



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA  
E DO AMBIENTE**



**Scarabaeidae (Coleoptera) na Caatinga baiana:  
Distribuição e Planejamento de pesquisas**

**ELKIAER MORAES CAMPOS**

Feira de Santana  
Março / 2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA  
E DO AMBIENTE



## Scarabaeidae (Coleoptera) na Caatinga baiana: Distribuição e Planejamento de pesquisas

ELKIAER MORAES CAMPOS

Dissertação apresentada à banca de defesa no mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. Orientada pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscila Paixão Lopes. Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais

Feira de Santana  
Março / 2012

# Scarabaeidae (Coleoptera) na Caatinga baiana: Distribuição e Planejamento de pesquisas

ELKIAER MORAES CAMPOS

Dissertação apresentada à banca de defesa no mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. Orientada pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscila Paixão Lopes. Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Priscila Paixão Lopes (UEFS) - Orientadora e Presidente da Banca

---

Prof. Dr. Evandro do Nascimento Silva (UEFS)

---

Prof. Dra. Luciana Hiromi Yoshino Kamino (UFMG)

A meus pais.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir terminar mais um ciclo na minha vida.

À Universidade Estadual de Feira de Santana pelo apoio material e humano necessário a realização deste trabalho.

A FAPESB pela concessão da bolsa de mestrado.

A minha família pelo apoio material, emocional e de toda natureza para continuar mais esses anos na universidade.

A professora Priscila porque sem ela o trabalho seria inviável, viva ao saudoso Uno guerreiro de campo.

Aos meus amigos de longa data, "The Mulekes" pelo apoio e amizade todos esses anos, Isana para lhe dar uma moral, você esta incluída aqui. Vale um agradecimento especial ao velho Bojas pela orientação, discussões e críticas, Valeu minha valência! Não posso esquecer dos novos amigos, povo da zoo, Romú e Alba que inclusive colaborou na produção de iscas. E, a mais recente, Cassia risada garantida. Aos colegas do PPGM, sem os quais as disciplinas e viagens de campo seriam um horror.

A Geane que me suportou esses anos e foi responsável por bons momentos fora da minha casa (UEFS).

A todas as pessoas que me ajudaram no campo: Jane, Leo, Pat, Bojas, Alba e Seu Nilto. Valeu!

Scarabaeidae (Coleoptera) na Caatinga baiana:  
Distribuição e Planejamento de pesquisas

**Resumo**

A Caatinga é o principal bioma da Região Nordeste, ocupando uma área de cerca de 735.000 km<sup>2</sup>, e que sofre com processo de antropização desde o princípio da colonização e que continua até os dias atuais, o que vem resultando num processo acelerado de desertificação e de perda da biodiversidade nas últimas décadas. Partindo desse cenário, o objetivo deste trabalho foi sistematizar a informações sobre Scarabaeidae na caatinga baiana buscando um planejamento de pesquisa para o grupo. Para isso são utilizadas informações de coleções zoológicas do MZFS e amostragens em diversas áreas de caatinga do estado, analisadas quanto à riqueza e composição e, através da utilização de técnicas de modelagem de distribuição de espécies para análises de similaridades ambiental, com base nestas informações associado aos pontos de ocorrência conhecida das espécies é proposto um planejamento de pesquisa para o grupo. Foram reconhecidas 81 espécies advindas de 27 localidades, sendo cerca de 60% delas de ocorrência única; foram adicionadas à coleção do MZFS 19 novos registros e uma espécie nova (a ser descrita); encontrou-se também relação entre a composição de Scarabaeidae e as fisionomias de caatinga. As análises de similaridade ambiental mostraram uma tendência de preferência dos Scarabaeidae pela parte leste em direção ao sul e região oeste-noroeste. Por fim gerou-se um mapa inicial indicativo de áreas mais indicadas para pesquisa em Scarabaeidae na caatinga baiana.

**Palavras chave:** Besouros rola-bosta, riqueza, análise ambiental, planejamento em pesquisa

## **Abstract**

The Caatinga is the main biome in the Brazilian Northeast region, occupying an area of about 735,000 km<sup>2</sup>, and suffering with the process of human disturbance from the beginning of its colonization to-day, which in recent decades has resulted in an accelerated process of desertification and loss of biodiversity. Based on this scenario, the objective of this work is to systematize the information on Scarabaeidae in the caatinga of Bahia State looking for a research strategy for the group. In order to reach this goal we used entomological collections information altogether with zoological surveys in various areas of caatinga in the state, and analyzed for Scarabaeidae composition and richness; through the use of species distribution modeling techniques for analysis of environmental similarities we propose a research design for the group. We recognized 81 species that come from 27 locations, with approximately 60% of them in unique occurrences; we also found relationships between Scarabaeidae species and the physiognomic types of caatinga. The similarity analysis showed a trend of environmental preference Scarabaeidae for the eastern region toward the south and also west-northwest region. Finally we generated a map indicating high priority areas for future research on Scarabaeidae in the caatinga of Bahia.

**Keywords:** Scarabaeidae, richness, environmental analysis, research design

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	9
<b>2. Base Conceitual</b> .....	13
<b>2.1 Caatinga</b> .....	13
<b>2.2 Scarabaeidae</b> .....	16
<b>2.3 Modelagem de Distribuição de Espécies</b> .....	19
<b>3. Objetivos</b> .....	21
<b>4. Material e Métodos</b> .....	23
<b>5. Resultados</b> .....	27
<b>6. Discussão</b> .....	41
<b>6.1 Riqueza</b> .....	41
<b>6.2 Similaridade Ambiental</b> .....	43
<b>6.3 Planejamento</b> .....	45
<b>7. Considerações Finais</b> .....	48
<b>8. Referências</b> .....	49

## 1. Introdução

Dentre os temas mais atuais nas ciências da Terra, o processo crescente de destruição ambiental por atividades ligadas à ação humana ocupa lugar central. Apesar de a extensão da responsabilidade humana ser discutida, fatores como a redução dos biomas naturais, substituição de elementos da paisagem e as mudanças climáticas globais têm gerado evidências consideráveis sobre o declínio da biodiversidade e conseqüentemente gerando efeitos desastrosos sobre funções e estabilidade dos ecossistemas (CHAPIN III *et al.*, 2000; BENAYAS *et al.*, 2009; ISBELL, 2010).

As formações florestais úmidas têm posição de destaque no cenário da preocupação com o desmatamento, uma vez que sua retirada impõe uma mudança abrupta na paisagem. Além disso, as mudanças abióticas que se processam após sua retirada, como exposição do solo, redução de umidade e elevação de temperatura são notáveis. A esse fato são agregados um maior nível de conhecimento biológico e interesse popular. Não é por acaso que consistem nas formações com maior percentual relativo de proteção (MMA, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2009). Já as formações secas gozam de menor apelo conservacionista, mais por uma deficiência de conhecimentos quanto a sua diversidade e níveis de endemismo e menor impacto “estético”, do que por seu valor ambiental.

A Caatinga é o principal bioma da Região Nordeste, ocupa uma área de cerca de 735.000 km<sup>2</sup>, cobrindo aproximadamente 11% do território nacional. Abrange todos os estados do Nordeste continental, além do norte de Minas Gerais, limitando-se a leste, oeste e ao sul pelas florestas Atlântica, Amazônica e pelo Cerrado, nessa ordem. Apesar de sua extensão e representatividade territorial, é o Bioma com menor percentual de conservação, com menos de 1% de sua área total incluída em Unidades de Conservação de proteção integral (LEAL *et al.*, 2005).

Essas áreas foram intensamente ocupadas desde a época da colonização européia no século XVI, sendo as áreas de caatinga arbórea as mais afetadas, já que foram cortadas para utilização de sua madeira para construção de casas, cercas e fazendas para criação de gado (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996). Nas últimas

décadas o uso inadequado do solo vem resultando em um processo acelerado de desertificação e conseqüentemente de perda da biodiversidade (MMA, 1991).

Essa perda de biodiversidade aliada ao pouco conhecimento da diversidade desse bioma, que por muito tempo foi considerado pouco diverso e homogêneo (MMA, 2002), justifica o desenvolvimento de novos estudos que busquem conhecer e entender o funcionamento da biodiversidade da caatinga. A ampliação de dados sobre a biota (composição, distribuição e seus determinantes) e o delineamento dos padrões espaciais de riqueza são elementos urgentes para que se deflagrem estratégias mais eficientes de conservação da caatinga. Até o momento, as áreas listadas como de extrema importância biológica para conservação agregam tanto áreas relativamente bem amostradas que têm alta diversidade e endemismo, quanto áreas muito pouco conhecidas, mas de provável importância.

O uso de ferramentas de modelagem de biodiversidade oferece a oportunidade de análise dos dados já existentes de forma maximizada, possibilitando o reconhecimento de centros de diversidade e áreas com vazios de informações, mas que possivelmente são áreas potenciais de ocorrência das espécies. Dessa forma é facilitada a indicação de novas áreas para conservação ou a necessidade de políticas de restauração para conexão de áreas para ampliação de populações ameaçadas.

Organismos indicadores de biodiversidade permitem o acesso rápido ao estado geral de conservação de uma área, sem que haja a necessidade de levantamentos taxonômicos amplos e caros (CARO & O'DOHERTY, 1999). O uso de insetos vem ao encontro dessa estratégia, por demandarem técnicas de coleta usualmente mais baratas e rápidas, e com menor impacto às populações coletadas (DUELLI & OBRIST, 1998).

Coleoptera é a maior ordem dos insetos e contém cerca de 40% das espécies conhecidas. Compreende os insetos que se distinguem facilmente pela presença dos élitros (asas endurecidas). Mais de 300.000 espécies de besouros já foram descritas (GULLAN & CRANSTON, 2008).

Os Scarabaeidae são conhecidos popularmente como rola-bostas, por alguns representantes da família rolarem bolas de excrementos até o local de alimentação

ou reprodução, sendo este comportamento característico do grupo (HANSKI, 1991). A família Scarabaeidae é muito rica, sendo conhecidas cerca de 5.000 espécies, apresentando grande diversidade nos trópicos (MONAGHAN *et al.*, 2007). Formam um grupo bem estruturado em termos taxonômicos e funcionais, sendo a imensa maioria dos indivíduos da família detritívoros, usando principalmente fezes, carcaças e frutas em decomposição para sua alimentação e reprodução, desempenhando dessa forma papel fundamental na manutenção dos ecossistemas (HALFFTER & MATTHEWS, 1966). Devido a esse comportamento alimentar e reprodutivo ter grande efeito na remoção de fezes de pastagens, contribui para o controle de pragas e inimigos naturais de rebanhos, já que eles eliminam o local de reprodução de outros insetos como as moscas, bem como promovem a dispersão secundária de sementes e o conseqüente enterramento e proteção contra predação destas (ANDRESEN & FEER, 2005; ANDRESEN & LEVEY, 2004).

