed alternatively and distant 20m from each other. From these, five traps were baited with human feces and five with decomposing bovine meat. Each transect remained on field for 48h. The communities were analyzed through the abundance, richness and composition of species, between physiognomic, and compared in terms of the year of sampling and the type of bait. A total of 1073 individuals were captured, composing eight genders and 14 species. From these, 316 individuals (12 species) were collected in Cerrado, 271 (nine species) in Caatinga and 486 individuals (10 species) captured in the Grotto. Of the 14 registered species, six shared the three environments; however, two were exclusive from Cerrado while Caatinga and Grotto exhibited one exclusive species each. The environmental variation did not influence abundance ( $F=1,095$ ;  $p=0,360$ ), richness ( $F=3,123$ ;  $p=0,073$ ), nor composition of species, as observed on NMDS and confirmed through ANOSIM (global  $R=0,10$ ;  $p=0,11$ ). However, the community varied when compared between the year of sampling and the type of bait. Even though the environments present physiognomic differences, this variation was not sufficient to alter significantly the ecological parameters of the Scarabaeinae beetles' communities.

Key words: Biodiversity, Community ecology, Dung beetle mosaic and semiarid

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudo, unidade de caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil.
- Figura 2.** Ambientes amostrados, compondo o mosaico da Caatinga, Boqueirão da Onça – Bahia / Brasil. 1A) Cerrado 1B) Caatinga Stricto sensu 1C e 1D) Grotas.
- Figura 3.** Desenho representativo dos pontos de coleta (1, 2, 3) e dos conjuntos de armadilhas instalados.
- Figura 4.** Curva de acumulação de espécies baseada no número de indivíduos de Scarabaeinae coletados em fisionomias da Caatinga – Cerrado, Grotas e Caatinga, do Boqueirão da Onça, Bahia / Brasil. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95% da riqueza observada na Caatinga.
- Figura 5.** Ranking de abundância das espécies de besouros Scarabaeinae nas fisionomias do mosaico da Caatinga. A) *Deltochilum verruciferum*; B) *Dichotomius geminatus*; C) *Ateuchus carbonarius*; D) *Canthon* sp.1; E) *Canthon carbonarius*.
- Figura 6.** Ranking de abundância das espécies de besouros Scarabaeinae, entre os anos de coleta para a comunidade geral (a), e para cada fisionomia entre os anos (b. Cerrado, c. Grotas e d. Caatinga) A) *Deltochilum verruciferum*; B) *Ateuchus carbonarius*; C) *Dichotomius geminatus*; D) *Canthon* sp.2; E) *Canthon carbonarius*; F) *Canthon melancholicum*; G) *Dichotomius nisus*; H) *Digitotonphagus gazela*; I) *Anomiopus* sp.; J) *Canthon* sp.1.
- Figura 7.** MDS mostrando agrupamento das fisionomias com base na presença e ausência de espécies de besouros Scarabaeinae, utilizando a matriz Bray-Curtis de similaridade.
- Figura 8.** Dendograma de ligação média, para a estrutura de comunidades de três fisionomias da unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil. Corte

de 0.6, baseado na matriz de similaridade Bray-Curtis. A) agrupamento da Grota. Separação entre anos B) 2014 e C) 2013.

**Figura 9.** NMDS mostrando agrupamento com base na composição de espécies de besouros Scarabaeinae capturados em duas iscas: baço em decomposição e fezes humanas, utilizando a matriz Bray-Curtis de similaridade. A) Unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, B) Cerrado, C) Grota e D) Caatinga. ● Baço em decomposição Δ Fezes.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela I.** Número de indivíduos (N), por espécie de besouro escarabeíneos, capturados com armadilha “pitfall” iscada com fezes humanas (FH) e baço bovino (BB), em três ambientes naturais de Caatinga, no Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil, em 2013 e 2014.

**Tabela II.** Índice de diversidade beta de Wilson & Schmida (1984), comparado para cada combinação entre as diferentes fisionomias do mosaico da unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil.

# SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
<i>A Caatinga</i>	11
<i>Besouros da Subfamília Scarabaeinae</i>	14
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>
<b>SEGUNDA PARTE</b>	
<b>Estrutura da Comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em três ambientes de Caatinga .....</b>	<b>26</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>28</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>28</b>
<b>HIPÓTESES .....</b>	<b>28</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
<i>Área de Estudo</i>	29
<i>Coleta de Dados</i>	30
<i>Análise de Dados</i>	32
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>55</b>

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### *A Caatinga*

Estima-se que a Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, abranja uma área de 935 mil km<sup>2</sup>, ocorrendo em menor ou maior extensão em todos os estados do Nordeste brasileiro e no norte de Minas Gerais (AB'SÁBER, 1977; IBGE, 1985; SAMPAIO e RODAL, 2000). Este bioma é predominantemente localizado nas depressões interplanálticas (pediplanos ondulados), com algumas exceções ocorrendo em chapadas e planaltos (AB'SÁBER, 1974; ANDRADE – LIMA, 1981).

A localização e abrangência da Caatinga se dão pela gênese do bioma, formado a partir de intensos processos de pediplanação ocorridos durante o Terciário superior e Quaternário inferior (AB'SÁBER, 1974). Estes processos originaram um relevo montanhoso e levemente ondulado, com diferentes características geológicas e geomorfológicas, que de maneira geral, caracteriza-se por apresentar substratos jovens, com baixa taxa de decomposição da rocha - mãe, resultando em solos rasos, pedregosos e com afloramentos de rochas maciças (AB'SÁBER, 1974; TRICART, 1961).

Apesar de sua origem, o solo pode se apresentar de duas formas, como solos rasos e solos profundos, pois os processos de pediplanação ocorridos na Caatinga seguem dois tipos de erosão: esfoliação milimétrica e métrica. O solo raso, com apenas alguns milímetros de profundidade e grandes concentrações de areia, é resultado do processo de *esfoliação milimétrica*. Este processo modela as planícies inclinadas e ocorre pela ação erosiva da água corrente que atua na desagregação de lascas de alguns milímetros de espessura, que irão produzir grandes quantidades de areia. O solo profundo, com grandes rochas e cerca de um metro de profundidade, resulta da *esfoliação métrica*. Por sua vez, também pela ação da água, este processo se dá pela retirada do substrato em fissuras paralelas ao solo, com profundidade significativa para formar e remover blocos (AB'SÁBER, 1974; TRICART, 1961). Após a sua formação, juntamente com todos os ambientes da América do Sul, a Caatinga foi modificada por processos de expansão/retração das florestas úmidas, em decorrência das variações climáticas. Este evento impediu a demarcação de fronteiras bem definidas para a Caatinga, resultando numa combinação de florestas secas inseridas em savanas e florestas tropicais, bem como

manchas de florestas tropicais úmidas e savanas dentro da Caatinga (AULER *et al.*, 2004).

Outra característica particular da Caatinga é a diversificada comunidade vegetal, cujo estabelecimento, sobrevivência e biologia dependem do tipo de solo e do regime de chuvas (PRADO, 2003). Em sua maioria, este bioma é originalmente coberto por florestas arbóreas ou arbustivas, com espécies de árvores lenhosas e arbustos baixos, ou tipos intermediários, com espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas (PRADO, 2003). A comunidade vegetal se distribui na região de acordo com fatores ambientais (vegetação, solo, clima), que quando arrançados em diferentes combinações, formam as distintas fisionomias. As fisionomias da Caatinga, dispostas em forma de mosaico, variam de florestas altas e secas com 15-20 m de altura, até afloramentos rochosos, com arbustos de pequeno porte, esparsos e espalhados (PRADO, 2003). Este mosaico conta com 13 tipos de vegetação, que estão intimamente relacionadas com a fisionomia, localidade e substrato (ANDRADE – LIMA, 1981; PRADO, 2003).

O clima predominante da Caatinga é do tipo semi – árido quente (BSh, segundo a classificação de Köppen, 2013), definido por baixa nebulosidade, forte insolação, índices elevados de evaporação, temperaturas médias elevadas, escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição (ALVARES *et al.*, 2014). Quando comparada a outras formações brasileiras, a Caatinga exhibe características meteorológicas extremas, resultado de uma forte irregularidade climática (REIS, 1976; REDDY, 1983; SAMPAIO, 1995). Esta irregularidade é consequência direta dos eventos da precipitação, como (1) a distribuição anual desigual, com concentração de 50 a 70% das chuvas em apenas três meses consecutivos; (2) a ausência completa de chuvas em alguns anos; e (3) a irregularidade do sistema de chuvas de um ano para o outro (NIMER, 1972; PRADO, 2003; LOIOLA *et al.*, 2012). Estes eventos caracterizam a região e modelam a vida animal e vegetal da Caatinga (NIMER, 1972; PRADO, 2003).

Os ambientes de clima árido e semi – árido, principalmente pela alta temperatura e baixa pluviometria, são considerados hostis e restritivos para a fauna e flora, e por isso por muito tempo a Caatinga foi considerada pobre e com poucos casos de endemismo (DAYTON e FITZGERALD, 2006; HOLTER *et al.*, 2009). No entanto, estudos revelam uma grande riqueza de espécies da flora e da fauna na Caatinga, com níveis regulares de endemismo para espécies vegetais (PRADO, 1991) e múltiplos grupos animais (MMA, 2002; PENNINGTON *et al.*, 2000).

A fauna e os diversos tipos de formação vegetacional da Caatinga justificam a destacada importância ambiental, devido à execução de serviços ambientais que favorecem o bioma. A fauna desempenha papel fundamental na conservação e manutenção do ecossistema, atuando, por exemplo, na dispersão e polinização de espécies vegetais e transformação da matéria orgânica (GIL, 2002). Por outro lado, a vegetação é responsável pela proteção contra erosão e conservação da fertilidade do solo, manutenção da água e do clima, além de servir como limitador natural para a entrada e expansão de espécies invasoras (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Além do valor ambiental, os componentes da fauna e flora da Caatinga podem ser fonte de recursos econômicos. A exploração da região do semi - árido nordestino no Brasil teve início no período colonial, com o uso do solo para pecuária, e se intensificou em meados do século XVII, com a abertura das áreas florestadas para a pecuária extensiva, que se tornou base da economia sertaneja (MOREIRA *et al.*, 2007; PAUPITZ, 2010). Em longo prazo, a interiorização da economia acarretou na descaracterização física e biológica da Caatinga diante da urbanização, uso intensivo de madeira, mineração de areia e argila, da agricultura, da implantação de pastagens, e mais recentemente, das hidroelétricas e da abertura de estradas (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Anteriormente, a gipsita (matéria – prima do gesso), o carvão vegetal e a madeira eram os principais recursos comercializados, e o processo de extração desses elementos foi o responsável pela retirada de boa parcela da cobertura vegetal original da Caatinga (MMA, 2006; RAMOS *et al.*, 2008). Atualmente, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2002), as atividades que exercem maior pressão sobre os ambientes de Caatinga são a agricultura de subsistência e a comercial.

Atuando de maneira sinérgica, as atividades antrópicas de uso e extração dos recursos naturais e os recentes eventos de mudança climática em nível global têm causado o processo de desertificação sobre os ambientes áridos (SOUZA *et al.*, 2012). Estima-se que 99.000 km<sup>2</sup> da região da Caatinga já se encontram em avançado nível de desertificação, sendo em sua maioria áreas já degradadas (GOMES *et al.*, 2007). Este processo atribui ao ambiente árido uma maior fragilidade do solo, com redução dos componentes orgânicos e inorgânicos, compactação excessiva e salinização do solo e aumento do pH, resultando, em especial, na redução da fertilidade (SAMPAIO e SAMPAIO, 2002).

Pelo histórico de anos de uso inadequado e insustentável dos solos e recursos naturais, atrelado ao descaso das autoridades, a Caatinga é um dos biomas brasileiros mais

ameaçados. Existem apenas 11 unidades de conservação, o que corresponde a menos de 1% do domínio da Caatinga inserido em unidades de proteção integral (LEAL *et al.*, 2005). Estas unidades são insuficientes para proteção da biodiversidade, dado corroborado pelo alto grau de vulnerabilidade e extinção da fauna e flora, que já contribuiu com mais de 60 espécies animais e 19 vegetais na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção, ou já extintas, do IBAMA (2008). Por exemplo, a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), que está oficialmente extinta da natureza e os besouros *Megasoma gys rumbucheri* Fischer, 1968 e *Coarazuphium cessaima* Gnaspini, Vanin e Godoy, 1998, considerados vulneráveis à extinção (IBAMA, 2008).

Por ser considerado um ambiente intensamente ameaçado, a Caatinga vem sendo alvo de estudos que tem por objetivo conhecer e mensurar sua diversidade biológica e elucidar seu *status* de conservação. Os projetos e pesquisas focam em áreas mais populares, como regiões povoadas ou próximas ao Rio São Francisco, que nesta década tornaram – se alvo de grandes discussões pelo projeto de transposição de suas águas para abastecimento da região do semi – árido. Alguns desses projetos, liderados ou financiados por órgãos federais e realizados pela comunidade científica, têm contribuído muito, a exemplo das obras de Leal *et al.* (2003) e Siqueira Filho *et al.* (2012), que reuniram uma ampla gama de informações inéditas sobre vários grupos animais e vegetais da região do semi – árido brasileiro.

Diante do cenário atual, ações prioritárias vêm sendo realizadas para viabilizar a conservação e manutenção da Caatinga, como: incentivo às pesquisas técnicas e científicas de valoração do bioma; criação de políticas públicas; e identificação de áreas prioritárias para unidades de conservação (GRILLO *et al.*, 2006). A perspectiva dessas ações é a manutenção dos recursos naturais da Caatinga assim como os benefícios ambientais, sociais e econômicos por ela prestados, garantindo entre outros, a diversidade florística e faunística deste bioma.

#### *Besouros da Subfamília Scarabaeinae*

A subfamília Scarabaeinae, pertencente à família Scarabaeidae (Coleoptera), compreende um grupo de besouros cosmopolitas, composto por aproximadamente 6.000 espécies agrupadas em 200 gêneros (HALFFTER, 1991; BROWNE e SCHOLTZ, 1999).

A ocorrência dos besouros Scarabaeinae é expressiva nas regiões neotropicais, onde se encontra a maior diversidade de espécies. Apenas para a América do Sul, por exemplo, foram registradas 1.250 espécies de Scarabaeinae (HANSKI e CAMBERFOT, 1991). Essa intensa concentração de espécies em áreas tropicais se dá pela especialização dos besouros às condições ambientais específicas, como temperatura, altitude, clima, solo, cobertura vegetal e níveis pluviométricos (DAVIS, 1997; DAVIS e SCHOLTZ, 2001). Esses fatores ambientais aliados a outras variáveis, como a disponibilidade de alimento, agem na determinação do padrão de distribuição em nível regional e global das espécies de Scarabaeinae (HALFFTER e MATTHEWS 1966; FORGIE *et al.*, 2005)

No Brasil, embora poucos estudos tenham sido realizados, até o ano de 2000 foram registradas 768 espécies de besouros Scarabaeinae, reunidas em 49 gêneros (VAZ-de-MELLO, 2000). No entanto, a maioria dos trabalhos são realizados em florestas úmidas, como a Mata Atlântica, e por isso, o conhecimento sobre a associação biológica e ecológica dos besouros Scarabaeinae aos ambientes áridos no país mostra-se incipiente. Até o momento nove estudos foram desenvolvidos na Caatinga, abordando as seguintes temáticas: levantamento de espécies e descrição de características biológicas e comportamentais (HERNADÉZ, 2005, 2007; VIEIRA e SILVA, 2012; IANNUZZI *et al.*, 2013; MEDINA e LOPES, 2014); colonização de fisionomias de vegetação consideradas como estágios sucessionais (LOPES *et al.*, 2006; NEVES *et al.*, 2010); e efeitos da modificação do habitat sobre as comunidades de besouros (LIBERAL *et al.*, 2011).

Os besouros rola-bostas, como são popularmente conhecidos, recebem esse nome pela especialização no uso de fezes e materiais em decomposição para alimentação e reprodução. O uso das fezes para alimentação teve início no período Oligoceno, com a expansão dos mamíferos herbívoros e foi impulsionada não só pela grande quantidade de recurso disponível, mas também pela alta qualidade nutricional oferecida (FORGIE *et al.*, 2005). Contudo, o hábito coprófago não é o único exercido pelos besouros Scarabaeinae atuais. Acredita-se que a diversificação alimentar, envolvendo práticas necrófagas, micetófagas, frugívoras e generalistas, ocorreu durante o Pleistoceno, devido à extinção em massa dos grandes mamíferos, levando as espécies da subfamília Scarabaeinae a ocuparem novos nichos e habitats até então inexplorados pelo grupo (HALFFTER, 1991; HALFFTER e HALFFTER, 2009).

O surgimento desses novos hábitos alimentares direcionou a separação das comunidades dos besouros escarabeíneos em guildas tróficas e funcionais. As guildas tróficas se referem ao tipo de recurso utilizado para alimentação, sendo as espécies

classificadas como necrófagas, micetófagas, carpófagas, saprófagas, predadoras e espécies generalistas (HALFFTER e MATTHEWS, 1966). Em relação às guildas funcionais, os besouros Scarabaeinae são classificados quanto a) a estratégia de alocação de recurso – podendo as espécies serem categorizadas como escavadores (ou paracoprídeos), roladores (ou telecoprídeos) e residentes (ou endocoprídeos) (GILL, 1991); b) ao padrão temporal de atividade – diurno, noturno, crepuscular ou de atividade contínua (HALFFTER, 1991); c) ao tamanho – pequenos, médios e grandes (LOUZADA, 2008).

A diversificação dos hábitos alimentares e as diferentes estratégias de alocação do recurso levaram os besouros Scarabaeinae a desempenharem funções ambientais que se tornaram essenciais ao funcionamento e manutenção dos ecossistemas (LOUZADA, 2008). O comportamento destes besouros de manipular, rolar e enterrar o recurso alimentar contribui, principalmente, com o melhoramento de características físico-químicas do solo – a exemplo do incremento da permeabilidade e aumento da aeração, incorporação da matéria orgânica e retenção de água; além de atuar como dispersores secundários de sementes e agentes no controle biológico (KOLLER *et al.*, 1999; LOUZADA, 2008).

Além disso, por serem capazes de refletir diferenças na composição florística e na estrutura do ambiente (DAVIS *et al.*, 2001), os besouros Scarabaeinae são utilizados como bioindicadores. A subfamília Scarabaeinae apresenta as características necessárias para ser considerada um bom grupo bioindicador: alta diversidade e abundância, ser considerado um grupo bem definido em termos funcionais e taxonômicos, ser de amostragem fácil e barata, apresentar ciclo de vida curto e alta especificidade ao ambiente (HALFFTER e FAVILA, 1993; SPECTOR, 2006; NICHOLS *et al.*, 2007).

O uso desses besouros como bioindicadores é possível pela compreensão do funcionamento de suas comunidades, pois a dinâmica e estrutura das assembleias são alteradas quando ocorrem modificações no ambiente, respondendo através de variação nos parâmetros de riqueza, abundância e composição de espécies (HALFFTER e FAVILA, 1993; SPECTOR e AYZAMA, 2003; ANDRESEN, 2005; GARDNER *et al.*, 2008). Estes besouros são largamente utilizados em estudos de avaliação da fragmentação, modificação e degradação do habitat; para avaliação do grau de conservação e planejamento de reservas, ou até mesmo, em estudos sobre o efeito do aquecimento global (BARBERO *et al.*, 1999; RENSBURG *et al.*, 1999; DAVIS, 2002).

No entanto, os besouros Scarabaeinae também respondem às diferenças estruturais dos ambientes, pois a distribuição geográfica das espécies demonstra ser fortemente influenciada pela história evolutiva, tolerância climática e características da vegetação, sendo a precipitação e a cobertura florestal fatores importantes para os Scarabaeinae da região tropical (HALFFTER e MATTHEWS, 1966; DAVIS, 1997; HALFFTER e ARELLANO, 2002; ESCOBAR *et al.*, 2004; ALMEIDA e LOUZADA, 2009).

As comunidades de besouros Scarabaeinae são fortemente influenciadas pela precipitação, pois alguns aspectos biológicos das espécies de besouros estão correlacionados com os níveis de chuva (HANSKI e CAMBEFORT, 1991). Segundo Halffter e Edmonds (1982), com exceção dos ambientes que apresentam distribuição pluviométrica regular o ano todo, em áreas tropicais o período de atividade dos besouros Scarabaeinae se concentra nas estações de maior quantidade de chuvas, quando ocorre emergência, cópula e postura de ovos. Ainda na mesma estação, os indivíduos podem aguardar pela condição de chuva ótima para iniciar suas atividades (HALFFTER e EDMONDS, 1982). Por isso, as comunidades de Scarabaeinae podem apresentar diferentes parâmetros ecológicos (abundância, riqueza e composição de espécies) entre meses consecutivos da estação chuvosa, ou entre as estações chuvosas de anos diferentes, acompanhando as quantidades de chuva (HERNADÉZ, 2007).

Por sua vez, a complexidade vegetacional pode afetar os parâmetros ecológicos da comunidade de besouros, através de mudanças nas características do microclima (como luminosidade, temperatura, umidade e velocidade de dissecação do recurso) e da interferência física na deposição, localização e atratividade alimentar, que influenciam o comportamento de indivíduos (NEALIS, 1977; OPPENHEIMER, 1977; MARTÍNEZ e MONTES DE OCA, 1994). Isso é notável em regiões em que os diferentes componentes vegetais da paisagem estão distribuídos naturalmente em forma de mosaico, exibindo grande riqueza de flora com estratificação vertical e variedade de nichos, as mudanças das assembleias de besouros Scarabaeinae são facilmente percebidas (HALFFTER e FAVILA, 2000).

Na Caatinga, cujas paisagens são constituídas por mosaico, as mudanças espaciais de composição de espécies estão intimamente ligadas com aspectos ambientais gerados a partir da interação desses habitats “em mancha” dentro da região (HALFFTER, 1998). As manchas variam em tamanho e forma, conexão e extensão das áreas de transição entre si, e ainda oferecem variada disponibilidade de recursos (HALFFTER 1998; HALFFTER

e ARELLANO, 2002). Essa heterogeneidade influencia as comunidades de Scarabaeinae, pois devido ao alto grau de fidelidade das espécies por um biótipo ou determinada fisionomia, as comunidades de besouros das parcelas florestais tendem a diferir das demais (KLEIN, 1989; SPECTOR e AYZAMA, 2003).

As espécies de besouros Scarabaeinae especializadas em áreas florestais não conseguem estender suas atividades a áreas abertas, ao contrário das espécies de áreas abertas, que conseguem viver fora do seu habitat ideal (HALFFETER, 1991; HALFFETER e MORENO, 2005). Por sua vez, as espécies oriundas de áreas abertas são capazes de alcançar e permanecer em novas áreas e interagir com outras espécies, modificando o padrão de interação entre as populações, e conseqüentemente os parâmetros da comunidade regional (HANSKI e CAMBEFORT, 1991; DRISCOLL e WEIR, 2005; ALMEIDA e LOUZADA, 2009). Sendo assim, numa mesma paisagem, é esperado que o mosaico apresente fauna de Scarabaeinae característica de florestas e campos abertos, complementares entre si (ALMEIDA e LOUZADA, 2009).

As comunidades de Scarabaeinae se estruturam em resposta a variáveis ambientais e por isso, comunidades residentes em áreas de forte pressão ambiental, seja ela natural ou antropogênica, tendem a apresentar estrutura diferenciada. No entanto, pouco se sabe sobre os fatores que influenciam essas comunidades em ambientes de mosaico nas regiões de clima semi – árido, e ainda, sobre como as espécies respondem às variações estruturais do mosaico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras.** Geomorfologia, v.43: p. 1-39. 1974.
- AB'SÁBER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical.** Geomorfologia, v. 53: p.1-19. 1977.
- ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. **Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação.** Neotropical Entomology, Londrina, v. 38: n. 1, p. 32-43, jan./fev. 2009.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. de M. e SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v .22, n. 6: p. 711–728. 2014.
- ANDRADE-LIMA, D. **The Caatingas dominium.** Revista Brasileira de Botânica, v. 4: p. 149-163. 1981.
- ANDRESEN, E. **Effects of Season and Vegetation Type on Community Organization of Dung Beetles in a Tropical Dry Forest.** Biotropica, Washington, v. 37, n. 2, p. 291-300, June 2005.
- ARAÚJO, E.L., CASTRO, C.C., ALBUQUERQUE, U.P., **Dynamics of Brazilian Caatinga e a review concerning the plants, environment and people.** Functional Ecology and Communities, v. 1: p. 15-28. 2007.
- AULER, A.S., WANG, X., EDWARDS, R.L., CHENG, H., CRISTALLI, P.S., SMART, P.L., RICHARDS, D.A. **Palaeoenvironments in semi-arid northeastern Brazil inferred from high precision mass spectrometric speleothem and travertine ages and the dynamics of South American rainforests.** Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers v. 2, ed 14. 2004.
- BARBERO, E.; PALESTRINI, C.; ROLANDO, A. **Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea).** Journal of Insect Conservation, v. 3, p. 75–84, 1999.
- BROWNE, D. J.; SCHOLTZ, C. H. **A phylogeny of the families of Scarabaeoidea (Coleoptera).** Systematic Entomology, Oxford, v. 24, n. 1, p. 51-84, Jan. 1999.
- DAVIS, A. J.; HUIJBREGTS, J.; KIRK-SPRIGGS, A. H.; KRIKKEN, J.; SUTTON, S. L. **The ecology and behaviour of arboreal dung beetles in**

- Borneo.** In: STORK, N. E.; ADIS, J.; DIDHAM, R. K. (Ed.). *Canopy Arthropods*. London: Chapman & Hall, p. 417-432, 1997.
- DAVIS, A. L. V. **Dung beetle diversity in South Africa: influential factors, conservation status, data inadequacies and survey design.** *African Entomology*, v. 10, n. 1, p. 53–65, 2002.
- DAVIS, A. J.; HOLLOWAY, J. D.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A. H.; SUTTON, S. L. **Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo.** *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 38, n. 3, p. 593-616. 2001.
- DAVIS, A.L.V.; SCHOLTZ, C.H. **Historical versus ecological factors influencing global patterns of scarabaeinae dung beetle diversity.** *Diversity and Distributions* v. 7: p. 161–174. 2001.
- DAYTON, G.H.; FITZGERALD, L.A. **Habitat suitability models for desert amphibians.** *Biological Conservation*, v 132, p.40-49. 2006.
- DRISCOLL, D.A.; WEIR, T. **Beetle response to habitat fragmentation depends on ecological traits, habitat condition and remnant size.** *Conserv Biol*, v. 19: p. 182 – 194. 2005.
- ESCOBAR, F. **Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape.** *Tropical Zoology*, Firenze, v, 17, n. 1, p. 123-136, 2004.
- FORGIE, S.A., PHILIPS, T.K.; SCHOLTZ, C.H. **Evolution of the Scarabaeini (Scarabaeidae: Scarabaeinae).** *Systematic Entomology* v. 30, p. 60–96. 2005.
- GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J.; PERES, C. A. **Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles.** *Journal of Applied Ecology*. Journal compilation - British Ecological Society, 2008.
- GIL, P.R. **Wilderness – Earth’s last wild places.** CEMEX, Mexico. 2002.
- GOMES, G.B., OLIVEIRA, R.S., OLIVEIRA, M.I., MONTEIRO, L.C.C. **Combatendo a desertificação no semi-árido nordestino.** In: I Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e I Conferência sobre Recursos Hídricos do Semi-Árido Brasileiro, Sobral-CE, p. 264–268. 2007.
- GRILLO, A.; OLIVEIRA, M. A.; TABARELLI, M. **Árvores. Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco.** In: PORTO,

- K. C.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; TABARELLI, M. (Org.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), p.191-218. 2006.
- HALFFTER, G. **Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)**. Folia Entomologica Mexicana, v. 82, p. 195–238, 1991.
- HALFFTER, G. **A strategy for measuring landscape biodiversity**. Biot Int v 36: p. 3 – 17. 1998.
- HALFFTER, G.; ARELLANO, L. **Response of dung beetle diversity to humaninduced changes in a tropical landscape**. Biotropica, Washington, v. 34, n. 1, p. 144-154. 2002.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. México D.F.: Man and the Biosphere Program UNESCO, 176 p. 1982.
- HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. **The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes**. Biology International, v. 27, p. 15 – 21, 1993.
- HALFFTER G.; HALFFTER V. **Why and where coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) eat seeds, fruits or vegetable detritus**. Bol Soc Entomol Aragon v. 45: p. 1–22. 2009.
- HALFFTER, G.; MATHEWS, E. G. **The natural history of dung beetles of the subfamily scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae)**. Folia Entomologica Mexicana, Mexico, n. 12/14, p. 1-312, 1966.
- HALFFTER, G.; MORENO, C. **Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta Y Gamma**. Cap 1, pgs 5 – 18, em: G.Halffter, J.Sobrerón, P.Kolleff & A. Melic (Editores). Sobre diversidade biológica: el significado de las diversidades. Monografias Tercer Milenio, v. 4. p.242. 2005.
- HANSKI, I. **The dung insect community**. in Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds). Dung beetle ecology. Princeton University Press, p. 5–21. 1991.
- HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. Princeton: Princeton University Press, p. 481. 1991.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. **Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba**. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias

- Regionais de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 369-380. 2005.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. **Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga Paraibana, Brasil.** Oecol. Bras. V. 11, ed. 3: p. 356-364, 2007.
- HOLTER, P.; SCHOLTZ, C.H.; STENSENG, L. **Desert detritivory: Nutritional ecology of dung beetle (*Pachysoma glentoni*) subsisting on plant litter in arid South African sand dunes.** Journal of Arid Environments, v. 73, p. 1090-1094. 2009.
- IANNUZZI, L.; LEAL, L.; MEIADO, M.V.; RIBEIRO, S.; SALOMÃO, R.P. **First record of myrmecochorous diaspores removal by dung beetles in the Caatinga vegetation, a Brazilian semiarid ecosystem.** Journal of Arid Environments, v. 88, p. 1-3. 2013.
- IBGE. **Atlas Nacional do Brasil. Região Nordeste.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 1985.
- IBAMA. **Lista Oficial das Espécies da Flora e Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2008.
- KLEIN, B. **Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia.** Ecology, v. 70, p. 1715–1725. 1989.
- KOLLER, W. W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S. R.; ALVES, R. G. O. **Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Campo Grande, MS, Brasil.** Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 403-412, 1999.
- LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.
- LEAL IR, SILVA JMC, TABARELLI M, LACHER Jr T. **Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil.** Megadiversidade, v. 1: p. 139-146. 2005.
- LIBERAL, C.N.; FARIAS, A.M.I.; MEIADO, M. V.; FILGUEIRAS, B. K. C.; IANNUZZI, L. **How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem.** Journal of Insect Science, v. 11: p. 114. 2011.
- LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. **Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro.** Ecologia, v.4: p. 14 – 19. 2012.