Os Scarabaeidae apresentam boa fidelidade ambiental, sendo reconhecidamente associados a ambientes específicos e demonstrando a alteração de suas condições a partir de propriedades de populações, como por redução populacional além de características de comunidades, como alterações de composição, estrutura e diversidade (DUELLI & OBRIST, 1998; DAVIS, 2000). Tais características tornam esse grupo de besouros organismos interessantes para trabalhos de monitoramento ambiental.

Apesar de sua importância enquanto bioindicador o conhecimento sobre o grupo no Brasil e na caatinga, especialmente, ainda é defasado, não havendo banco de dados organizado sobre o grupo. A única revisão recente é de Vaz-de-Mello (2000), sendo reconhecidas 618 espécies, feita a partir da literatura e da sua coleção particular, o que a torna restrita, uma vez que não congrega informações de outras coleções. Esta descrição mostra a precariedade de informações sistematizadas existentes para os Scarabaeidae no Brasil.

Dessa forma, o aumento e sistematização das informações dos Scarabaeidae permitirão melhor entendimento da fauna associada a regiões semiáridas podendo gerar informações importantes sobre a distribuição, riqueza e diversidade desta família para caatinga, além de permitir uma análise do conhecimento disponível para o grupo, possibilitando um planejamento de pesquisa bem elaborado que envolva

diminuição de custos e maximização do esforço para o melhor conhecimento deste grupo de insetos na caatinga do estado da Bahia.

## 2. Base conceitual

### 2.1. Caatinga

A caatinga representa uma área de 70% do nordeste sendo encontrada em nove estados brasileiros. A Bahia é o quinto estado do país em extensão territorial e equivale a 36,3% da área total do Nordeste brasileiro; de sua área de 564.692,67 km<sup>2</sup>, cerca de 68,7% encontram-se na região do semiárido, sendo recoberta originalmente por diversas fisionomias de caatinga, num mosaico de formações arbustivas espinhosas e florestas sazonalmente secas.

A caatinga é caracterizada por um sistema de chuvas irregulares distribuídas entre os anos, que gera problemas de secas severas periódicas (KROL *et al.*, 2001), com precipitações médias anuais variando entre 240 *mm* a 1500 *mm* (PRADO, 2003).

Geomorfologicamente a maior parte do bioma encontra-se em depressões interplanálticas (AB'SABER, 1977), algumas exceções são vistas como no Raso da Catarina onde também é encontrada em planaltos (ANDRADE-LIMA, 1982), e no geral estas áreas estão expostas a partir de sedimentos do Cretáceo ou Terciário que cobriram o escudo brasileiro basal do Pré-Cambriano (AB'SABER, 1977).

Os solos têm uma distribuição espacial complexa que forma um mosaico muito retalhado variando desde solos pedregosos e rasos com a rocha mãe pouco decomposta a profundidades diminutas e muitos afloramentos de rochas maciças até aos solos arenosos e profundos que dão lugar às caatingas de areia (TRICART, 1961; VELLOSO *et al.*, 2002).

Na Bahia apresenta uma diversidade de tipos e fisionomias, sendo reconhecidas quatro formações de caatinga marcadamente distintas no estado, descritas por Velloso *et al.* (2002), em estudo para definir ecorregiões na caatinga:

**Depressão Sertaneja Meridional:** Paisagem típica do semiárido nordestino: extensas planícies baixas, de relevo predominante suave. Na Bahia devido à presença da Chapada Diamantina, apresenta um relevo bastante acidentado e extensos platôs no entorno da Chapada. Apresenta uma variedade de tipos de solo

dependendo da localidade, desde latossolos na região sul a planossolos na parte entre a Chapada Diamantina e o Raso da Catarina e solos litólicos na parte a leste do Raso.

**Complexo Chapada Diamantina:** É a região mais elevada da caatinga, quase toda acima de 500 *m*. O relevo é bastante acidentado com grandes maciços residuais, topos rochosos, encostas íngremes, vales estreitos e profundos, grande superfícies planas de altitudes e serras altas, estreitas e compridas. Com altitudes variando de 200 a 800 *m*, apresenta grande variedade de solos dependendo do relevo, podendo ser litólicos, latossolos e podsólicos e também grandes afloramentos de rocha. Devido às características da área o clima varia dependendo da face da chapada e da altitude. Na parte oeste é quente a tropical com precipitação crescendo das menores para maiores altitudes, com período chuvoso se estendendo de outubro a abril com precipitação variando de 500 a 1000 *mm*. Já na parte leste o clima vai de tropical a semiárido com período chuvoso de novembro a maio, com precipitação média de 678-866 *mm/ano*.

**Dunas do São Francisco:** Como o nome mostra, é formada por extensos depósitos eólicos que podem passar dos 100 *m*. Apresenta solos arenosos e profundos de areias quartzosas de fertilidade muito baixa, com altitude variando de 450 a 500 *m* na área de dunas. O clima é muito quente e semiárido com chuvas no período de outubro a abril e precipitação média de 800 *mm*

**Raso da Catarina:** É uma bacia de solos muito arenosos, profundos e pouco férteis, de relevo muito plano, mas com cânions na parte oeste. As altitudes variam de 400 a 600 *m*, predominando solos de areia e latossolos, com clima semiárido, bastante quente e seco, com precipitação média de 650 *mm/ano* e período chuvoso de dezembro a julho.

Dentro dessas formações se distinguem ainda alguns tipos de fitofisionomias, devido a uma vegetação essencialmente heterogênea, podendo ser citadas as propostas por Andrade-Lima (1966): caatinga arbórea, caatinga arbórea aberta, caatinga arbustiva aberta e caatinga irreversivelmente degradada; e as propostas por Veloso *et al.* (1991) que caracterizam a caatinga como tendo predomínio da

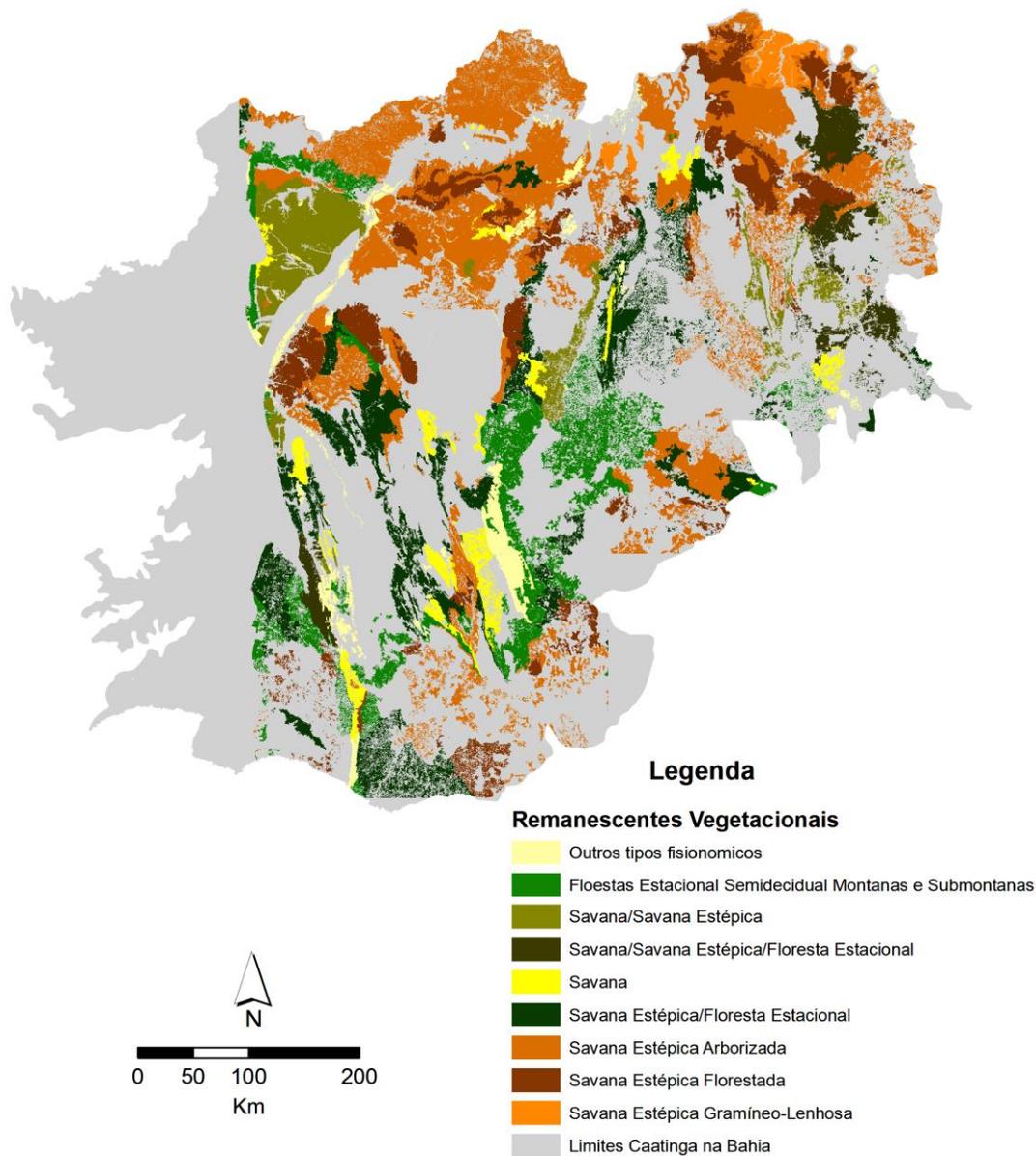
savana-estépica, mas sendo classificada em quatro tipos: florestada, arborizada, parque e gramíneo-lenhosa; esta classificação é adotada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) nos mapas de vegetação (figura 1).

Entretanto, de acordo com Fernandes (2000), é mais prático e acertado considerar basicamente duas fitofisionomias: caatinga arbórea e caatinga arbustiva. Segundo esse autor, as descrições pormenorizadas e cuidadosas devem ficar a cargo de cada pesquisador, quando as peculiaridades dos locais estudados assim o exigirem.