- LOPES, P. P.; LOUZADA, J. N. C.; VAZ-de-MELLO, F., Z. **Organization Of dung beetle communities (coleoptera, scarabaeidae) in areas of vegetation re-establishment in Feira de Santana, Bahia, Brazil.** *Sitentibus Série Ciências Biológicas*, v. 6, ed. 4: p. 261-266. 2006.
- LOUZADA, J.N.C. **Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) detritívoros em ecossistemas tropicais: biodiversidade e serviços ambientais.** In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.* Lavras: UFLA, p. 299-322. 2008.
- MARTÍNEZ M.I.; MONTES de OCA E. **Observaciones sobre algunos factores microambientales y el ciclo biológico de dos especies de escarabajos rodadores (Coleoptera Scarabaeidae, Canthon).** *Folia Entomol Mex*, v. 91: p. 47–59. 1994.
- MEDINA, A. M.; LOPES, P. P. **Resource Utilization and Temporal Segregation of Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) Community in a Caatinga Fragment.** *Neotrop Entomol*, v. 43: p. 127–133. 2014.
- MMA. – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga.** Universidade Federal de Pernambuco, Conservation International do Brasil e Fundação Biodiversitas, Brasília. 2002.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos.** Brasília. v.148 p. 2006.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente; IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Espécies da Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção. Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.** Insetos. Ambiente Brasil - Portal Ambiental. 2003. Disponível em: <[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.html&conteudo=./natural/lista\\_insetos.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.html&conteudo=./natural/lista_insetos.html)>. Acesso em: 20 Junho 2011.
- MOREIRA, J.J.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, M.A. e SANTOS, G.R.A. **Consumo e desempenho de vacas guzerá e girolando na Caatinga do sertão Pernambucano.** *Revista da Caatinga*, v 20, p.13-21. 2007.
- NEALIS, V. G. **Habitat associations and community analysis of south Texas dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae).** *Can. J. Zool.*, v. 55, p. 138–147, 1977.
- NEVES, F.D.; OLIVEIRA, V.H.F.; DO ESPIRITO-SANTO, M.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; LOUZADA, J.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; FERNANDES, G. W.

- Successional and Seasonal Changes in a Community of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian Tropical Dry Forest.** *Natureza e Conservação*, v. 8, n. 2: p. 160-164. 2010.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A.L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. **Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis.** *Biological Conservation*, Essex, v. 137, n. 1, p. 1-19, 2007.
- NIMER, E. **Climatologia da região Nordeste do Brasil.** Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 34: p. 3-51. 1972.
- OPPENHEIMER, J. R. **Ecology of dung beetles (Scarabaeidae: Coprinae) in two villages of west Bengal.** *Rec Zool Surv* v. 72: p. 389–398. 1977.
- PAUPITZ, J. **Elementos da estrutura fundiária e uso da terra no semiárido brasileiro.** In: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CESTARO, L.A. e KAGEYAMA, P.Y. (Orgs) *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga.* Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p.49-64. 2010.
- PENNINGTON, R. T., D. E. PRADO e C. A. PENDRY. **Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes.** *Journal of Biogeography*, v. 27: p. 261-273. 2000.
- PRADO, D. E. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America.** Ph.D. thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland. 1991.
- PRADO, E.D. **As Caatingas da América do Sul.** In: *Ecologia e conservação da caatinga* / editores Inara R. Leal, Marcelo Tabarelli, José Maria Cardoso da Silva; prefácio de Marcos Luiz Barroso Barros. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.
- RAMOS, M.A.; MEDEIROS, P.M.; ALMEIDA, A.L.S.; FELICIANO, A.L.P.; ALBUQUERQUE, U.P. **Use and knowledge of fuelwood in an area of Caatinga vegetation in NE Brazil.** *Biomass And Bioenergy*, v. 32: p. 510– 517. 2008
- REDDY, S.J. **Climatic classification: The Semiarid Tropics and its environment – a review.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, ed. 8: p. 823–847. 1984.
- REIS, A. C. **Clima da caatinga.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48: p. 325-335. 1976.
- RENSBURG, B. J. V.; MCGEOCH, M. A.; CHOWN, S. L.; JAARVELD, A. S. Van. **Conservation of heterogeneity among dung beetles in the Maputaland**

- Centre of Endemism, South Africa.** Biological Conservation, v. 88, n. 2: p. 145-153, 1999.
- SAMPAIO, E.V.S.B. **Overview of the Brazilian caatinga.** In: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.). Seasonally dry tropical forests. University Press, Cambridge, p. 35–63. 1995.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. **Desertificação: conceito, causas, consequências e mensuração.** Recife: Ed. Universitária UFPE, 85 p. 2002.
- SAMPAIO, E. V. S. B. e RODAL, M. J. N. **Fitofisionomias da Caatinga.** In: J. M. C. Silva e M. Tabarelli (coord.) Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco. [www.biodiversitas.org.br/caatinga](http://www.biodiversitas.org.br/caatinga). 2000.
- SIQUEIRA FILHO, J.A. **A flora das caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação.** Andrea Jakobsson, p. 552. 2012.
- SOUZA, F.P.; FERREIRA, T.O.; MENDONÇA, E.S.; ROMERO, R.E.; OLIVEIRA J.G.B. **Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 148, p. 11–21. 2012.
- SPECTOR, S. **Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation.** The Coleopterists Bulletin, v. 60, p. 71–83. 2006.
- SPECTOR, S.; AYZAMA, S. **Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical forest/savanna ecotone.** Biotropica, v. 35, n. 3: p. 394-404. 2003.
- TRICART, J. **As zonas morfoclimáticas do nordeste brasileiro.** Notícia Geomorfologica, v.3: p.17-25. 1961.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. **Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil.** Monografias Terceiro Milênio, Zaragoza, v. 1: p. 183-195, 2000.
- VIEIRA, L.; SILVA, A.B.S. **Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of the Floresta Nacional Contendas do Sincorá, Bahia Brazil.** Check List, v. 8, ed. 4: p. 733–739, 2012.

## **Estrutura da Comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em três ambientes de Caatinga**

Julliana W. Barretto<sup>1</sup> e Luciana Iannuzzi<sup>2</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE 50670-901, Brasil

2. Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE 50670-901, Brasil.

### **INTRODUÇÃO**

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, abrange uma área de 935 mil km<sup>2</sup>, ocorrendo em menor ou maior extensão em todos os estados do Nordeste brasileiro e no norte de Minas Gerais (AB'SÁBER, 1977; IBGE, 1985; SAMPAIO e RODAL, 2000). É um bioma caracterizado, de maneira geral, por forte irregularidade climática, um relevo montanhoso e levemente ondulado, com diferentes características geológicas e geomorfológicas, solos rasos e diversificada comunidade vegetal (TRICART, 1961; AB'SÁBER, 1974; REDDY, 1984; PRADO, 2003).

Em sua maioria, a Caatinga é coberta por florestas arbóreas ou arbustivas, com espécies de árvores lenhosas e arbustos baixos, ou tipos intermediários, com espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas (ANDRADE – LIMA, 1981). A comunidade vegetal se distribui na região de acordo com fatores ambientais (relevo, solo, clima), que quando arranjados em diferentes combinações, formam as distintas fisionomias. Foram classificadas 13 fisionomias de Caatinga, que organizadas em mosaico, variam de florestas altas e secas com 15-20 m de altura, até afloramentos rochosos, com arbustos de pequeno porte, esparsos e espalhados (PRADO, 2003).

As fisionomias que compõem a Caatinga apresentam grande importância ambiental e econômica, pois a vegetação é responsável pela proteção contra erosão e pela conservação da fertilidade do solo, manutenção da água e do clima, além de servir como limitador natural para a expansão de espécies invasoras (ARAÚJO *et al.*, 2007).

No entanto, atividades antrópicas de uso e extração dos recursos naturais e os recentes eventos de mudança climática, aliados ao processo de desertificação, atribuem à Caatinga redução da fertilidade do solo e modificação de características geofísicas, químicas e ambientais da região (SOUZA *et al.*, 2012). Estes processos resultam, em especial, na degradação do bioma, alterações nas fisionomias e perda da biodiversidade nativa (SAMPALIO e SAMPALIO, 2002).

Diante desta ameaça, estudos que descrevem o comportamento e ecologia de espécies residentes em áreas da Caatinga são de extrema importância para conhecimento e entendimento deste bioma.

Os besouros Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) constituem um grupo importante na avaliação da diversidade biológica e na descrição da estrutura e funcionamento do ambiente (NICHOLS *et al.*, 2008). Estes besouros atuam na manutenção e equilíbrio do ecossistema ao realizarem um amplo conjunto de serviços ambientais (ANDRESEN, 2002; ENDRES *et al.*, 2005), além de atuar como bioindicadores, revelando a qualidade e alterações do habitat (HALFFTER e MATHEWS, 1966; HALFFTER E EDMONS, 1982; DAVIS *et al.*, 2001; McGEOCH *et al.*, 2002; HERNÁNDEZ, 2003). De maneira geral, as comunidades respondem às variações no ambiente, sejam elas naturais ou antropogênicas, pela modificação das guildas e dos parâmetros ecológicos (riqueza, abundância e composição de espécies), pois as espécies apresentam um alto grau de fidelidade para um biótipo ou fisionomia particular, ou até mesmo, preferência por determinado tipo de recurso (VERNES *et al.*, 2005; GARDNER *et al.*, 2008).

Muitos estudos têm mostrado que as comunidades de Scarabaeinae respondem às alterações ambientais de natureza antropogênica, como fragmentação, modificação e degradação do habitat (NICHOLS *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008; LARSEN *et al.*, 2008; HERNÁNDEZ e VAZ-de-MELLO, 2009; NEVES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010; FILGUEIRAS *et al.*, 2011). Da mesma forma, esses besouros respondem às variações naturais como sazonalidade, altitude, mudanças na estrutura do solo, cobertura do dossel e composição da paisagem (SOWIG, 1995; SILVA *et al.*, 2010; HERNÁNDEZ, 2007; LOUZADA *et al.*, 2010; ALVARADO *et al.*, 2014).

Em ambientes em mosaico, nos quais as fisionomias não apresentam limites e estão arrançadas em manchas de tamanhos e características diferentes, as relações entre as populações e entre essas e o meio são influenciadas por aspectos ambientais gerados a partir da interação das manchas dentro da região (HALFFTER, 1998). Estas interações são responsáveis por modificações nas variáveis ambientais, criando ambientes com diferentes níveis de complexidade estrutural e vegetal. A alta heterogeneidade ambiental apresentada por ambientes em mosaico é capaz de afetar as espécies e modificar a estrutura de comunidades de diversos grupos animais, incluindo os besouros (LI e REYNOLDS, 1994).

## **OBJETIVO GERAL**

Investigar a estrutura de comunidades de Scarabaeinae em três fisionomias naturais de um mosaico de Caatinga, considerando a variação ambiental entre estas.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Comparar as comunidades de besouros Scarabaeinae entre as fisionomias, através da composição, abundância e riqueza de espécies;
2. Investigar a associação de espécies à cada fisionomia e aos tipos de isca utilizados;
3. Estimar a diversidade beta entre as fisionomias;
4. Avaliar o efeito da variação pluviométrica na comunidade de besouros Scarabaeinae.

## **HIPÓTESES**

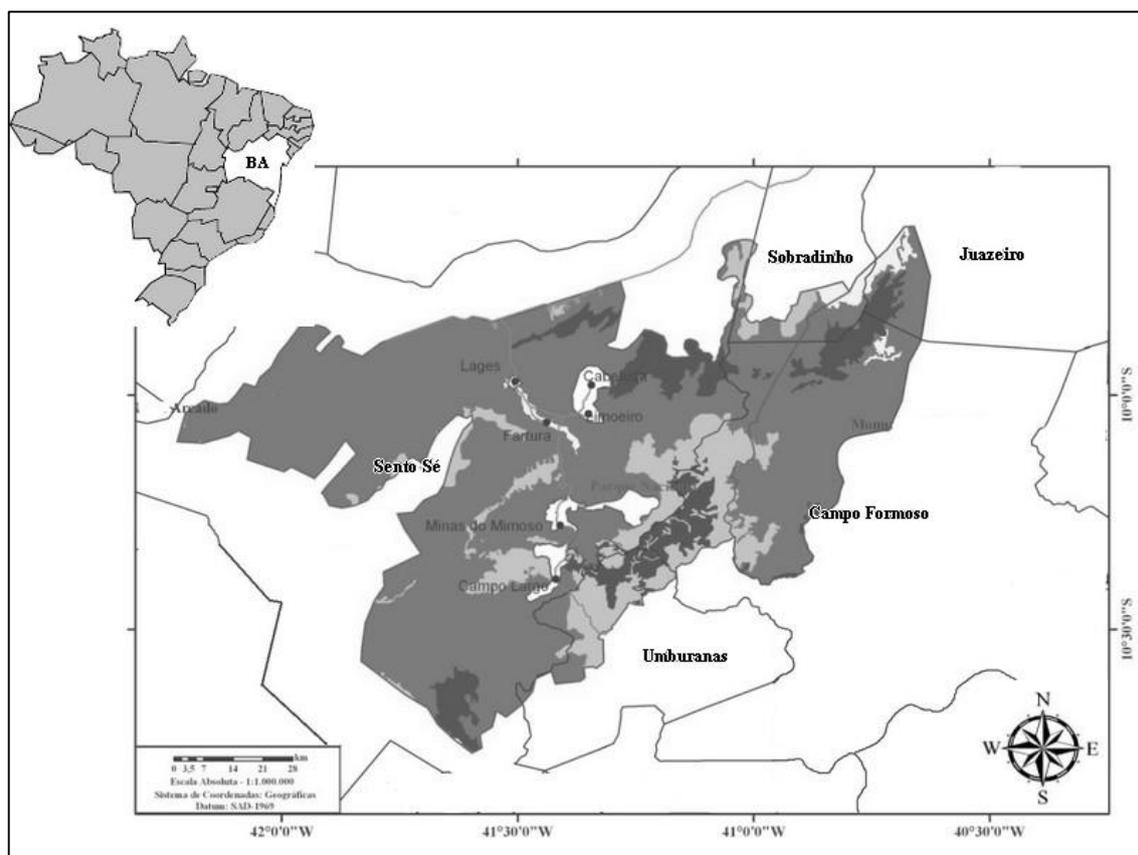
- (i) A variação fisionômica do mosaico da Caatinga e o tipo de isca influenciam na estruturação da comunidade de Scarabaeinae;
- (ii) A fisionomia de maior complexidade estrutural, a Grota, detém a maior abundância e riqueza de espécies;
- (iii) A composição de espécies varia entre as fisionomias, de modo que a fisionomia de maior complexidade estrutural apresente composição diferenciada das demais;
- (iv) Existem espécies indicadoras para cada fisionomia amostrada;
- (v) A diversidade beta varia entre as fisionomias, de acordo com as diferenças na complexidade estrutural delas;
- (vi) A variação na precipitação anual é capaz de alterar os parâmetros ecológicos da comunidade.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

O estudo foi realizado na unidade Boqueirão da Onça ( $10^{\circ}09'48,57''S$   $41^{\circ}21'11,53''W$ ), situada na depressão sertaneja meridional baiana. O fragmento apresenta uma extensão de 820.000 hectares (ICMBIO, 2014) e estende-se pelos municípios de Campo Formoso, Juazeiro, Sento Sé, Sobradinho e Umburanas. Inserido no Corredor Ecológico das Onças na Caatinga, abrange os estados da Bahia, Pernambuco e Piauí (MMA, 2011), numa extensão de aproximadamente três milhões de hectares, ligando as principais unidades de conservação do bioma Caatinga nesses três estados (Fig.1).

**Figura 1.** Área de estudo, unidade de caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil.



O estudo se concentrou no município de Sento Sé, situado no norte do estado da Bahia, na margem direita do Rio São Francisco. O município possui uma área de 12.871.039 km<sup>2</sup>, com uma

população de 36.162 habitantes e por isso, de acordo com o censo de 2010, trata – se portanto de um município com uma densidade populacional de 1 habitante pra cada 355,9 km<sup>2</sup>.

O clima típico da Caatinga, assim como o registrado para o Boqueirão da Onça, é do tipo Bsh (semi – árido quente), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 30 °C e precipitação máxima de 500 à 800 mm ao ano (VELLOSO *et al.*, 2002). As chuvas são mal distribuídas durante o ano, e no município do estudo, o período chuvoso é normalmente de dois ou três meses, de outubro a abril, podendo ou não existir, ocasionando as denominadas secas regionais (SILVA, 2013).

A vegetação predominante da Unidade Boqueirão da Onça é de Caatinga propriamente dita (ou *Stricto sensu*), com espécies pertencentes aos domínios de Amazônia e Floresta Atlântica e com manchas de fisionomias típicas de Campos Rupestres e Cerrado. A Unidade Boqueirão da Onça é rica em grotões e pequenos rios temporários que cortam as serras e os paredões rochosos, os quais acumulam água, inclusive durante os períodos mais secos do ano, o que propicia a formação de manchas de hábitat mais úmido em meio a uma matriz mais seca ao longo de toda a região. Além disso, apresenta sítios arqueológicos e cavernas representando um grande potencial para o ecoturismo e para pesquisas científicas inéditas (ICMBIO, 2014).

### *Coleta de Dados*

As coletas foram realizadas entre os meses de fevereiro e março de 2013 e de 2014, durante o período chuvoso, quando os besouros Scarabaeinae são mais ativos. Foram amostradas três fisionomias naturais da Caatinga, em ambos os anos:

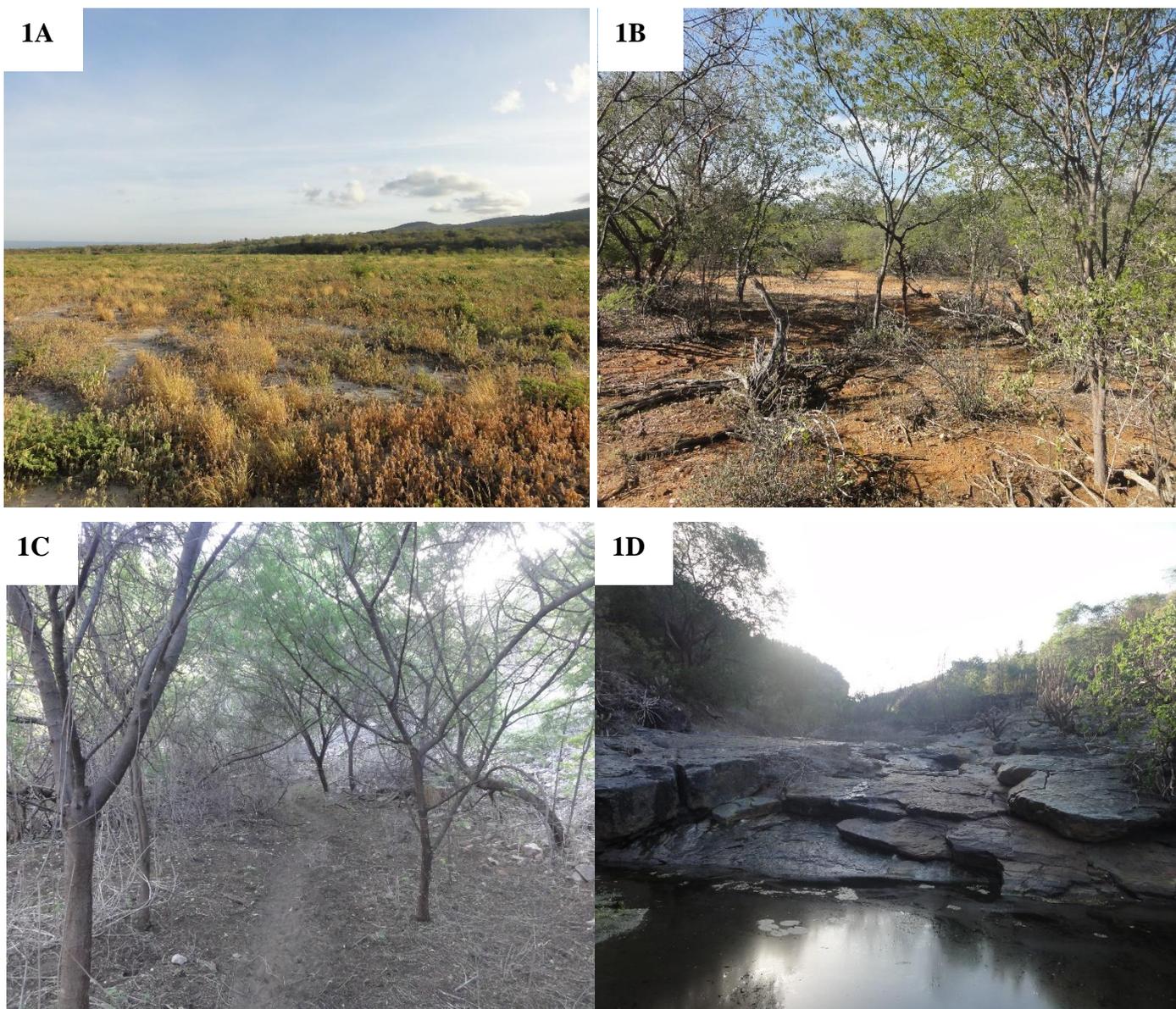
1) Caatinga com elementos de Cerrado (Cerrado) – fisionomia com vegetação herbácea - subarbusciva rastejante, de pequeno porte (máximo 50 cm) e espaçada, com a presença de espécies típicas do Cerrado como ervaço (*Sida galheirensis* Ulbr.), mela – bode (*Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky), canafistula (*Senna trachypus* (Benth.) H.S.Irwin & Barneby) e camlumbi – miúdo (*Mimosa invisa* Mart. ex Colla). Esta fisionomia apresenta solo arenoso, pouco compacto e aparente, e pouca ou nenhuma cobertura de dossel (Figura 2A);

2) Caatinga (*Stricto sensu*) – vegetação arbustiva e arbórea caducifólia de médio porte (máximo 2 m), composta por cerrador (*Mimosa paraibana* Barneby) pinhão – bravo (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill), mofumbo (*Combretum leprosum*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.), todas com características xerofíticas: troncos retorcidos, microfilia e presença de espinhos. Apresenta cobertura parcial de dossel e solo argiloso e compacto (Figura 2B).

3) Grota – apresenta vegetação agrupada: espécies de pequeno porte (Pteridophyta - líquens e samambaias), espécies arbustivas de grande porte (máximo 5 m) e arbórea perenifólia e caducifólia, com elementos espinhosos, a exemplo do angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenam). Esta fisionomia destaca – se por apresentar cobertura total do dossel, com vários níveis

de estratificação; solo rico em matéria orgânica e de baixo nível de compactação; além de afloramentos rochosos e cursos d'água perenes em meio às rochas, mantendo uma condição de maior umidade (Figura 2C, 2D). Por estas características a Grota é considerada a fisionomia de maior complexidade estrutural.

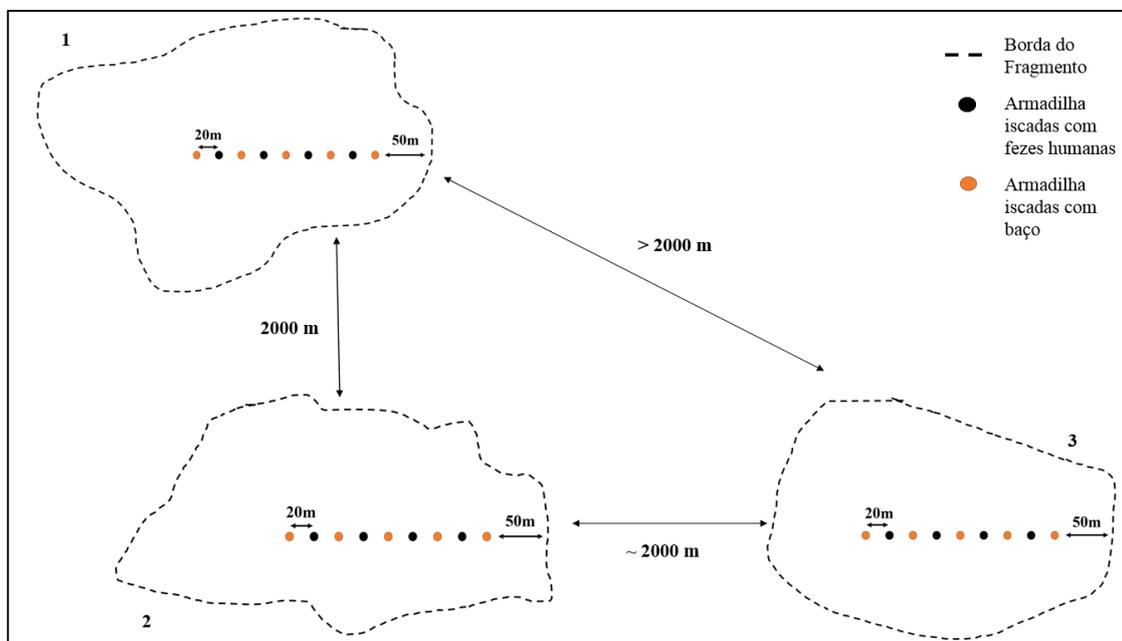
**Figura 2.** Ambientes amostrados, compondo o mosaico da Caatinga, Boqueirão da Onça – Bahia / Brasil. 1A) Cerrado 1B) Caatinga *Stricto sensu* 1C - 1D) Grota.



Para cada fisionomia, foram selecionados três pontos de coleta, distantes pelo menos 2.000 m. Em cada ponto de coleta, foi instalado um conjunto de armadilhas “*pitfall*”, que consiste em 10 armadilhas, cinco iscadas com fezes humanas e cinco com baço bovino em decomposição,

ambas quantificadas em aproximadamente 50 gramas. As armadilhas foram dispostas alternando o tipo de isca e distantes 20 m entre si, formando um transecto perpendicular e posicionado numa distância mínima de 50 m da borda (Fig. 3). As armadilhas permaneceram no campo por 48h.

**Figura 3.** Desenho representativo dos pontos de coleta (1, 2, 3) e dos conjuntos de armadilhas instalados.



A armadilha “*pitfall*” consiste num pote plástico de 13 cm de altura e 15 cm de diâmetro, enterrada com a abertura no nível do solo. No seu interior foi acoplado um porta-isca e adicionada uma solução de 200 ml de água com sal e detergente, para preservar o material biológico e impedir a fuga dos indivíduos. Ainda, para proteger a armadilha contra a chuva e dessecação foi colocado um disco de plástico suspenso por duas hastes de madeira.

O material biológico coletado foi levado ao Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Insetos – LABTEI da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, para triagem, identificação e preparação (alfinetados, etiquetados e secos em estufa a 40 °C, por 48 horas). Os espécimes foram identificados a nível de gênero através da chave taxonômica proposta por Vaz – de – Mello (2011), e a nível de espécie por comparação com a Coleção Entomológica da UFPE (CE – UFPE), onde foram posteriormente depositados.

### *Análise de Dados*

Para comparar graficamente os padrões de riqueza de espécies nas diferentes fisionomias foi utilizada a curva de acumulação de espécies em função do número de indivíduos capturados,

considerando a Caatinga como matriz e base de comparação. Para verificar o esforço amostral realizado em cada uma delas, utilizamos a média de três estimadores não – paramétricos: ACE, Chao 1 e Jackknife 1. O esforço amostral em cada um dos ambientes estudados foi obtido calculando-se a porcentagem de espécies registradas em cada ambiente (Sobs) em relação à riqueza estimadas.

A abundância de espécies foi comparada entre as fisionomias através do teste não – paramétrico Kruskal – Wallis. A fim de comparar o padrão de abundância de espécies entre os ambientes, construímos um *rank* de abundância, com os dados transformados em  $\log(x+1)$  a fim de minimizarmos a influência de espécies raras na análise. Para identificar se as espécies mais abundantes são dominantes nas fisionomias, utilizamos o índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ), que varia de 0 à 1. O índice tenderá a zero quanto mais divergentes forem os valores de abundância, indicando que existe dominância de uma espécie em relação as outras (BROWER e ZAR, 1984).