A partir disso, é possível notar a diversidade e a importância que este bioma tem para o estado, apesar de isso não ser revertido em termos de conservação. Existem hoje sob a tutela estadual três parques: Sete Passagens, Morro do Chapéu (este, atualmente vivendo uma batalha judicial para manutenção ou não do parque) e Canudos. Sob tutela federal existe o Parque Nacional Chapada Diamantina, a Estação Ecológica Raso da Catarina e a FLONA Contendas do Sincorá. Muito embora sejam seis áreas sob proteção, nem todas as ecorregiões têm áreas sob proteção.

Além disso, a caatinga tem sido muito modificada, principalmente pelo uso de queimadas para substituição da vegetação natural para culturas agrícolas. Aliado a isso, a mecanização, o uso de irrigação e a ampliação da pecuária estão provocando um processo de uso insustentável dos solos, da vegetação, dos recursos hídricos e da biodiversidade, o que tem acelerado o problema da desertificação na região semiárida (CAVALCANTI *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2009). Esta realidade torna imprescindível um processo de melhor conhecimento da caatinga, antes que a ação humana diminua ainda mais a área e número de seus remanescentes e sua biota, e que possa embasar a elaboração de planos de manejo para o bioma.

Figura 1 - Mapa de remanescentes vegetacionais e fisionomias associadas para área de caatinga do estado da Bahia.



Fonte: Adaptado de MMA 2007 e 2010

Obs: Savana Estépica Arborizada equivalente a Caatinga arbustiva; Savana Estépica Florestada equivalente a Caatinga arboréa.

## 2.2. Scarabaeidae

Os insetos de maneira geral ainda são pobremente conhecidos na caatinga. Isso pode ser demonstrado a partir de estudos organizados pelo MMA (2002) para delimitar áreas prioritárias para conservação de invertebrados. Esse estudo gerou

um total de 19 áreas prioritárias para conservação dos invertebrados, sendo que dessas, 12 áreas estavam enquadradas na categoria “Insuficientemente conhecida, mas com provável importância biológica”, o que mostra a total falta de conhecimento da biodiversidade de insetos do bioma.

Para os Scarabaeidae a situação é ainda mais complicada. No Brasil até o ano 2000 eram reconhecidas 618 espécies de Scarabaeidae, nove destas sendo endêmicas da região nordeste (VAZ-DE-MELLO, 2000). Estudos de revisão taxonômica têm sido feitos nos últimos anos, mas não se conhece o número preciso de espécies registradas para a caatinga. Até o momento existem seis estudos publicados para caatinga do nordeste, dois na Paraíba (HERNÁNDEZ, 2005; 2007), dois em Pernambuco (LIBERAL, 2008; LIBERAL *et al.*, 2011) e dois na Bahia (LOPES & LOUZADA, 2005; LOPES *et al.*, 2006).

Hernández (2005), estudando a caatinga paraibana na região do Cariri, contabilizou 20 espécies de Scarabaeidae. Em outra região (Curimataú) na Paraíba, Hernández (2007) encontrou 20 espécies, sendo seis diferentes do estudo anterior, contabilizando 26 espécies para caatinga Paraibana. Em Pernambuco Liberal (2008) encontrou 14 espécies em duas áreas de caatinga (uma mais fechada e outra mais aberta) e Liberal *et al.* (2011) encontraram 13 espécies em estudo comparando um área conservada e uma perturbada, no Parque Nacional Catimbau. Já na Bahia, Lopes e Louzada (2005) em estudo na Chapada Diamantina encontraram quatro espécies (o número mais baixo pode estar relacionado ao uso de uma metodologia diferenciada, envolvendo apenas isca de carcaça com exposição de 24 horas e com baixo esforço amostral espacial) e Lopes *et al.* (2006) registraram 23 espécies em área de transição caatinga/floresta decídua, sendo que apenas uma espécie foi comum aos dois estudos, totalizando 26 espécies para Bahia.

De todas as espécies encontradas nos três estados do nordeste apenas cinco são comuns entre eles (*Malagoniella astyanax* (Olivier, 1789), *Dichotomius nisus* (Olivier, 1789), *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913), *Deltochilum verruciferum* Felsche, 1911 e *Canthidium manni* (Arrow, 1913)) sendo as três últimas características da caatinga, segundo Neves *et al.* (2010). Entretanto, como nos cinco estudos muitas espécies não foram identificadas a nível específico e sim separadas por morfoespécies, há a possibilidade de mais espécies em comum, reduzindo o

número total de espécies para caatinga. Há um estudo mais recente de Gillett *et al.* (2010), enfocando a biodiversidade e distribuição da tribo Phanaeini na região nordeste, mas este não acrescenta novos registros para a caatinga, além dos citados nos estudos anteriores.

Este número de espécies encontrado, baixo se comparado a estudos em florestas úmidas na região neotropical, pode ser explicado pelas diferenças marcantes de precipitação entre as áreas, que afetam sobremaneira os padrões de distribuição dos insetos (CHOWN & GASTON, 1999; ADDO-BEDIAKO *et al.*, 2001).

Nos trópicos a regularidade das chuvas é um dos principais fatores que influencia a sazonalidade das populações dos rola-bostas (GIL, 1991). Dessa forma, a chuva como fator limitante na caatinga e em outros ambientes áridos ganha ainda mais importância, como pode ser demonstrado por uma variedade de trabalhos estudando o efeito da sazonalidade em Scarabaeidae. Janzen (1983) mostra associação direta no aumento da riqueza e abundância das espécies de rola-bosta com o início da estação chuvosa em estudo na floresta seca na Costa Rica; Escobar (1997) e Lida e Toro (2003) em estudos também em floresta seca na Colômbia encontraram o mesmo padrão; Andresen (2005; 2008) em estudos no México encontrou elevada correlação entre as chuvas e a abundância dos besouros, chegando a ocorrer neste estudo até a total ausência de espécies na estação seca. No Brasil estudos feitos na caatinga Paraibana por Hernández (2005; 2007) também revelaram forte sazonalidade dos Scarabaeidae com a precipitação, chegando à ausência de indivíduos adultos no período mais seco.

O resultado destes estudos mostra, por um lado, níveis de diversidade comparativamente mais baixos do que áreas úmidas, mas por outro lado, mostra a ligação estreita entre tolerância fisiológica e os padrões de distribuição das espécies (CHOWN & GASTON, 1999), além da elevada sensibilidade climática (ADDO-BEDIAKO *et al.*, 2000), notada, por exemplo, pela ausência de indivíduos nos períodos mais secos em alguns estudos. Essas relações estão ligadas às taxas de perda de água nas espécies. Addo-Bediako *et al.* (2001), revisando perda de água em insetos, mostram que espécies de ambientes áridos tem uma maior resistência à dessecação, com menor perda de água em comparação com aquelas de ambientes

úmidos, comparados insetos com tamanhos corpóreos e taxas metabólicas semelhantes.

Nos Scarabaeidae esta relação é ligada ao fato de cada espécie ser adaptada a certas condições microclimáticas específicas (BARBERO *et al.*, 1999), que se associam para além dos problemas de resistência à dessecação, por afetar seu recurso alimentar e o processo de nidificação, e ao quão rápido as mudanças físico-químicas os alteram, influenciando o tempo que o recurso está disponível para uso e as condições ideais de sobrevivência das larvas nos ninhos (ROUGON & ROUGON, 1991).

### 2.3. Modelagem de distribuição de espécies

Técnicas de modelagem de distribuição de espécies (SDM) ganharam força nos últimos anos devido à busca dos ecólogos em entender os padrões de distribuição da biota global (PETERSON & VIEGLAIS, 2001), principalmente visando compreender como as mudanças climáticas vêm influenciando a perda da biodiversidade (CHAPIN III *et al.*, 2000). A utilização dessas técnicas justifica-se pela impossibilidade de entender as funções de sistemas complexos, como ecossistemas, sem o uso de um modelo como ferramentas de síntese para análise dos inúmeros componentes envolvidos no sistema (JØRGENSEN & BENDORICCHIO, 2001). Entretanto, isso só foi possível devido à propagação em larga escala de dados espaciais em conjunto com o aumento da disponibilidade de sistemas de informações georeferenciadas (SIG), softwares estatísticos e o crescente avanço da computação, possibilitando a modelagem e mapeamento das complexas relações espécie-ambiente.

SDM são modelos empíricos que relacionam observações de campo com variáveis ambientais preditoras, com base em respostas derivadas estatisticamente ou teoricamente (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000). Os dados de espécies podem ser de simples presença, presença-ausência ou abundância com base em amostragem de campo, ou observações obtidas a partir de coleções biológicas. As variáveis ambientais podem exercer efeitos diretos ou indiretos sobre as espécies (AUSTIN, 2002), e são idealmente escolhidas para refletir três tipos principais de influências

sobre as espécies (GUISAN & ZIMMERMANN, 2000; GUISAN & THUILLER, 2005): (I) fatores limitantes (ou reguladores), definidos como fatores de controle da ecofisiologia das espécies (por exemplo, temperatura, água, composição do solo), (II) perturbações, definidas como todos os tipos de perturbações que afetam os sistemas ambientais (naturais ou induzidas pelo homem) e (III) recursos, definidos como todos os compostos que possam ser assimilados pelos organismos (por exemplo, nutrientes e água).

A escolha das variáveis ambientais e a escala do estudo (AUSTIN, 2002; GUISAN & THUILLER, 2005; ELITH *et al.*, 2006; ELITH & LEATHWICK, 2009), assim como a quantidade e qualidade das informações das espécies (ELITH *et al.*, 2006; PEARSON, 2007) afetam sobremaneira os resultados dos SDM. Elith e Leathwick (2009) mostraram em uma revisão a importância da escala, que compreende tanto a resolução quanto a extensão da análise, a extensão refletindo o propósito da análise (se global, regional ou local) e a resolução que descreve as propriedades dos dados e a acurácia espacial das variáveis ambientais, e a precisão do registro das espécies. De forma que a escala adequada, segundo eles, é ditada pelos objetivos do estudo, o sistema e os dados disponíveis.

SDM em sua maioria estão baseadas em análise ambiental, que consiste no uso de algoritmos que buscam condições ambientais semelhantes onde as espécies foram encontradas, que resulta na extrapolação da área de ocorrência (áreas potenciais) onde as condições sejam adequadas para o estabelecimento das espécies (SIQUEIRA & DURINGAN, 2007).

Esse tipo de modelagem define limites ecológicos (ambientais) para as condições de ocorrência das espécies. Desta forma, as informações relacionadas aos pontos amostrados são modeladas no espaço ambiental e projetadas em dimensões geográficas, identificando-se os locais com características parecidas na área em estudo, indicando onde as espécies são capazes de manter populações viáveis (PETERSON & VIEGLAIS, 2001). Esses “limites ecológicos” correspondem ao nicho das espécies, que consiste na teoria de fundo da modelagem de distribuição. Nicho, segundo Hutchinson (1957), pode ser definido como um hipervolume n-dimensional de variáveis ambientais que permitam a sobrevivência das espécies. A técnica reconhece o nicho das espécies a partir dos preditores ambientais

selecionados e busca áreas com as mesmas características, sendo importante pontuar a distinção bem marcada entre ao espaço geográfico e o ambiental. O espaço geográfico é definido meramente por coordenadas bidimensionais ou tridimensionais, no caso de de modelos de elevação digital, e o espaço ambiental consiste em um espaço multidimensional, representados por um conjunto de indicadores ambientais (ELITH & LEATHWICK, 2009).

As técnicas de SDM podem ser divididos principalmente em duas classes, os que usam informações de presença-ausência e os que usam apenas presença. A maior parte dos modelos baseados em presença/ausência são derivados de técnicas estatísticas clássicas e bem conhecidas, principalmente métodos de regressão que são amplamente utilizados pelos ecologistas. Estes podem ser estendidos para modelar dados complexos, incluindo dados de abundância com muitos zeros e registros com detecção de presença imperfeitos (ELITH & LEATHWICK, 2009; DE MARCO JR. & SIQUEIRA, 2009). Exemplos incluem abordagens com uso de regressão logística (BARBOSA *et al.*, 2009), GLM's (General Linear Models) (SEGURADO & ARAUJO, 2004) e GAM (General Additive Models) (ARAUJO & LUOTO, 2007). Já os modelos baseados em dados apenas de presença podem ser classificados pelo grau de complexidade nos processos que os envolvem, como apresentado por De Marco Jr. e Siqueira (2009): Métodos de distância ou similaridade ambiental são baseados na existência de um ponto ótimo ecológico definido pelo centróide do seu ponto de ocorrência no espaço ecológico (ex: Environmental Distance); os métodos de envelopes climáticos consistem em uma região (reto-linear) representando a amplitude de cada dimensão ambiental para a ocorrência da espécie que assume uma predição final, não existindo correlação entre as variáveis nos pontos de ocorrência (ex: DOMAIN, BIOCLIM); e os métodos de aprendizagem de máquinas, que são técnicas que podem extrair conhecimento a partir de conjuntos de dados empregando um princípio de inferência chamado de indução, em que as conclusões gerais são obtidos a partir de um conjunto particular de exemplos (ex: MaxEnt, ENFA).

### **3. Objetivos**

Fazer a sistematização das informações disponíveis para Scarabaeidae na caatinga baiana.

Elaborar uma lista preliminar das espécies de Scarabaeidae para caatinga da Bahia.

Analisar de forma inicial os padrões de ocorrências das espécies de Scarabaeidae por meio de análises de similaridade.

Propor um planejamento de pesquisas para região de caatinga no estado da Bahia a partir da identificação de áreas com maior similaridade ou maior deficiência de conhecimento faunístico.

#### 4. Material e métodos

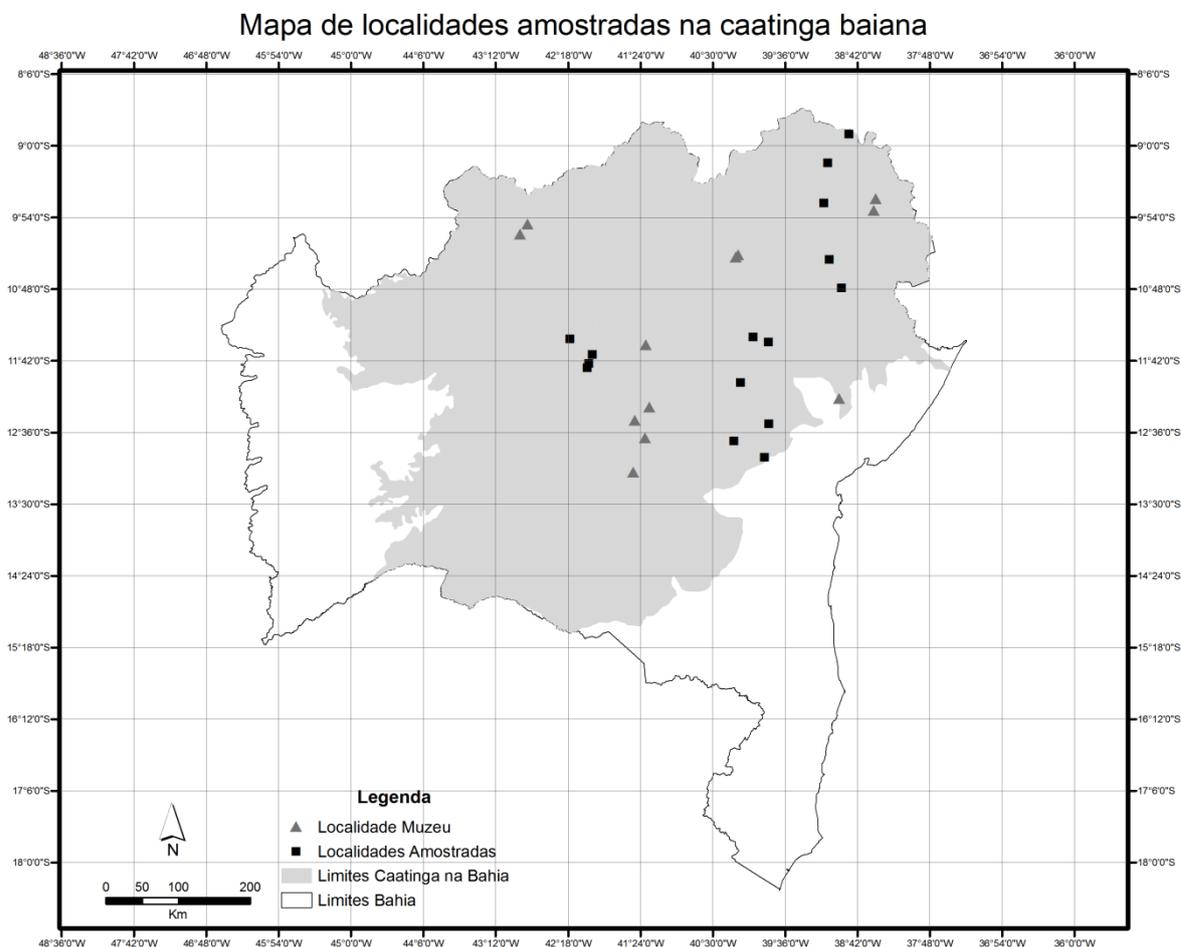
Tendo em vista a ampla abrangência espacial do ambiente alvo do estudo, o que inviabiliza uma amostragem em todas as áreas de caatinga do estado, faz-se necessário a utilização de um banco de dados pré-existente para aquisição de, ao menos, uma parte das informações disponíveis para a região. Assim a coleção entomológica Johan Becker do Museu de Zoologia da UEFS (MZFS) foi escolhida por ser a que tem a maior representatividade no estado para o grupo.

O MZFS conta atualmente com informações provenientes de 13 localidades distintas, em 11 municípios baianos dentro da região de caatinga, destas, sete localidades foram amostradas pelo PPBIO/Semiárido (Programa de Pesquisa da Biodiversidade Brasileira, MMA) e as demais em coletas de outros projetos do grupo de pesquisas em Scarabaeidae do Laboratório de Entomologia da UEFS. Todas as amostragens dos projetos acima foram georreferenciadas.

Devido ao baixo número de coletas para a abrangência da área de estudo foram realizadas novas amostragens, com o propósito de maximizar o número de localidades e a área de cobertura amostrada. Para tanto, o estado foi dividido em células de 100x100 km sendo cada quadrante amostrado em duas áreas distintas, sendo considerados apenas os quadrantes que tinham ocorrência de manchas de caatinga e ainda não tinham sido amostrados. Esta divisão foi proposta no intuito de fazer uma amostragem estruturada, que diminuísse o viés espacial e do pesquisador e que servisse de base para a proposta de planejamento de pesquisa.

Foram feitas coletas em 14 localidades distintas cobrindo um total de oito quadrantes (Figura 2). Todas as localidades foram devidamente georeferenciadas e observada a fitofisionomia predominante, se caatinga arbórea, arbustiva ou caatinga rala (variação de caatinga arbustiva com arbustos menores ou não, e bastante espaçados um do outro). Áreas de Savana Gramíneo-Lenhosa foram enquadradas na categoria caatinga rala, devido a sua característica de ser dominada por gramíneas e alguns arbustos bastante espaçados um do outro.

FIGURA 2 - Mapa das localidades amostradas na caatinga baiana, diferenciando as localidades amostradas neste e em outros projetos cujo material biológico foi tombado no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (MZFS).



Legenda: quadrados=localidades amostradas no presente estudo; triângulos=localidades amostradas em outros estudos; área hachurada=limites da caatinga dentro do estado da Bahia.

As áreas foram amostradas utilizando a amostragem ecológica rápida (AER), adaptada por Lopes e Louzada (2005), mas sem replicação temporal. Esse tipo de amostragem permitiu um esforço pontual, porém com uma coleta intensa da escarabeidofauna em cada área. A coleta em cada área consistiu de três transectos paralelos com quatro pontos cada (totalizando 12 pontos amostrais). Cada ponto manteve uma distância de 30 metros um do outro e possuía duas armadilhas tipo pitfall iscadas com fezes e carcaça.

As espécies coletadas foram triadas, montadas e identificadas ao menor nível possível no laboratório e comparadas com as espécies já identificadas da coleção entomológica Johan Becker do MZFS; aquelas a que não foi possível chegar ao

nível específico foram enviadas para especialista para confirmação e determinação das espécies.