Para verificar a associação de determinada espécie por uma das áreas estudadas, utilizamos a análise de espécies indicadoras (IndVal) (DUFRENE e LEGENDRE, 1997). Esse método considera as densidades e frequências das espécies dentro dos grupos de unidades amostrais, estabelecidos previamente. As espécies cujos valores de IndVal são estatisticamente diferentes do acaso ( $P < 0,05$ ) são considerados como indicadoras do ambiente em questão.

Investigamos, através de análises multivariadas, se ocorreram diferenças espaciais na composição de espécies das comunidades de Scarabaeinae nas áreas estudadas. Inicialmente, construímos um mapa de ordenação em duas dimensões através de NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling), utilizando o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis e matriz estandardizada e transformada (raiz quadrada). O índice de Bray-Curtis considera a abundância relativa das espécies (WOLDA, 1981) e é um dos mais eficazes e robustos para análises de NMDS (FAITH, MINCHIN e BELBIN, 1987).

Para testar a significância das possíveis diferenças na composição indicadas pelos mapas gerados por NMDS, realizamos a comparação das distribuições de similaridades entre os ambientes por Análise de Similaridade (um fator ANOSIM – 10.000 permutações), a qual verifica a significância de um valor R que mede a associação entre elas (CLARKE, 1993).

Os softwares utilizados para realização destas análises foram o Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004), Primer 6.0 (CLARKE e GORLEY, 2006), BioEstat 5.3 (AYRES *et al.*, 2007), EstimateS 8.0 (COLWELL, 2010) e software R (R Development Core Team, 2008). Os gráficos foram produzidos com o auxílio do programa SigmaPlot 10.

## RESULTADOS

Foram coletados 1073 indivíduos de besouros Scarabaeinae, pertencentes a 14 espécies e oito gêneros. Desses, 637 indivíduos e 13 espécies foram capturados nas armadilhas iscadas com baço em decomposição e 436 indivíduos e 11 espécies, nas armadilhas com fezes (Tabela I).

Em relação as fisionomias, foram capturados 316 indivíduos (12 espécies) no Cerrado, 486 indivíduos (10 espécies) na Grota e 271 indivíduos (9 espécies) na Caatinga (Tabela I). Das 14 espécies registradas seis são compartilhadas pelos três ambientes, *Ateuchus carbonarius*, *Canthon* sp.1, *Canthon carbonarius* (Harold, 1868), *Canthon melancholicum* Harold, 1868, *Deltochilum verruciferum* Felsche, 1911 e *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913). Duas espécies, *Deltochilum pseudoicarus* Balthasar, 1939 e *Digitotonphagus gazella* (Fabricius, 1987), são compartilhadas apenas entre os ambientes de Cerrado e Grota; e uma, *Coprophanaeus pertyi*, entre Cerrado e Caatinga. Além disso, duas espécies, *Canthon manni* (Arrow, 1913) e *Dichotomius* sp., com um e dois indivíduos coletados, respectivamente, foram exclusivas do Cerrado; apenas uma, *Canthon* sp., com apenas quatro indivíduos foi restrita à Grota; e uma, *Anomiopus* sp., exclusiva da Caatinga, com apenas um indivíduo.

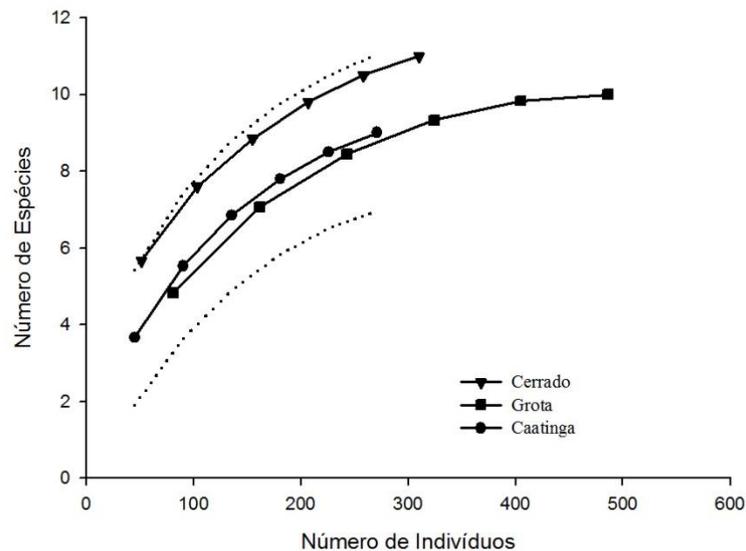
As espécies mais abundantes do estudo foram *Deltochilum verruciferum* Felsche, com 439 indivíduos (40,9 %), *Ateuchus carbonarius* (Harold, 1868), com 308 indivíduos (28,7 %), *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913), com 133 indivíduos (12,3 %) e *Canthon* sp.1, com 123 indivíduos (11,5 %). Estas quatro espécies também são consideradas dominantes nos ambientes, representando juntas 93,5 % do total coletado no estudo.

A curva de acumulação de espécies mostrou que não há diferença significativa na riqueza das fisionomias, pois as curvas estão posicionadas dentro do intervalo de confiança (Fig. 4). Além disso, observamos que as curvas referentes às três fisionomias apresentam alta tendência a assíntota, indicando boa suficiência amostral, o que foi corroborado pelas estimativas de riqueza calculadas separadamente para as três fisionomias. O número de espécies registradas para o Cerrado correspondeu a 97,1% das espécies estimadas, para a Grota 97,3% e Caatinga 85,4% do estimado, chegando próximo ao máximo de 100%.

**Tabela I.** Número de indivíduos (N), por espécie de besouro escarabeíneos, capturados com armadilha “*pitfall*” iscada com fezes humanas (FH) e baço bovino (BB), em três ambientes naturais de Caatinga, no Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil, em 2013 e 2014.

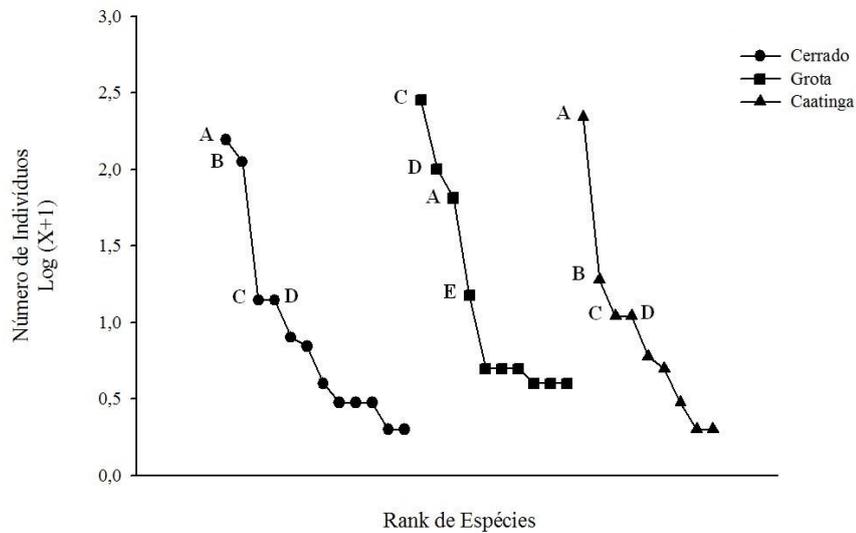
Táxons	2013							2014							
	Cerrado		Grotta		Caatinga <i>Stricto Sensu</i>		Total	Cerrado		Grotta		Caatinga <i>Stricto Sensu</i>		Total	
	BB	F	CD	F	BB	F		BB	F	BB	F	BB	F		
<b>Ateuchini</b>															
<i>Anomiopus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Ateuchus carbonarius</i> (Harold, 1868)	2	1	66	17	3	0	89	5	5	42	160	5	2	219	
<i>Canthidium manni</i> Arrow, 1913	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
<b>Deltochilini</b>															
<i>Canthon carbonarius</i> Harold, 1868	2	0	5	9	1	4	21	0	0	2	0	0	0	2	
<i>Canthon melancholicum</i> Harold, 1868	5	0	3	0	4	0	12	0	1	0	0	0	0	1	
<i>Canthon</i> sp. 1	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Canthon</i> sp.2	13	0	45	18	7	2	85	0	0	10	27	0	1	38	
<i>Deltochilum pseudoicarus</i> Balthasar, 1939	1	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Deltochilum verruciferum</i> Felsche, 1911	98	43	40	11	102	39	338	10	4	9	4	63	16	106	
<b>Phanaeini</b>															
<i>Coprophanaeus pertyi</i> Olsoufieff, 1924	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3	
<b>Coprini</b>															
<i>Dichotomius geminatus</i> (Arrow, 1913)	24	4	2	0	4	6	40	38	45	2	0	7	1	93	
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	4	0	1	2	0	0	7	1	2	0	0	2	0	5	
<i>Dichotomius</i> sp.	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	
<b>Onthophagini</b>															
<i>Digitonphagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	6	
<b>Total de Indivíduos</b>	<b>150</b>	<b>48</b>	<b>166</b>	<b>61</b>	<b>121</b>	<b>51</b>	<b>602</b>	<b>57</b>	<b>61</b>	<b>65</b>	<b>194</b>	<b>78</b>	<b>21</b>	<b>476</b>	
<b>Total de Espécies</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	

**Figura 4.** Curva de acumulação de espécies baseada no número de indivíduos de Scarabaeinae coletados em fisionomias da Caatinga – Cerrado, Grota e Caatinga, do Boqueirão da Onça, Bahia / Brasil. A linha pontilhada indica o intervalo de confiança de 95% da riqueza observada na Caatinga.



Quando a abundância foi comparada entre as fisionomias, não houve diferença significativa entre estas ( $H = 1, 10$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0, 57$ ). Entretanto, foi verificado que a distribuição da abundância das espécies não foi semelhante entre os ambientes, pois apenas a Caatinga seguiu o padrão de abundância observado para florestas tropicais, no qual poucas espécies são abundantes e a maioria são raras. A Grota ( $J' = 0,55$ ) e o Cerrado ( $J' = 0,52$ ) apresentaram valores de índices de equitabilidade maiores do que a Caatinga ( $J' = 0,35$ ), indicando que o número de indivíduos por espécies foi equivalente (Figura 5).

**Figura 5.** Ranking de abundância das espécies de besouros Scarabaeinae nas fisionomias do mosaico da Caatinga. A) *Deltochilum verruciferum*; B) *Dichotomius geminatus*; C) *Ateuchus carbonarius*; D) *Canthon* sp.1; E) *Canthon carbonarius*.



O resultado do rank mostrou que as três espécies mais abundantes foram as mesmas nas fisionomias, com exceção de *Canthon* sp.1, que aparece como mais abundante apenas na Grota, no lugar de *Dichotomius geminatus*. A espécie mais abundante do estudo, *Deltochilum verruciferum* foi também a mais abundante nas três fisionomias, no Cerrado (155 indivíduos) e na Caatinga (220 indivíduos) liderou o primeiro lugar no rank, enquanto que na Grota (64 indivíduos) ocupou o terceiro lugar; *Dichotomius geminatus* aparece entre as três mais abundantes, ocupando o segundo lugar no Cerrado (111 indivíduos) e na Caatinga (18 indivíduos) apesar da baixíssima abundância; *Ateuchus carbonarius* foi a espécie mais abundante na Grota (285 indivíduos), e em baixíssimas proporções ocupou o terceiro lugar no rank no Cerrado (13 indivíduos) e na Caatinga (10 indivíduos); *Canthon* sp.1 foi registrada na Grota (100 indivíduos), ocupando o segundo lugar, e no Cerrado e na Caatinga aparece em quarto lugar.

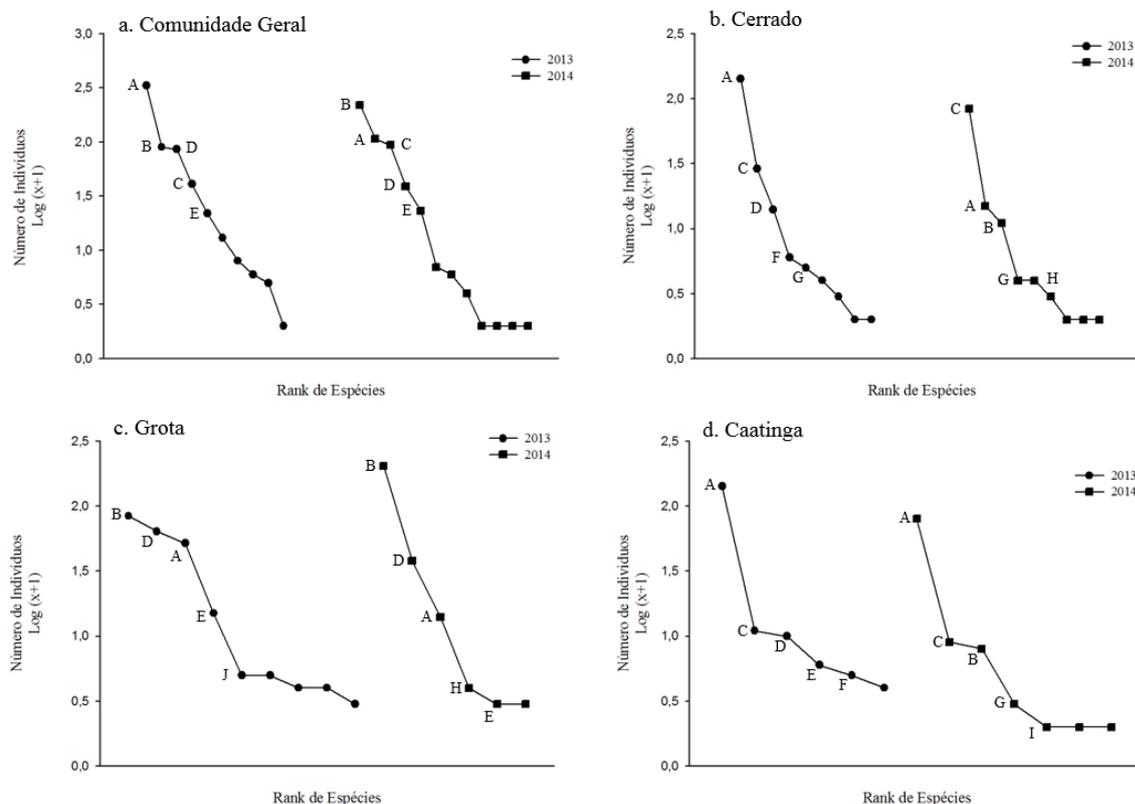
No entanto, ao avaliar a distribuição de abundância e a dominância das espécies entre os anos de coleta, constatamos que 2013 obteve maior número de indivíduos e menor riqueza, e ainda as seguintes modificações: as espécies *Deltochilum verruciferum* e *Ateuchus carbonarius* trocaram de posição, alternando entre o primeiro e o segundo lugar, enquanto que *Dichotomius*

*geminatus* e *Canthon* sp.2, alternaram entre o terceiro e o quarto lugar (Fig. 6a). No entanto, apesar de apresentar diferenças estruturais relatadas acima, não houve dominância de espécies para nenhum dos anos, pois a equitabilidade das comunidades se manteve semelhante ( $J'_{2013} = 0,60$ ;  $J'_{2014} = 0,61$ ).