Os dados obtidos foram comparados com outros estudos para regiões de caatinga, quanto à riqueza e composição. Visando determinar a composição de espécies e as semelhanças e diferenças entre as áreas, foram obtidos os dados de riqueza (estimada por Chao1), comparados quanto à efetividade de coleta determinada pela proporção entre a riqueza observada e a riqueza estimada para a comunidade (PAST, HAMMER *et al.*, 2001), uma análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) utilizando como matriz de similaridade o índice de Jaccard com diferenciação de grupos por ANOSIM (Primer 6.0, CLARKE & GORLEY, 2001), e ainda uma correlação de matrizes de similaridade (Jaccard) e de distância geográfica (Euclidiana) através de um teste de Mantel.

Foi feita, ainda, uma análise de similaridade ambiental por meio de técnicas de modelagem de distribuição de espécies (SDM), fazendo uso do algoritmo Environmental Distance (ED) implementado no software openModeller versão 1.1.0. O algoritmo em questão se baseia na existência de um ponto ótimo ecológico definido pelo centróide do seu ponto de ocorrência no espaço ecológico (DE MARCO JR. & SIQUEIRA, 2009). Este tipo de técnica faz uso basicamente de dois tipos de informações para gerar previsões, informações de ocorrência das espécies e variáveis ambientais relacionadas a espécies em estudo. Assim foram utilizadas as espécies com mais de quatro ocorrências nas 27 localidades amostradas, no intuito de gerar uma análise mais confiável.

A opção por fazer uma análise de similaridade ambiental se baseia na quantidade e nos tipos de dados disponíveis; no total são apenas vinte e sete localidades amostradas e que apresentam certo viés espacial e não há certeza de que esses pontos representem bem o nicho ecológico das espécies, uma vez que são poucos os estudos de biologia das espécies de rola bostas. De forma que a realização de um SDM com dados desta natureza poderiam gerar resultados ruins ou com baixo nível de confiabilidade.

A riqueza e variação dos Scarabaeidae estão altamente relacionadas à topografia, clima e a estrutura do solo; dessa forma foram pré-selecionados um

conjunto de 19 variáveis climáticas (HIJMANS *et al.*, 2005), um modelo digital do terreno (HIJMANS *et al.*, 2005), Índice de aridez global (AI) (TRABUCCO & ZOMER, 2009) e potencial de evapotranspiração (PET) (TRABUCCO & ZOMER, 2009) todas em resolução de 1km<sup>2</sup>, já que os dados utilizados tinham informações espaciais precisas. Destas variáveis pré-selecionadas foi feita uma análise de componentes principais (PCA) para selecionar as variáveis mais importantes e uma correlação de Pearson, para evitar correlação e multicolinearidade entre as variáveis (uma vez que o número de ocorrências para área de estudo é baixo - apenas 27 localidades no total, foram selecionados 500 pontos ao acaso na área em estudo para se obter uma melhor discriminação da correlação das variáveis), sendo preteridas na seleção aquelas mais relacionadas com a umidade uma vez que o grupo tem um forte padrão sazonal.

Os mapas de similaridade obtidos a partir do ED foram cortados com uso do limiar de corte da presença mínima, cada mapa individual foi somado em ambiente SIG, para obter um mapa de similaridade geral das espécies. Este mapa de similaridade geral, associado ao mapa de remanescentes vegetacionais e ao mapa de localidades amostradas foram utilizados para traçar um modelo de planejamento de pesquisa para Scarabaeidae na caatinga da Bahia. Tais informações foram selecionadas por apresentarem relevância quanto à distribuição e ecologia das espécies da família, tais como: o grupo tem forte ligação com mudanças relacionadas à estrutura vegetacional (fisionomia e tipos vegetacionais); as informações das áreas já amostradas podem ser compreendidas como a distribuição conhecida das espécies, tornando-se um guia para onde o esforço de coleta deve ser direcionado; e a análise de similaridade ambiental propicia um conhecimento, de onde, as condições ambientais são mais próximas a ocorrência conhecida da espécie, refinando as informações de onde deve ser direcionado o esforço de coleta.

A proposta de planejamento para pesquisa em Scarabaeidae na caatinga baiana foi feita levando-se em consideração as seguintes características: 1 - Quadrantes com localidades já amostradas; 2 - Quadrantes com similaridade intermediária a alta sem localidades amostradas; 3 - Quadrantes com fragmentos de caatinga sem localidades amostradas; 4 - Quadrantes com diferentes fisionomias de caatinga sem localidades amostradas. Cada quadrante foi categorizado segundo

estas características e por fim determinou-se a importância para pesquisa a partir da relação entre essas categorias, da seguinte maneira: muito alta (4;3;2); alta (3;2); média (4;3) e baixa (3).

## 5. Resultados

Um total de 81 espécies foi registrado para a caatinga baiana, provenientes de 27 localidades distintas; 18 novos registros e uma nova espécie (ainda a ser descrita) foram adicionados à coleção entomológica Johan Becker do MZFS a partir das novas coletas realizadas, sendo que a coleção já contava com 62 espécies. A espécie que apresentou distribuição mais ampla foi *Deltochilum verruciferum* Felsche, 1911 que foi registrada em 21 das 27 localidades amostradas. Por sua vez 46 espécies (56,7%) foram encontradas apenas em uma localidade, com destaque para as seis espécies da tribo Phanaeini: *Coprophanaeus ensifer*, *C. pertyi*, *C. spitzii*, *C. vazdemelloi*, *Diabroctis mimas* e *Phanaeus* sp1 (Tabela 1), que surpreendentemente tiveram poucas ocorrências já que, segundo Gillett *et al.* (2010), a Bahia é o estado do nordeste com maior riqueza de espécies da tribo.

A localidade da Barra do Brejo no município de Pilão Arcado foi a que apresentou maior riqueza (22 espécies) sendo *Canthon enkerlini* Martinez, 1964 a espécie mais abundante, enquanto três localidades, Macururé, Gavião e Mirorós, apresentaram apenas uma espécie (*D. verruciferum*) (Tabela 2). As curvas de rarefação ficaram próximas de alcançar a assíntota em cinco localidades (Barra do Brejo, Marimbus, Paulo Afonso, Rafael Jambeiro e Milagres), sendo que as quatro primeiras tiveram 100% das espécies coletadas e a última 98%, segundo o estimador Chao1 (Figura 3).

TABELA 1 - Lista de espécies com o respectivo número de localidades em que ocorrem na Caatinga do estado da Bahia

<b>Espécies</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Espécies</b>	<b>Ocorrências</b>
<b>Ateuchini</b>			
<i>Ateuchus semicribratus</i>	6	<i>Dichotomius puncticollis</i>	1
<i>Ateuchus</i> sp4	1	<i>Dichotomius rasmus</i> (sic)	1
<i>Ateuchus</i> sp5	1	<i>Dichotomius semisquamosus</i>	2
<i>Ateuchus</i> sp6	1	<i>Dichotomius sericeus</i>	5
<i>Canthidium prox. flavum</i>	1	<i>Dichotomius</i> aff. <i>laevicollis</i>	1
<i>Canthidium humerale</i>	2	<i>Dichotomius</i> gr. <i>ascanius</i>	2
<i>Canthidium manni</i>	5	<i>Dichotomius</i> gr. <i>sericeus</i>	6
<i>Canthidium multipunctatum</i>	1	<i>Dichotomius</i> sp.n.	1
<i>Canthidium</i> sp2	2	<i>Ontherus appendiculatus</i>	1
<i>Canthidium</i> sp5	1	<i>Ontherus azteca</i>	1
<i>Canthidium</i> sp6	1	<i>Ontherus digitatus</i>	5
<i>Canthidium</i> sp8	1	<i>Ontherus podiceps</i>	1
<i>Canthidium</i> spb1	1	<i>Ontherus ulcopygus</i>	1
<i>Canthidium</i> spx	1	<i>Ontherus</i> spB	1
<i>Dichotomius bos</i>	4	<i>Pedaridium</i> sp	4
<i>Dichotomius fissus</i>	1	<i>Trichillum externepunctatum</i>	2
<i>Dichotomius geminatus</i>	12	<i>Trichillum</i> sp	1
<i>Dichotomius nisus</i>	14	<i>Uroxys</i> spb1	1
<b>Canthonini</b>			
<i>Canthon carbonarius</i>	9	<i>Canthon</i> sp3a	2
<i>Canthon chalybaeus</i>	1	<i>Canthon</i> sp3b	4
<i>Canthon deplanatus</i>	2	<i>Canthon</i> sp4	1
<i>Canthon enkerlini</i>	3	<i>Canthon</i> sp11	1
<i>Canthon lituratus</i>	1	<i>Canthon</i> sp12	3
<i>Canthon melancholicus</i>	2	<i>Canthon</i> sp13	1
<i>Canthon obscuriellus</i>	1	<i>Canthonella silphoides</i>	1
<i>Canthon staigi</i>	6	<i>Canthonella</i> sp	1
<i>Canthon nigripennis</i>	1	<i>Deltochilum brasiliense</i>	1
<i>Canthon planus</i>	3	<i>Deltochilum elevatum</i>	1
<i>Canthon</i> aff. <i>pseudoforcipatus</i>	1	<i>Deltochilum pseudoicarus</i>	5
<i>Canthon</i> aff. <i>rutilans</i>	3	<i>Deltochilum verruciferum</i>	21
<i>Canthon</i> aff. <i>scrutator</i>	1	<i>Deltochilum</i> aff. <i>irroratum</i>	1
<i>Canthon</i> aff. <i>simulans</i>	1	<i>Deltochilum prox. cristatum</i>	2
<i>Canthon prox. mutabilis</i>	2	<i>Malagoniella astyanax</i>	8
<i>Canthon prox. septemmaculatus</i>	2	<i>Malagoniella aeneicollis</i>	1
<i>Canthon</i> sp1	3		

(cont.)

TABELA 1 (cont.) Lista de espécies com o respectivo número de localidades em que ocorrem na caatinga do estado da Bahia

<b>Espécies</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Espécies</b>	<b>Ocorrências</b>
<b>Onthophagini</b>		<b>Phanaeini</b>	
<i>Digitonthophagus gazella</i>	4	<i>Coprophanaeus ensifer</i>	1
<i>Onthophagus aff. hirculus</i>	4	<i>Coprophanaeus pertyi</i>	1
<i>Onthophagus ranunculus</i>	1	<i>Coprophanaeus spitzzi</i>	1
<i>Onthophagus</i> sp	2	<i>Coprophanaeus vazdemelloi</i>	1
		<i>Diabroctis mimas</i>	1
		<i>Phanaeus</i> sp1	1

TABELA 2 - Localidades amostradas segundo Ecorregiões propostas por Velloso *et al.* (2002), com a respectiva fisionomia e riqueza de espécies encontrada na caatinga baiana.

<b>ECORREGIÃO</b>	<b>LOCALIDADES</b>	<b>FISIONOMIA</b>	<b>RIQUEZA</b>
Chapada Diamantina	Ibipeba	Caatinga arbustiva	7
Chapada Diamantina	Morro do Chapéu	Caatinga arbustiva	2
Chapada Diamantina	Barra do Mendes I	Caatinga Rasa	2
Chapada Diamantina	Barra do Mendes II	Caatinga Rasa	4
Chapada Diamantina	Mirrorós	Caatinga Rasa	1
Chapada Diamantina	Mucugê	Caatinga/Cerrado	7
Chapada Diamantina	Palmeiras	Caatinga/Cerrado	3
Chapada Diamantina	Fazenda Araruna	Mata/caatinga	9
Chapada Diamantina	Marimbus	Mata/caatinga	8
Depressão Sertaneja	Milagres	Caatinga Arbórea	17
Depressão Sertaneja	Serra da Maravilha	Caatinga Arbórea	7
Depressão Sertaneja	Serra de Santana	Caatinga Arbórea	15
Depressão Sertaneja	Baixa Grande	Caatinga arbustiva	14
Depressão Sertaneja	Capim Grosso	Caatinga arbustiva	5
Depressão Sertaneja	Feira de Santana	Caatinga arbustiva	19
Depressão Sertaneja	Iaçu	Caatinga arbustiva	6
Depressão Sertaneja	Rafael Jambeiro	Caatinga arbustiva	5
Depressão Sertaneja	Euclides da Cunha	Caatinga Rasa	3
Depressão Sertaneja	Gavião	Caatinga Rasa	1
Depressão Sertaneja	Macururé	Caatinga Rasa	1
Depressão Sertaneja	Canudos	Caatinga Rasa	2
Dunas do São Francisco	Barra do Brejo	Caatinga Arbórea	22
Dunas do São Francisco	Barra do Zacarias	Caatinga Arbórea	13
Raso da Catarina	Jeremoabo	Caatinga Arbórea	14
Raso da Catarina	Paulo Afonso	Caatinga arbustiva	14
Raso da Catarina	Rodelas	Caatinga Rasa	2
Raso da Catarina	Tucano	Caatinga Rasa	2

Das espécies registradas neste trabalho nove são comuns à caatinga paraibana (HERNÁNDEZ, 2007), oito são comuns à caatinga pernambucana, 16 são comuns a uma área de mata seca em Minas Gerais (que está dentro dos limites do bioma caatinga) (NEVES *et al.*, 2010), e cinco espécies são comuns aos quatro estados (Tabela 3). Dessas, duas são de ampla distribuição, *Dichotomius nisus* (Olivier, 1789) e *Malagoneiella astyanax* (Olivier, 1789), e três são características da caatinga: *Canthidium manni* Arrow, 1913; *D. verruciferum* Felsche, 1911 e *Dichotomius geminatus* (Arrow, 1913), segundo Neves *et al.* (2010).

Quanto à similaridade o NMDS apresentou um valor de stress de 0.09 agrupando algumas localidades de acordo com o tipo de fisionomia da vegetação e também com a ecorregião a que pertenciam (Figura 4), entretanto na diferenciação entre grupos verificada via ANOSIM, só houve diferenciação significativa nos grupos formados por tipo fisionômico ( $R=0.72$ ;  $p=0.01$ ), diferenciando a Caatinga arbustiva x Caatinga rasa, Caatinga arbustiva x Caatinga arbórea, Caatinga rasa x Caatinga arbórea. Já o teste de Mantel não demonstrou correlação entre a proximidade espacial e a composição de espécies das localidades ( $R=0.059$ ;  $p=0.185$ ).

FIGURA 3 - Curvas de rarefação das localidades amostradas com a porcentagem de eficiência da amostragem estimada por Chao1. Localidades agrupadas segundo faixas de número de indivíduos.

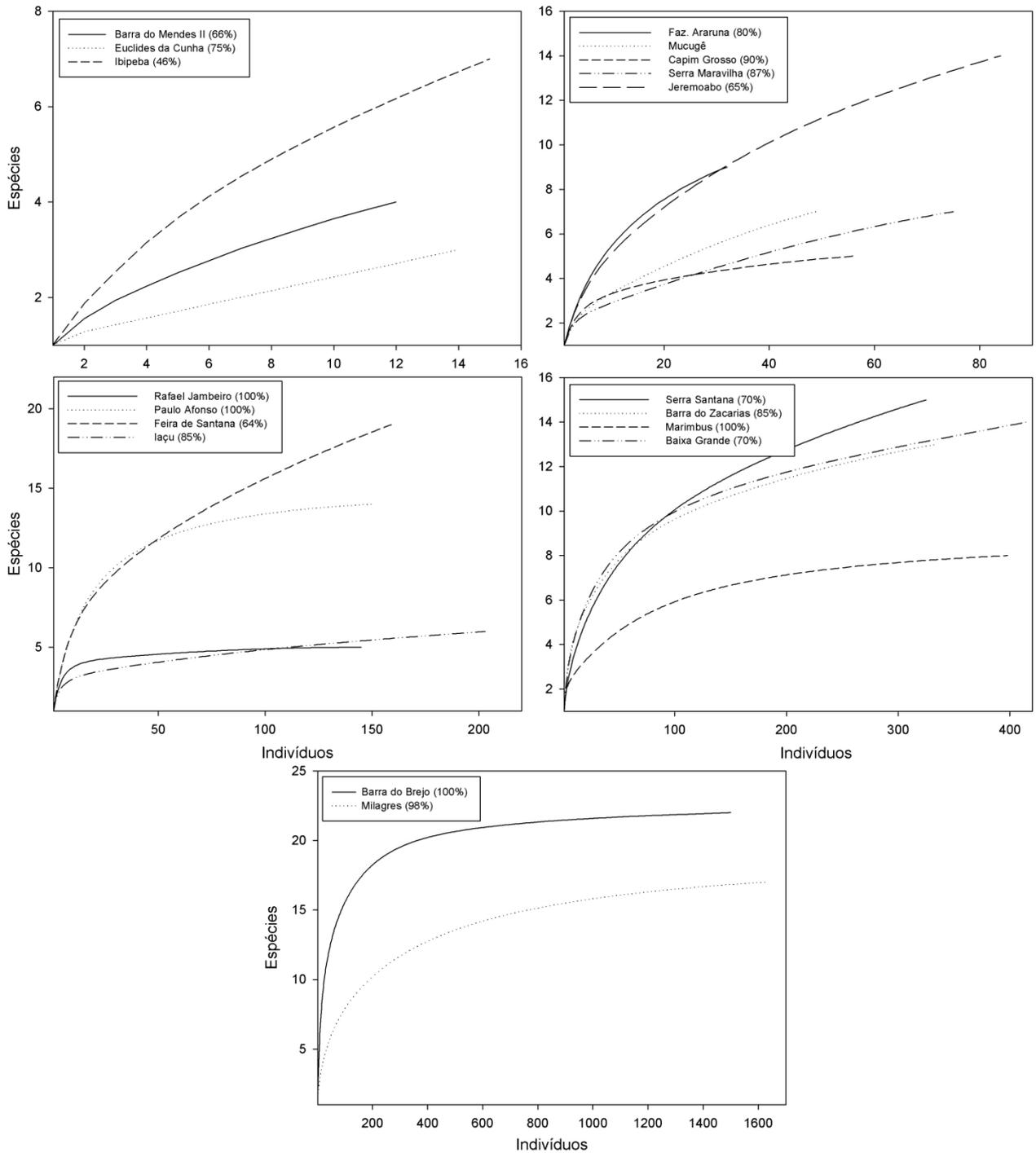


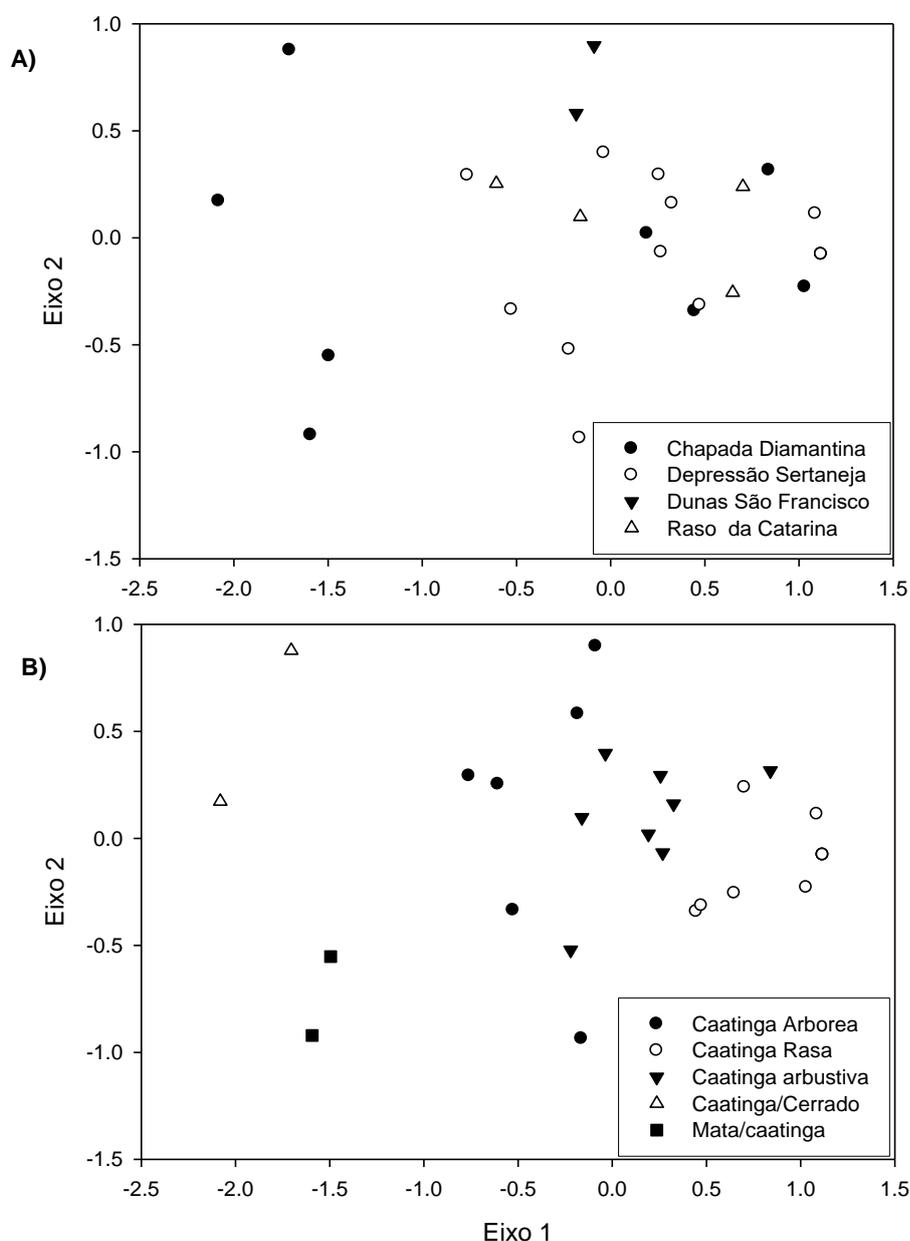
TABELA 3 - Lista de espécies de outros estados dentro dos limites da caatinga comparados com os da caatinga baiana.