Por sua vez, quando tais parâmetros foram comparados para cada fisionomia, as comunidades foram estruturalmente diferentes entre os anos de coleta. No Cerrado houve pequena alteração no número de indivíduos ( $N_{2013} = 198$ ;  $N_{2014} = 118$ ), contudo além da permuta das espécies nas primeiras colocações, algumas espécies como *Deltochilum verruciferum*, *Ateuchus carbonarius* e *Digitotonphagus gazella*, aparecem entre as cinco mais abundantes apenas em 2014 (Fig. 6b). Na Caatinga, *Deltochilum verruciferum* e *Dichotomius geminatus* ocuparam o primeiro e segundo lugar nos dois anos, diferente de *Dichotomius geminatus* e *Canthon* sp.2 que alternaram a terceira posição de um ano para o outro (Fig. 6d).

Para a Grota, as espécies *Ateuchus carbonarius*, *Canthon* sp.2 e *Deltochilum verruciferum* foram as mais abundantes nos dois anos, ocupando o primeiro, segundo e terceiro lugar, respectivamente (Fig. 6c). No entanto, em relação a distribuição do número de indivíduos, a Grota apresentou uma alteração de um ano para o outro, de maneira que equitabilidade entre os anos pôde ser considerada significativamente diferente ( $J'_{2013} = 0,69$ ;  $J'_{2014} = 0,41$ ) (Fig. 6c). Este resultado se deu pelo aumento significativo no número de indivíduos da espécie mais abundante, *Ateuchus carbonarius* ( $N_{2013} = 83$ ;  $N_{2014} = 202$ ), e pela redução na abundância de *Canthon* sp.2 ( $N_{2013} = 63$ ;  $N_{2014} = 37$ ) e *Deltochilum verruciferum* ( $N_{2013} = 51$ ;  $N_{2014} = 13$ ), o que gerou uma dominância da primeira espécie em relação às outras apenas em 2014. Alterações no padrão de dominância entre os anos não foi observado para o Cerrado ( $J'_{2013} = 0,46$ ;  $J'_{2014} = 0,49$ ) e para a Caatinga *Stricto sensu* ( $J'_{2013} = 0,41$ ;  $J'_{2014} = 0,40$ ), que mantiveram a dominância de uma espécie sobre as demais em ambos os anos amostrados (Fig. 6b e 6d).

**Figura 6.** Ranking de abundância das espécies de besouros Scarabaeinae, entre os anos de coleta para a comunidade geral (a), e para cada fisionomia entre os anos (b. Cerrado, c. Grota e d. Caatinga) A) *Deltochilum verruciferum*; B) *Ateuchus carbonarius*; C) *Dichotomius geminatus*; D) *Canthon* sp.2; E) *Canthon carbonarius*; F) *Canthon melancholicum*; G) *Dichotomius nisus*; H) *Digitonphagus gazela*; I) *Anomiopus* sp.; J) *Canthon* sp.1.



De acordo com os valores encontrados pelo IndVal, nenhuma das espécies pode ser considerada indicadora de fisionomia, pois não houve frequência estatisticamente significativa, ou seja diferente do acaso, embora o valor indicativo da maioria das espécies tenha alcançado 60%.

A diversidade beta calculada pelo pareamento das fisionomias, aponta que não existem diferenças entre a composição de espécie, e por isso no mosaico ocorre uma homogeneização da escarabeiofauna, representada por uma baixa permuta de espécies entre as fisionomias (Tabela II).

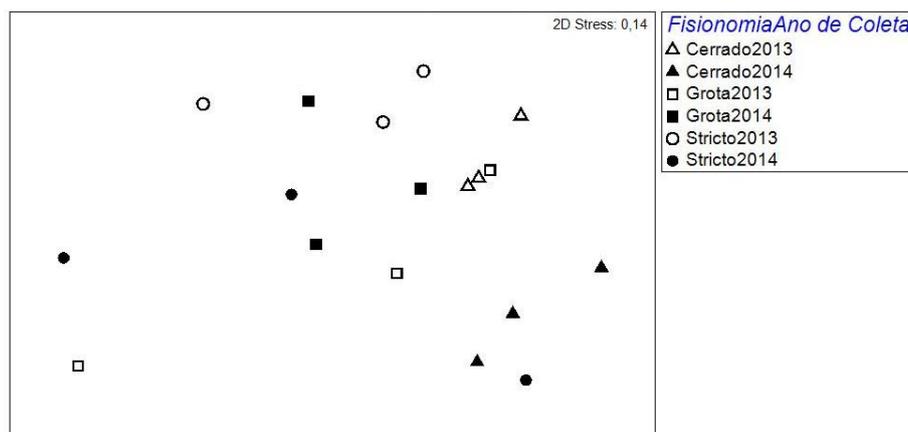
**Tabela II.** Índice de diversidade beta de Wilson & Schmida (1984), comparado para cada combinação entre as diferentes fisionomias do mosaico da unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil.

Fisionomias	Cerrado	Grota	Caatinga
Cerrado	-	0,15	0,17
Grota	0,15	-	0,14

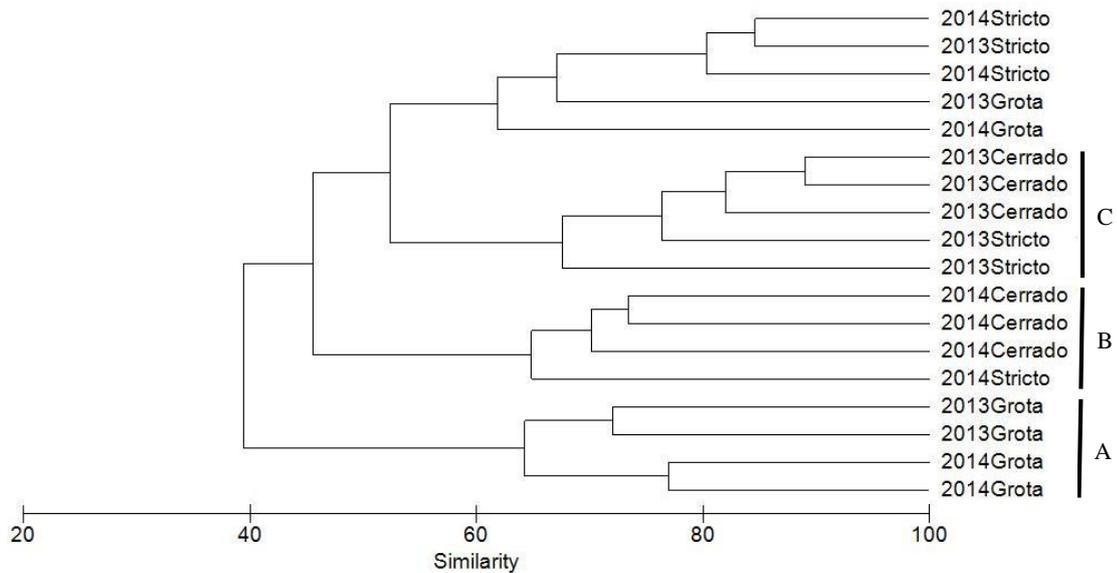
Caatinga	0,17	0,14	-
----------	------	------	---

Com relação à composição de espécies, observamos através do MDS que não houve segregação das fisionomias, nem dos anos de coleta, confirmado pelo teste ANOSIM ( $R_{\text{global fisionomia}} = 0,10$ ,  $p = 0,11$ ;  $R_{\text{global ano de coleta}} = 0,21$ ,  $p = 0,01$ ) (Fig. 7). No entanto, ao analisarmos estruturalmente a comunidade para cada fisionomia em cada ano amostrado, identificamos que embora não sejam gerados grupos completamente distintos, a Grota é o grupo com maior homogeneidade dentre as três fisionomias, reunindo pontos com aproximadamente 65% de similaridade (Fig. 8A). Enquanto que, a maior parte dos pontos referente aos anos podem ser reunidos em dois grandes grupos, que mostram baixa similaridade entre si, cerca de apenas 45%, sugerindo uma pequena variação entre os grupos (Fig. 8B e 8C).

**Figura 7.** MDS mostrando agrupamento das fisionomias com base na presença e ausência de espécies de besouros Scarabaeinae, utilizando a matriz Bray-Curtis de similaridade.

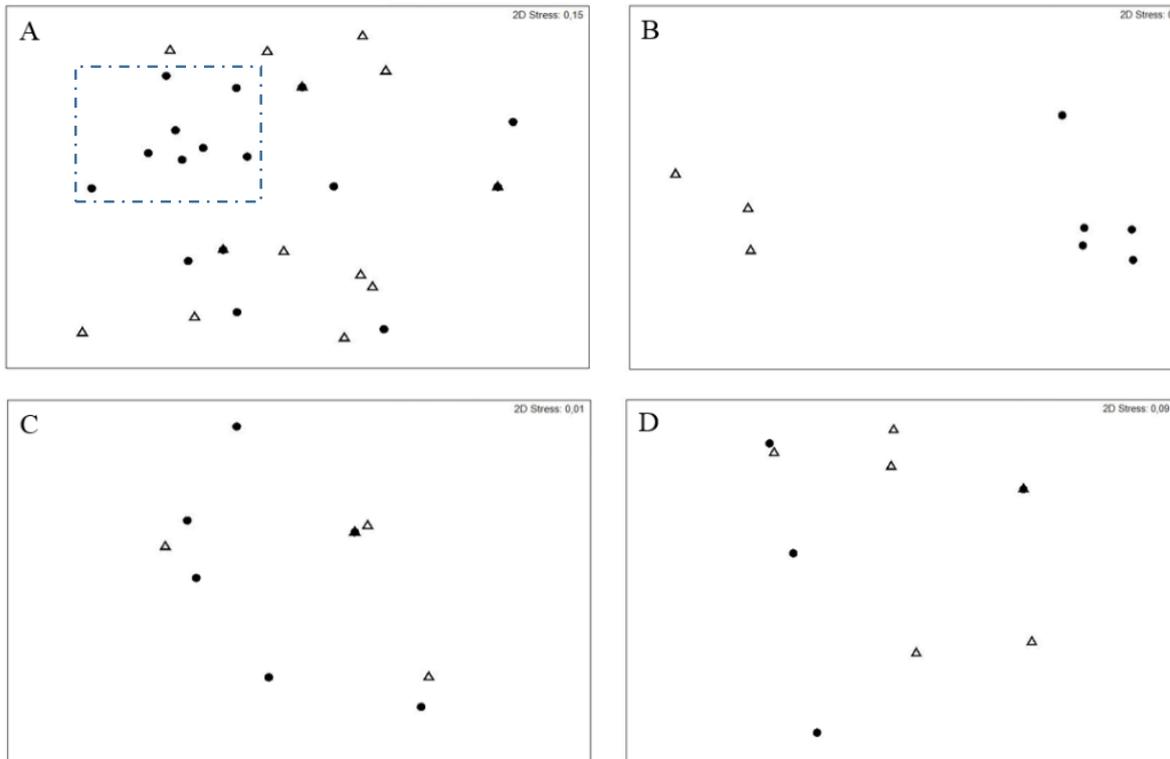


**Figura 8.** Dendrograma de ligação média, para a estrutura de comunidades de três fisionomias da unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, Bahia, Brasil. Corte de 0.6, baseado na matriz de similaridade Bray-Curtis. A) agrupamento da Grota. Separação entre anos B) 2014 e C) 2013.



Quando a composição de espécies foi analisada em relação ao tipo de isca, a comunidade de besouros escarabeíneos do Boqueirão da Onça não mostrou variação ( $R$  global = - 0,01;  $P$  = 0,54) (Fig. 9A). No entanto, é possível observar uma tendência de agregação de pontos do grupo iscado com baço em decomposição. Este resultado pode ser explicado através da análise de composição de espécies entre as iscas quando as fisionomias foram analisadas separadamente. O conjunto de espécies não variou entre as iscas tanto na Grota ( $R$  global = 0,03;  $P$  = 0,32) (Fig. 9C) quanto na Caatinga ( $R$  global = - 0,14;  $P$  = 0,9) (Fig. 9D), porém no Cerrado apresentou uma clara segregação de grupos ( $R$  global = 1;  $P$  = 0,002) (Fig. 9B).

**Figura 9.** NMDS mostrando agrupamento com base na composição de espécies de besouros Scarabaeinae capturados em duas iscas: baço em decomposição e fezes humanas, utilizando a matriz Bray-Curtis de similaridade. A) Unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, B) Cerrado, C) Grota e D) Caatinga. ● Baço em decomposição ▲ Fezes.



A frequência relativa das espécies para as iscas foi irregular, pois poucas espécies representaram grande parcela do capturado. *Deltochilum verruciferum*, por exemplo, correspondeu a 50,5% do total coletado nas armadilhas iscadas com baço em decomposição. O tipo de isca não foi determinante para a estrutura da comunidade, mas ao avaliarmos a interação espécie – específica constatamos que a ocorrência das espécies pode ser favorecida por este fator. Por exemplo, 73,3% dos indivíduos de *Deltochilum verruciferum*, 60% de *Canthon* sp.2 e 57,8% dos *Dichotomius geminatus* ocorreram em armadilhas de baço em decomposição, enquanto que 60% do indivíduo da espécie *Ateuchus carbonarius* ocorreram nas iscadas com fezes humanas. Outras espécies de menor abundância, como *Canthon melancholicum* (N = 13) e *Dichotomius nisus* (N = 12), apresentaram respectivamente 92,3% e 66,6% dos indivíduos capturados com baço em decomposição.

## DISCUSSÃO

Os resultados corroboram apenas a hipótese VI, visto que as populações de besouros Scarabaeinae responderam de maneira significativa ao aumento de chuvas ocorrido no segundo ano de coleta. Por sua vez, as outras hipóteses foram refutadas, pois a variação da complexidade estrutural entre as fisionomias do mosaico na Caatinga não teve um efeito significativo nas comunidades de besouros Scarabaeinae. Por isso, os parâmetros ecológicos não seguiram os padrões esperados para as comunidades de Scarabaeinae de florestas tropicais.

A riqueza de espécies da unidade de Caatinga Boqueirão da Onça é composta por um número expressivo (14), se comparada com comunidades de outras áreas não antropizadas da Caatinga brasileira, como Paraíba (HERNÁNDEZ, 2005; 2007 – 20 espécies), Pernambuco (LIBERAL *et al.*, 2011 – 5 espécies) e outra localidade do estado da Bahia (MEDINA e LOPES, 2014 – 16 espécies). Também, este número ainda se mantém expressivo quando comparado com outros biomas secos, como as florestas secas do México (ANDRESEN, 2005 – 15 espécies) e os bosques da Colômbia (ESCOBAR, 1997 – 22 espécies). Esta resposta é efeito das condições extremas e exclusivas da Caatinga, como ausência completa de chuvas em alguns anos e a irregularidade do sistema de chuvas de um ano para o outro, que atuam como um fator limitante para a sobrevivência e reprodução de diversos grupos animais, incluindo os besouros Scarabaeinae (HOWDEN e NEALIS, 1975; KLEIN 1989; ANDRESEN 2002; ENDRES *et al.*, 2007).