Espécies	Bahia	Paraíba	Pernambuco	Minas Gerais
<i>Anomiopus</i> sp.			X	
<i>Ateuchus carbonarius</i> (Harold, 1868)		X	X	X
<i>Ateuchus semicribratus</i> (Harold, 1868)	X			
<i>Ateuchus</i> sp4	X			
<i>Ateuchus</i> sp5	X			
<i>Ateuchus</i> sp6	X			
<i>Canthidium</i> aff. <i>barbacenicum</i> Borre, 1886				X
<i>Canthidium humerale</i> Germar, 1813	X			
<i>Canthidium manni</i> Arrow, 1913	X	X	X	X
<i>Canthidium multipunctatum</i> (Gemar, 1813)	X			
<i>Canthidium</i> prox. <i>flavum</i> Balthasar, 1939	X			
<i>Canthidium</i> sp2	X			
<i>Canthidium</i> sp5	X			
<i>Canthidium</i> sp6	X			
<i>Canthidium</i> sp8	X			
<i>Canthidium</i> spb1	X			
<i>Canthidium</i> spx	X			
<i>Canthon</i> aff. <i>fortemarginatus</i> Balthasar, 1939				X
<i>Canthon</i> aff. <i>maldonadoi</i> Martínez, 1951		X		
<i>Canthon nigripennis</i> Lansberge, 1874	X			
<i>Canthon planus</i> Lucas, 1857	X			
<i>Canthon</i> aff. <i>pseudoforcipatus</i> Balthasar, 1939	X			
<i>Canthon</i> aff. <i>rutilans</i> Laporte, 1840	X			
<i>Canthon</i> aff. <i>scrutator</i> Balthasar, 1939	X			
<i>Canthon</i> aff. <i>simulans</i> Martinez, 1950	X			
<i>Canthon carbonarius</i> Harold, 1868	X			X
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1843	X			X
<i>Canthon deplanatus</i> Harold, 1868	X			
<i>Canthon histrio</i> (Serville, 1828)				X
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1824)	X	X		X
<i>Canthon melancholicus</i> Harold, 1868	X			
<i>Canthon obscuriellus</i> Schmidt, 1922	X			
<i>Canthon</i> prox. <i>mutabilis</i> Lucas, 1857	X			
<i>Canthon</i> prox. <i>septemmaculatus</i> Latreille, 1812	X			
<i>Canthon</i> sp1	X			
<i>Canthon</i> sp3a	X			
<i>Canthon</i> sp3b	X			
<i>Canthon</i> sp4	X			
<i>Canthon</i> sp11	X			
<i>Canthon</i> sp12	X			
<i>Canthon</i> sp13	X			
<i>Canthon staigi</i> Pereira, 1953	X			
<i>Canthonella silphoides</i> Harold, 1867	X			
<i>Canthonella</i> sp	X			
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (d'Olsoufieff, 1924)				X
<i>Coprophanaeus ensifer</i> Germar, 1821	X			
<i>Coprophanaeus pertyi</i> (d'Olsoufieff, 1924)	X	X		
<i>Coprophanaeus spitzi</i> Pessoa, 1934	X			

TABELA 3 (cont.) Lista de espécies de outros estados dentro dos limites da caatinga comparados com os da caatinga baiana.

<b>Espécies</b>	<b>Bahia</b>	<b>Paraíba</b>	<b>Pernambuco</b>	<b>Minas Gerais</b>
<i>Coprophanaeus vazdemelloi</i> Arnaud, 2002	X			
<i>Deltochilum (Calhyboma) verruciferum</i> Felsche, 1911	X	X	X	X
<i>Deltochilum (Deltochilum) enceladum</i> Kolbe, 1893				X
<i>Deltochilum (Hybomidium) pseudoicarus</i> Balthasar, 1939	X		X	X
<i>Deltochilum aff. irroratum</i> Castelnau, 1840	X			
<i>Deltochilum brasiliense</i> Castelnau, 1840	X			
<i>Deltochilum elevatum</i> Castelnau, 1840	X			
<i>Deltochilum prox. cristatum</i> Paulian, 1938	X			
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus, 1758)	X			X
<i>Dichotomius aff. carbonarius</i> (Mannerheim, 1829)				X
<i>Dichotomius aff. glaucus</i> (Harold, 1869)				X
<i>Dichotomius aff. laevicollis</i> (Harold, 1868)	X		X	
<i>Dichotomius bicuspis</i> (Gemar, 1824)			X	
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	X			X
<i>Dichotomius fissus</i> (Harold, 1867)	X			
<i>Dichotomius geminatus</i> (Arrow, 1913)	X	X	X	X
<i>Dichotomius gr. ascanius</i> (Harold, 1869)	X			
<i>Dichotomius gr. sericeus</i> Harold, 1867	X			
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier, 1789)	X	X	X	X
<i>Dichotomius puncticolis</i> (Luederwaldt, 1922)	X			X
<i>Dichotomius rasmus</i> (sic)	X			
<i>Dichotomius semisquamosus</i> (Curtis, 1845)	X		X	
<i>Dichotomius sericeus</i> Harold, 1867	X			
<i>Dichotomius</i> sp.n.	X			
<i>Digitonthophagus gazella</i> Fabricius, 1787	X			
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)				X
<i>Malagoniella astyanax</i> (Olivier, 1789)	X	X	X	X
<i>Malagoniella aeneicollis</i> Blanchard, 1846	X			
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	X			X
<i>Ontherus azteca</i> Harold, 1869	X			X
<i>Ontherus digitatus</i> Harold, 1868	X	X		X
<i>Ontherus podiceps</i> Harold, 1868	X			
<i>Ontherus</i> spB	X			
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	X			
<i>Onthophagus aff. ranunculus</i> Arrow, 1913			X	
<i>Onthophagus aff. hirculus</i> Mannerheim, 1829	X	X		X
<i>Onthophagus ranunculus</i> Arrow, 1913	X			
<i>Onthophagus</i> sp	X			
<i>Pedaridium</i> sp	X			
<i>Phanaeus</i> sp1	X			
<i>Canthon enkerlini</i> Martinez, 1964	X			
<i>Trichillum externepunctatum</i> Borre, 1886	X			
<i>Trichillum</i> sp	X			
<i>Uroxys</i> spb1	X			
<i>Zonocopriss machadoi</i> Vaz-de-Mello, 2007				X

FIGURA 4 - Gráfico da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) das áreas coletadas na caatinga baiana.



Legenda: A) Gráfico mostrando a separação por ecorregiões; B) Gráfico mostrando a separação por fitofisionomias.

Apenas doze espécies atingiram os critérios de pelo menos quatro ocorrências para modelagem, sendo elas: *Ateuchus semicribratus* (6), *Canthon carbonarius* (9), *Canthidium manni* (5), *Canthon staigi* (5), *Dichotomius geminatus* (14), *Dichotomius nisus* (15) (Figura 5), *Deltochilum pseudoicarum* (5), *Dichotomius sericeus* (5), *D. verruciferum* (22), *Malagoniella astyanax* (9), *Ontherus digitatus* (5) e *Onthophagus aff. hirculus* (4) (Figura 6).

Figura 5 - Mapa de similaridade ambiental para espécies de Scarabaeidae na caatinga baiana.