A variação estrutural das três fisionomias do Boqueirão da Onça – Cerado, Grota e Caatinga – não foi suficiente para alterar os valores de riqueza das comunidades de besouros, as quais se mantiveram semelhantes. Segundo Magurran (1988), para várias comunidades animais os valores de riqueza de espécies dependem da complexidade vegetal do ambiente, estabelecendo uma relação direta e positiva entre estes dois parâmetros. Esta relação já foi registrada para as comunidades de besouros Scarabaeinae em estudos que comparam ambientes com diferentes graus de conservação e antropização, medindo os efeitos da fragmentação, remoção ou substituição da cobertura vegetal original e perda do habitat (HALFFTER e ARELLANO, 2002; NICHOLS *et al.*, 2007). No entanto, em ambientes naturais e arrançados em mosaico, como a Caatinga, pouco se sabe sobre esta relação (ALMEIDA e LOUZADA, 2009; ESCOBAR, 2000).

A riqueza de espécies para ambientes em mosaico pode variar em decorrência (i) da distância entre as machas; (ii) da variação de qualidade entre as manchas e (iii) da capacidade de mobilidade das espécies (RICKLEFS, 2001), que é fortemente influenciada pelo tipo e permeabilidade da matriz no qual a paisagem está inserida (BAUM *et al.*, 2004; PARDINI *et al.*,

2005). Estes fatores podem ser expressos pela *conectividade estrutural*, mensurada pelo controle no fluxo de energia e na dinâmica de paisagem; ou pela *conectividade funcional*, medida pela mobilidade e extensão dos organismos através da paisagem (FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Uma maior conectividade funcional na paisagem é associada a riqueza de espécies similar entre as fisionomias, devido a uma maior similaridade estrutural dos elementos, ou seja, das manchas entre si, e entre estas e a matriz (TAYLOR *et al.*, 2006). A não modificação da riqueza de espécies sugere que, embora apresentem componentes com diferentes níveis de complexidade, as fisionomias não constituem elementos da paisagem distintos (em relação a estrutura e qualidade ambiental) para a comunidade de Scarabaeinae. Este resultado pode ser corroborado pelo alto número de espécies compartilhadas entre as três fisionomias e ainda, pela maior similaridade entre a comunidade de besouros da Caatinga com o Cerrado e com a Grota, o que não ocorreu entre o Cerrado e a Grota isoladamente.

Por sua vez, a capacidade de movimentação entre fisionomias inseridas em uma matriz natural, é determinada pela capacidade sensorial e por restrições fisiológicas e morfológicas de cada espécie (FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Os indivíduos das espécies de besouros Scarabaeinae são sensíveis às alterações estruturais do ambiente (tamanho, disponibilidade de recursos, vegetação e etc.), no entanto apresentam grande mobilidade e facilidade de penetração e colonização em ambientes interligados e adjacentes (CERQUEIRA, 2000). Por isso, as espécies com maior tolerância fisiológica são capazes de alargar sua distribuição, a exemplo da fauna de besouros Scarabaeinae registrada para ecótonos como as Restinga e Brejos de Altitude, que é oriunda de ambientes imediatos, como o Cerrado e a Mata Atlântica, respectivamente (SILVA *et al.*, 2007; VIEIRA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2014).

A abundância de indivíduos, semelhante à riqueza de espécies, não foi alterada entre as fisionomias da Caatinga, apesar de 45% dos indivíduos terem sido coletados na Grota. Os fatores que influenciam as medidas de abundância são a distribuição irregular dos recursos disponíveis e a não manutenção das condições limitantes para as espécies (LOUZADA *et al.*, 1996; VIEIRA *et al.*, 2008). O resultado para a abundância sugere que as fisionomias do Boqueirão da Onça proporcionam a mesma qualidade ambiental, sendo capazes de suportar igual número de indivíduos.

No entanto, ao analisar os valores de abundância para as fisionomias – Cerrado (316), Grota (486) e Caatinga (271), notamos uma diferença nos números, o que pode ser explicado por uma discreta variação estrutural entre os ambientes que não foi detectada na análise em questão. A Grota apresenta maior complexidade estrutural, pela presença de árvores agrupadas de médio à grande porte e cobertura total do dossel, afloramentos rochosos com cursos d'águas perenes. Estas características garantem baixa condição de stress, pela manutenção dos recursos alimentares dos besouros, assim como de seus provedores. Este resultado segue o esperado para comunidades tropicais, em que áreas de florestas com maior complexidade vegetal, apresentam maior número

de indivíduos quando comparados com outras fisionomias não florestais (DAVIS *et al.*, 2001; SCHEFFLER, 2005).

O resultado para a distribuição de abundância dos indivíduos sugere que a ocorrência de dominância de uma espécie sobre as demais, é resultado do sucesso populacional da espécie na fisionomia. *Deltochilum verruciferum* foi mais abundante no estudo e apresentou número expressivo de indivíduos nas três fisionomias, porém foi considerada dominante apenas na Caatinga. Isso indica que apesar da sua capacidade em se estabelecer em diferentes ambientes, por ser uma espécie endêmica do bioma Caatinga (LOPES *et al.*, 2006), estes indivíduos conseguem colonizar e utilizar com maior eficiência a fisionomia da Caatinga, reduzindo a abundância de outras espécies. Por outro lado, na Grota, que apresenta características de floresta úmida, *D. verruciferum* obteve menos sucesso, e a espécie *Ateuchus carbonarius*, já registrada em floresta (SILVA *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2014), foi considerada dominante. As espécies dominantes são aquelas capazes de desenvolver mecanismos comportamentais ou fisiológicos para suportar as adversidades ambientais, dando às espécies maior capacidade no uso das fisionomias, permitindo que os indivíduos sejam capazes de obter alimento e reproduzir-se, estabelecendo populações estáveis (MORELLI *et al.*, 2002; VIEIRA *et al.*, 2008).

A plasticidade ambiental das espécies dominantes deste estudo é observada em trabalhos anteriores. Indivíduos da espécie *Ateuchus carbonarius*, por exemplo, já foram registrados para a Restinga (COSTA *et al.*, 2014) e em ambientes com diferentes graus de conservação na Caatinga (LIBERAL *et al.*, 2011). Já *Deltochilum verruciferum*, ocorre em ambientes com diferentes graus de complexidade estrutural, como áreas de pastagem (LIBERAL *et al.*, 2011) e áreas preservadas (HERNÁNDEZ, 2007; VIEIRA e SILVA, 2012). O maior destaque é para *Dichotomius geminatus*, que ocorre em fragmentos de Mata Atlântica (SILVA *et al.*, 2007), Restinga (VIEIRA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2014) e em distintos ambientes naturais ou em fragmentos degradados da Caatinga (LIBERAL *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2006).

No entanto, além do tipo e da qualidade da fisionomia, a precipitação também é um fator capaz de interferir na dinâmica e estrutura populacional das espécies de besouros Scarabaeinae (HANSKI e CAMBEFORT, 1991), como verificado no Boqueirão da Onça, onde a relação entre espécie e precipitação variou. Aquelas consideradas mais adaptadas às condições secas, como *D. verruciferum*, o aumento da precipitação gerou efeito negativo. Por sua vez, outras espécies tiveram relação positiva com o aumento da precipitação, como *A. carbonarius*. Esta relação tem papel determinante na estrutura da comunidade, diminuindo a competição entre as espécies ao segrega – las temporalmente (HANSKI e CAMBEFORT, 1991)

Por sua vez, a composição de espécie de comunidades animais pode ser determinada tanto pela história natural das espécies, como por fatores ambientais, ou ainda pela interação desses fatores (CHASE, 2003). Por outro lado, quando a diversidade regional ( $\gamma$ ) é baixa e a taxa de

dispersão é alta, a história natural não influencia na composição de espécies (AMARASEKARE, 2000; YU e WILSON, 2001). Por isso, em paisagens que apresentam matriz com alta permeabilidade, a baixa diversidade regional atribuí à região uma pequena permuta de espécies entre as fisionomias, sendo observados baixos valores de diversidade beta ( $\beta$ ) e alta similaridade na composição de espécies (CHASE, 2003). Tais fatores (baixa diversidade regional e beta, paridade na composição de espécies e alta conectividade da matriz) foram notados no estudo, indicando que no Boqueirão da Onça a comunidade de besouros Scarabaeinae se estrutura de acordo com os atributos da paisagem e não pelas condições ambientais.

Além disso, para algumas espécies a viabilidade do recurso alimentar pode ser um fator mais importante para sua ocorrência e estabelecimento, do que o tipo de habitat (BARBERO *et al.*, 1999). Para os besouros coprófagos, a rápida localização e utilização do recurso é especialmente importante, pois ocorre uma alta competição inter- e intraespecífica (HANSKI, 1991) e, particularmente em regiões tropicais, o recurso é rapidamente deteriorado (GILL, 1991). A frequência relativa dos indivíduos capturados nas iscas, demonstra que algumas espécies apresentam maior sucesso populacional dependente do recurso, ainda que sejam capazes de utilizar outros tipos. *Ateuchus carbonarius*, considerada espécie coprófaga (HERNÁNDEZ, 2007), foi expressiva apenas na Grota, onde as fezes se comportam como um recurso mais duradouro. Diferente disso, na fisionomia Cerrado e Caatinga, onde à alta insolação e baixa umidade torna o alimento mais efêmero (REIS, 1976), apenas as espécies consideradas oportunistas são capazes de usar fezes e por isso, foram dominantes (abundante por ser oportunista).

Os resultados obtidos nesse trabalho sugerem que a variação na estrutura ambiental das fisionomias, inseridas no mosaico da Caatinga, não influencia a comunidade de besouros Scarabaeinae, como visto para florestas úmidas (NICHOLS *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008). Além disso, a alta capacidade adaptativa das espécies e a resistência da comunidade no mosaico, denotam que os besouros Scarabaeinae são capazes de se estruturar em resposta à escala regional, ignorando variações locais.

Contudo, ficou evidente que os parâmetros ecológicos e a dinâmica populacional das espécies residentes em paisagens no semi – árido, não seguem os padrões observados em outras florestas tropicais. Por isso, e pelo pouco conhecimento sobre as relações faunísticas e ambientes arrançados em mosaico, os resultados encontrados são importantes para elucidar tais relações e propor novos padrões a serem testados, ou ainda por ser capaz de apontar áreas e espécies potencialmente importantes para a preservação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras.** Geomorfologia, v.43: p. 1-39. 1974.
- AB'SÁBER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical.** Geomorfologia, v. 53: p. 1-19. 1977.
- ALMEIDA, S. S. P.; LOUZADA, J. N. C. **Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação.** Neotropical Entomology, v. 38, n. 1: p. 32-43. 2009.
- ALVARADO, F.; ESCOBAR, F.; MONTERO-MUÑOZ, J. **Diversity and biogeographical makeup of the dung beetle communities inhabiting two mountains in the Mexican Transition Zone.** Org Divers Evol, v. 14, ed 1: p 105-114. 2014.
- AMARASEKARE, P. **The geometry of coexistence.** Biol J Linn Soc, v. 71: p. 1-31. 2000.
- ANDRADE-LIMA, D. **The Caatingas dominium.** Revista Brasileira de Botânica, v. 4: p. 149-163. 1981.
- ANDRESEN, E. **Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers.** Ecol Entomol, v. 27: p. 257-270. 2002.
- ANDRESEN, E. **Effects of Season and Vegetation Type on Community Organization of Dung Beetles in a Tropical Dry Forest.** Biotropica, v. 37, n. 2: p. 291-300. 2005.
- ARAÚJO, E.L., CASTRO, C.C., ALBUQUERQUE, U.P., **Dynamics of Brazilian Caatinga e a review concerning the plants, environment and people.** Functional Ecology and Communities, v. 1: p. 15-28. 2007.
- AYRES, M., AYRES Júnior, M., AYRES, D.L., SANTOS, A.A. **Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas.** Ong Mamirauá, Belém. 2007.
- BARBERO, E.; PALESTRINI, C.; ROLANDO, A. **Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea).** Journal of Insect Conservation, v. 3, p. 75-84, 1999.

- BAUM, K. A.; HAYNES, K. J.; DILLEMUTH, F. P.; CRONIN, J. T. **The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones.** *Ecology*, v. 85, n. 10: p. 2.671-2.676. 2004.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology.** Wm.C. Brown Publishers, 1984.
- CERQUEIRA, R. **Biogeografia das restingas.** In: Esteves FA, Lacerda LD (eds) *Ecologia de restingas e lagoas costeiras. Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (NUPEM/UFRJ)*, p 65-75. 2000.
- CHASE, J. M. **Community assembly: when should history matter?** *Oecologia*, v. 136: p. 489-498. 2003.
- CLARKE, K. R. **Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure.** *Aust J Ecol*, v. 18: p. 117-143. 1993.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Primer v6: user manual/tutorial.** Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2006.
- COSTA, C. M. Q.; BARRETTO, J. W.; MOURA R. C. **Changes in the dung beetle community in response to restinga forest degradation.** *Journal of Insect Conservation*, v.18, n°4: p. 895-902. 2014.
- COLWELL, R.K. **Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.** Version 8.00. 2010.
- DAVIS, A. J.; HOLLOWAY, J. D.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A. H. e SUTTON, S. L. **Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo.** *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 38, n. 3, p. 593-616. 2001.
- DUFRÊNE, M.; P. LEGENDRE. **Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach.** *Ecological Monographs*, v. 67, ed. 3: p.345-366. 1997.
- ENDRES, A. A.; M. I. M. HERNÁNDEZ e A. J. CREÃO-DUARTE. **Considerações sobre *Coprophanaeus ensifer* (Germar) (Coleoptera: Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil.** *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 49: p. 427-429. 2005.
- ENDRES, A. A.; CREÃO-DUARTE, A. J.; HERNÁNDEZ, M. I. M. **Diversidade de Scarabaeidae *sensu stricto* ( Coleoptera ) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil : uma comparação entre Mata Atlântica e o**

- Tabuleiro Nordesteiro.** Revista Brasileira de Entomologia, v.51, n. 1: p. 67-71, 2007.
- ESCOBAR, F. **Estudio de la comunidad de coleopteros coprofagos (Scarabaeidae) em un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia.** Caldasia, v. 19, n. 3: p. 419-430. 1997.
- ESCOBAR, F. **Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la Reserva Natural Nukak, Guaviare, Colombia.** Acta Zoológica Mexicana, v. 79: p. 103-121. 2000.
- FAITH, D. P.; MINCHIN, P. R.; BELBIN, L. **Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance.** Vegetatio, v. 69: p. 57-68. 1987.
- FILGUEIRAS, B.K.C.; IANUZZI, L.; LEAL, I.R., **Habitat fragmentation alters the structure of dung beetle communities in the Atlantic Forest.** Biological Conservation, v. 144: p. 362-369. 2011.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. **Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem.** *Oecol. Bras.*, v. 11, n. 4: p. 493-502. 2007
- GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J.; PERES, C. A. **Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles.** Journal of Applied Ecology, v. 45, n 1: p. 883-893. 2008.
- GILL, B. D. **Dung Beetles in Tropical American Forest.** In: J. Hanski & y. Cambefort, (eds.), *Dung Beetle Ecology.* Princeton University Press, v. 481: p 211-229.1991.
- HALFFTER, G. **A strategy for measuring landscape biodiversity.** *Biot Int*, v. 36: p.3-17. 1998.
- HALFFTER, G.; ARELLANO, L. **Response of dung beetle diversity to human induced changes in a tropical landscape.** *Biotropica*, v. 34, n. 1: p. 144-154. 2002.
- HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach.** México D.F.: Man and the Biosphere Program UNESCO, p. 176. 1982.
- HALFFTER, G.; MATHEWS, E. G. **The natural history of dung beetles of the subfamily scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae).** *Folia Entomologica Mexicana*, v. 12, n 14: p. 1-312, 1966.

- HANSKI I, CAMBEFORT Y. **Dung beetle ecology**. Princeton University Press. 1st edition, 1991.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. **Riqueza de besouros escarabeídeos em duas áreas de Floresta Atlântica no estado da Paraíba**. In: Anais de trabalhos completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, CE. p. 300–302. 2003.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. **Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba**. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 369-380. 2005.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. **Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga Paraibana, Brasil**. Oecol. Bras, v. 11, ed 3: p. 356-364, 2007.
- HERNÁNDEZ, M.I.M., VAZ-DE-MELLO, F.Z. **Seasonal and spatial species richness variation of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae s. str.) in the Atlantic forest of southeastern Brazil**. Rev. Bras. Entomol, v. 53, p. 607-613. 2009.
- HOWDENH, F. e NEALIS, V. **Effects of deforestation clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera)**. Biotropica, v. 7: p. 77-83. 1975.
- IBGE. **Atlas Nacional do Brasil. Região Nordeste**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 1985.
- ICMBIO. **Expedição para Boqueirão da Onça – BA**. 2012. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <[http://www4.icmbio.gov.br/cemave/index.php?id\\_menu=24;id\\_arq=80](http://www4.icmbio.gov.br/cemave/index.php?id_menu=24;id_arq=80)>. Acesso em 10 de setembro de 2014.
- KLEIN, B. **Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia**. Ecology, v. 70: p. 1715-1725. 1989.
- LARSEN, T. H.; LOPERA, A.; FORSUTH, A. **Understanding trait-dependent community disassembly: dung beetle, density functions, and forest fragmentation**. Conservation Biology, v 22, n, 5: p. 1288-1298. 2008.
- LIBERAL, C.N.; FARIAS, A.M.I.; MEIADO, M. V.; FILGUEIRAS, B. K. C.; IANNUZZI, L. **How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem**. Journal of Insect Science, v. 11, n 114. Available online: [insectscience.org/11.114](http://insectscience.org/11.114). 2011.

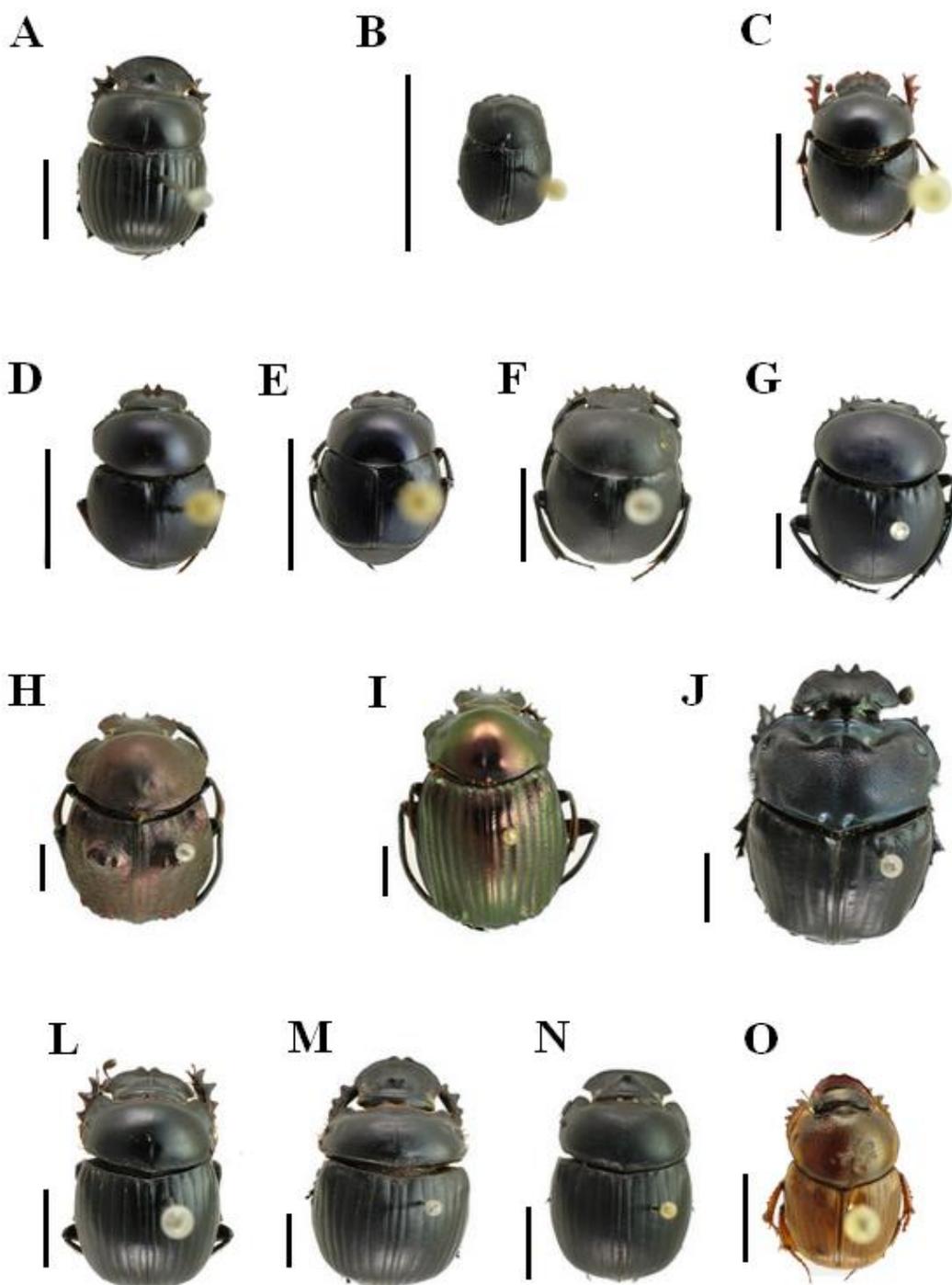
- Li, H.; REYNOLDS, J. L. **A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps.** *Ecology*, v. 74: p. 2446-2455. 1994
- LOUZADA, J. N. C.; GARDNER, T.; PERES, C.; BARLOW, J. **A multi-taxa assessment of nestedness patterns across a multiple-use Amazonian forest landscape.** *Biological Conservation*, v. 143: p. 1102-1109. 2010.
- LOUZADA, J. N. C.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. **Efeitos do fogo sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) na restinga da Ilha de Guriri—ES.** In: Miranda, H. S.; Saito, C. H.; Dias, B. F. *Anais do Simpósio de Impacto das queimadas sobre os ecossistemas e mudanças globais. 3º Congresso de Ecologia do Brasil - Brasília, DF: Brasil.* p. 161–169. 1996.
- LOPES, P. P.; LOUZADA, J. N. C.; VAZ-de-MELLO, F., Z. **Organization Of dung beetle communities (coleoptera, scarabaeidae) in areas of vegetation re-establishment in Feira de Santana, Bahia, Brazil.** *Sitentibus Série Ciências Biológicas*, v. 6, n 4: p. 261-266. 2006.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement.** Princeton: Princeton University Press, 179p. 1988.
- McGEOCH, M. A.; RENSBURG, B. J. V.; BOTES, B. **The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem.** *Journal of Applied Ecology*, v. 39, n 4: p.661-672. 2002.
- MEDINA, A. M.; LOPES, P. P. **Resource Utilization and Temporal Segregation of Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) Community in a Caatinga Fragment.** *Neotrop Entomol*, v. 43: p. 127-133. 2014.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente; IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Espécies da Fauna e Flora Ameaçadas de Extinção. Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.** Insetos. Ambiente Brasil - Portal Ambiental. 2003. Disponível em: <[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.htmleconteudo=./natural/lista\\_insetos.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.htmleconteudo=./natural/lista_insetos.html)>. Acesso em: 20 Junho 2011.
- MORELLI, E.; GONZÁLEZ-VAINER, P.; BAZ, A. **Coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Uruguayan prairies: abundance, diversity and seasonal occurrence.** *Neotropical Fauna and Environment*, v. 37, p. 53-57, 2002.
- NEVES, F.D.; OLIVEIRA, V.H.F.; DO ESPIRITO-SANTO, M.M.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; LOUZADA, J.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; FERNANDES, G. W.

- Successional and Seasonal Changes in a Community of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian Tropical Dry Forest.** *Natureza e Conservação*, v. 8, n. 2: p. 160-164. 2010.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A.L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M.; VULINEC, K. **Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis.** *Biological Conservation*, v. 137, n. 1: p. 1-19, 2007.
- NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEQUITA, S.; FAVILA, M. E.; NETWORK, S. R. **Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles.** *Biological Conservation*, v. 141, n.6: p. 1461-1474. 2008.
- PARDINI, R.; MARQUES DE SOUZA, S.; BRAGA-NETO, R. & METZEGGER, J.-P. **The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape.** *Biological Conservation*, v. 124: p. 253-266. 2005.
- PRADO, E. D. **As Caatingas da América do Sul.** In: *Ecologia e conservação da caatinga* / editores Inara R. Leal, Marcelo Tabarelli, José Maria Cardoso da Silva; prefácio de Marcos Luiz Barroso Barros. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.
- REDDY, S.J. **Climatic classification: The Semi-arid Tropics and its environment-a review.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 18, n 8: p. 823-847. 1984.
- REIS, A. C. **Clima da caatinga.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48: p. 325-335. 1976.
- RICKLEFFS, R. E. **A economia da natureza.** 5 ed. Guanabara Koogan, 2001.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. **Desertificação: conceito, causas, consequências e mensuração.** Recife: Ed. Universitária UFPE, p. 85. 2002.
- SAMPAIO, E. V. S. B. e RODAL, M. J. N. **Fitofisionomias da Caatinga.** In: J. M. C. Silva e M. Tabarelli (coord.) *Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga.* Petrolina, Pernambuco. [www.biodiversitas.org.br/caatinga](http://www.biodiversitas.org.br/caatinga). 2000.
- SCHEFFLER, P. Y. **Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 21: p. 9-19. 2005

- SILVA, A. H. D. **Análise climatológica do município de Sento Sé – Bahia.** In: Anais de congresso - XIV EGAL, LIMA- PERU. 2013
- SILVA, F. A. B.; COSTA, C. M. Q.; MOURA, R. C.; FARIAS, A. I. **Study of the Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Community at Two Sites: Atlantic Forest and Clear-Cut, Pernambuco, Brazil.** Environ. Entomol, v. 39, n 2: p. 359-367. 2010.
- SILVA F. A. B.; HERNÁNDEZ, M. I. M; MOURA, R.C. **Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia, v. 51, n. 2: p. 228-233, 2007.
- SILVA, P. G.; VAZ – de – MELLO, F. Z.; DI MARE, R. A. **Diversity and seasonality of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in forest fragments in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 85, ed. 2: p. 679-697. 2013
- SOUZA, F. P.; FERREIRA, T.O.; MENDONÇA, E.S.; ROMERO; R.E.; OLIVEIRA J.G.B. **Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v.148: p. 11-21. 2012.
- SOWIG, P. **Habitat selection and offspring survival rate in three paraco prid dung beetles: the influence of soil type and soil moisture.** Ecograpahy, v. 18: p. 147-154. 1995
- STATSOFT. **Statistica for Windows.** Tulsa: StatSoft. 2004.
- TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; WITH, K. A. **Landscape connectivity: a return to the basics.** In: CROOKS, K. R.; SANJAYAN, M. A. (Ed.). Connectivity Conservation. Cambridge University Press, p. 29-43. 2006.
- TRICART, J. **As zonas morfoclimáticas do nordeste brasileiro.** Notícia Geomorfologica, v. 3: p. 17-25. 1961.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F. C.; SCHOOLMEESTERS, P. **A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae).** Zootaxa, v. 2.854: p. 1-73, 2011.
- VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga.** Recife, Associação Plantas do Nordeste. Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, v. 76. 2002.

- VERNES K, POPE L C, HILL C J. **Seasonality, dung specificity and competition in dung beetle assemblages in the Australian wet tropics, north-eastern Australia.** *J Trop Ecol*, v. 21: p. 1-8, 2005.
- VIEIRA, L.; LOUZADA, J. N. C.; SPECTOR, S. **Effects of Degradation and Replacement of Southern Brazilian Coastal Sandy Vegetation on the Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae).** *Biotropica*, v. 40, n. 6: p. 719–727, 2008.
- VIEIRA, L.; SILVA, A.B.S. **Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of the Floresta Nacional Contendas do Sincorá, Bahia Brazil.** *Check List*, v. , n 4: p.733–739, 2012.
- WOLDA, H. **Similarity indices, sample size and diversity.** *Oecologia*, v. 50: p. 296-302. 1981.
- YU, D. W.; WILSON, H. B. **The competition-colonization trade-off is dead; Long live the competition-colonization trade-off.** *American Naturalist*, v. 158: p. 49-63. 2001.

## APÊNDICE



Espécies registradas na unidade de Caatinga Boqueirão da Onça, Tribo Ateuchini: A) *Anomiopus* sp.; B) *Ateuchus carbonarius*; C) *Canthidium manni*. Tribo Deltochilini: D) *Canthon* sp.; E) *Canthon* sp.1; F) *Canthon carbonarius*; G) *Canthon melancholicum*; H) *Deltochilum verruciferum*; I) *Deltochilum pseudoicarus*. Tribo Phanaeini: J) *Coprophanaeus pertyi*. Tribo Coprini: L) *Dichotomius geminatus*; M) *Dichotomius nisus*; N) *Dichotomius* sp. Tribo Ontophagini: O) *Digitotonphagus gazella*. Escala 0,5cm.