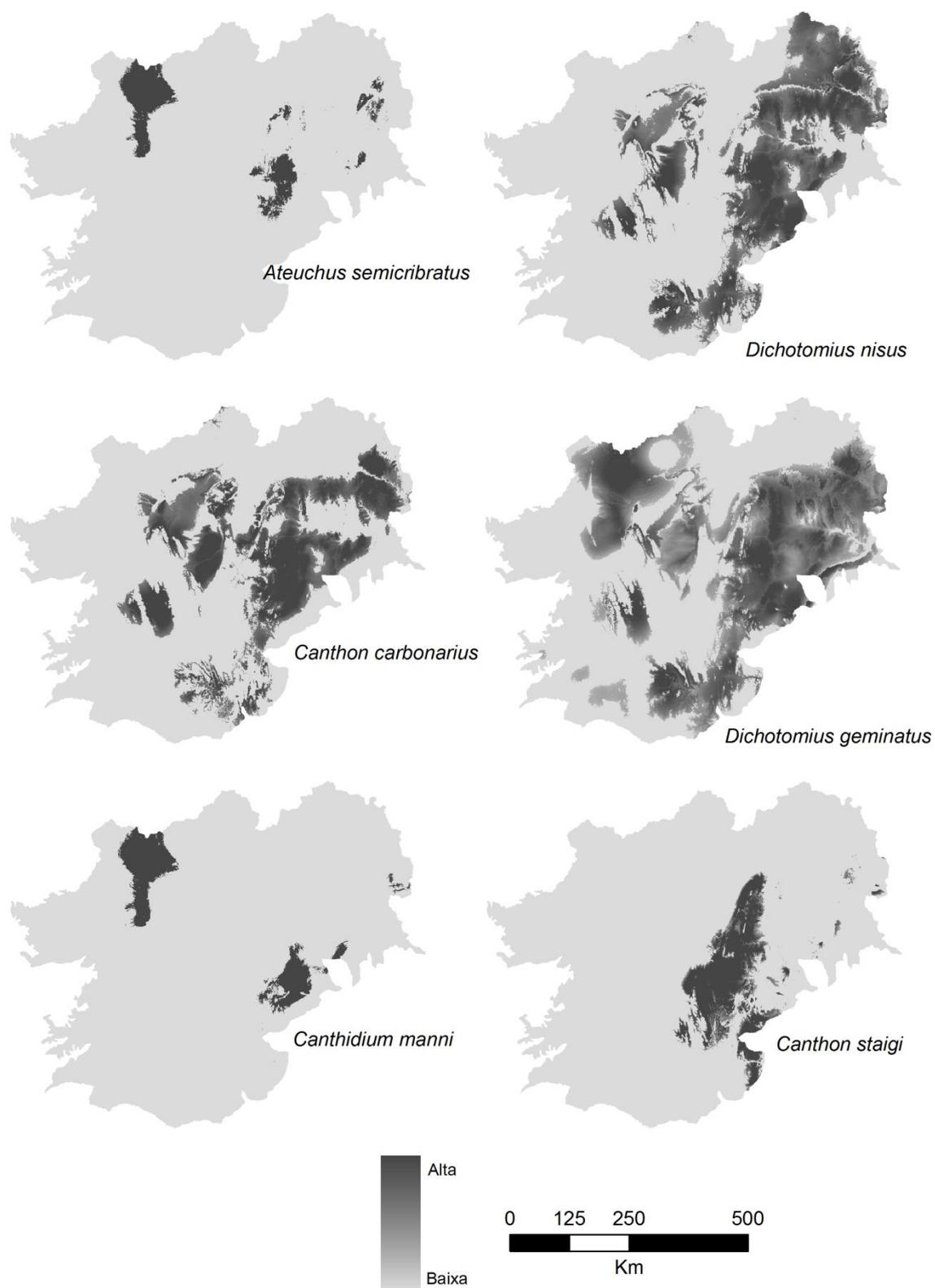
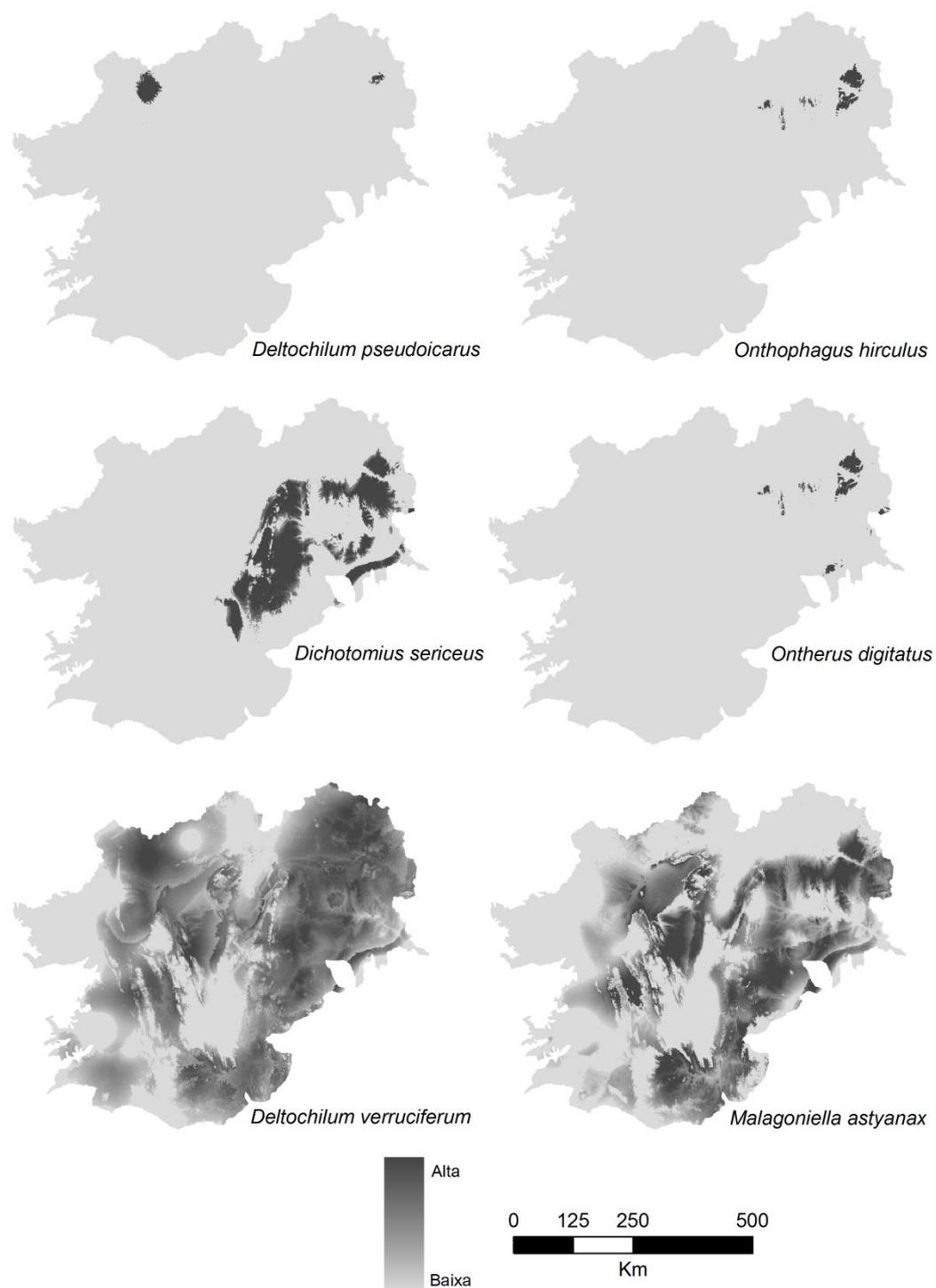


Figura 6 - Mapa de similaridade ambiental para espécies de Scarabaeidae na caatinga baiana.



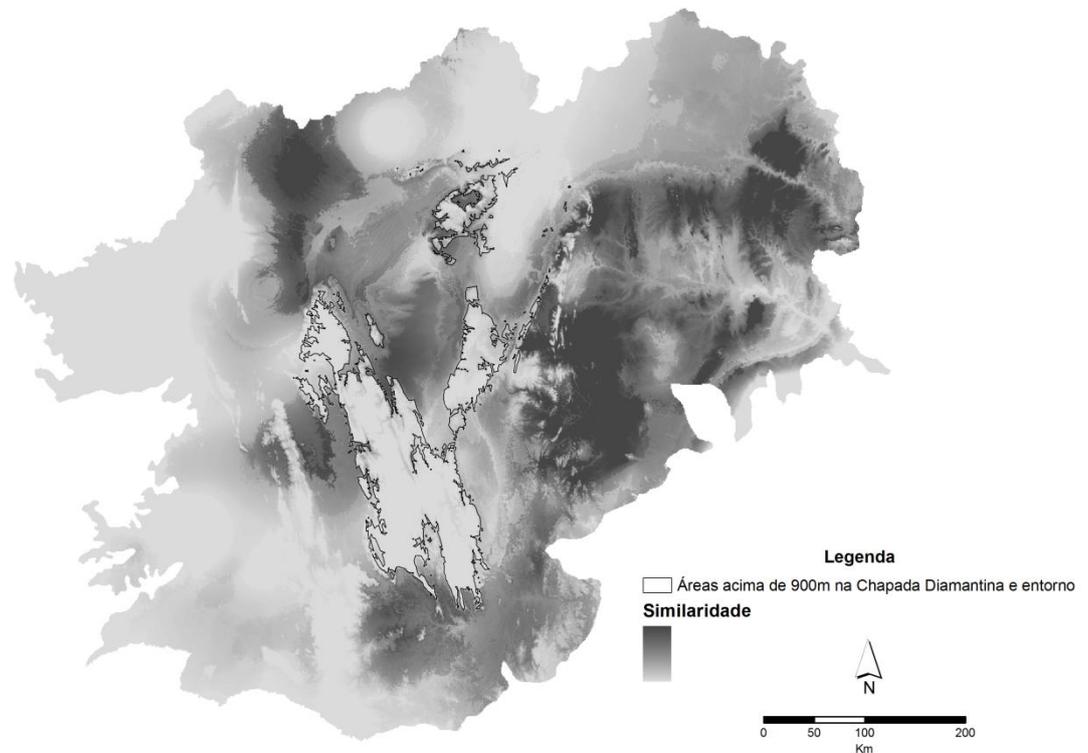
Foram selecionadas ao todo sete variáveis ambientais distintas a partir dos eixos de maior contribuição do PCA, selecionando-se as variáveis com maiores

valores absolutos dos auto-valores sendo descartadas aquelas com alta correlação (acima de 0.7) pertencentes ao mesmo eixo. Foram elas: Precipitação no trimestre mais seco, Sazonalidade da Temperatura, Potencial de Evapotranspiração, Precipitação anual, Temperatura no mês mais frio, Altitude e Índice de aridez.

Os mapas de similaridade mostram uma maior similaridade na porção leste da área e uma área separada na parte noroeste, muito embora nas espécies com um maior número de pontos seja possível notar uma similaridade também elevada em direção a parte sul (Figuras 5 e 6). Fazendo uma análise dos resultados individuais por espécies, nota-se uma boa resposta da similaridade ambiental à ocorrência e a biologia de algumas espécies, principalmente as com um número maior de pontos (acima de oito). É o caso de *D. verruciferum*, característico de caatinga, que o mapa mostrou evitar as áreas de florestas e cerrados da Chapada Diamantina e as áreas de contato com cerrado da região oeste (Figura 6). *M. astyanax*, *D. nisus* e *C. carbonarius* que apresentaram padrão semelhante a *D. verruciferum* por serem considerados associados a áreas abertas (Figuras 5 e 6). *C. staigi* apesar de ter apenas seis registros também obteve uma boa discriminação da sua área de ocorrência, já que é geralmente associada a regiões mais úmidas, no caso, as matas da face leste da Chapada e a região de transição Caatinga/Mata Atlântica.

O mapa de similaridade geral segue o mesmo padrão descrito acima, com a área de maior similaridade na porção leste diminuindo em direção a porção sul ao redor da Chapada e uma porção de alta similaridade a oeste-noroeste. É possível notar também que todas as espécies tiveram um grau baixo de similaridade com parte da área da Chapada Diamantina, principalmente as áreas acima de 900m de altitude (Figura 7).

Figura 7 - Mapas de similaridade geral a partir das doze espécies selecionadas para análise de similaridade.

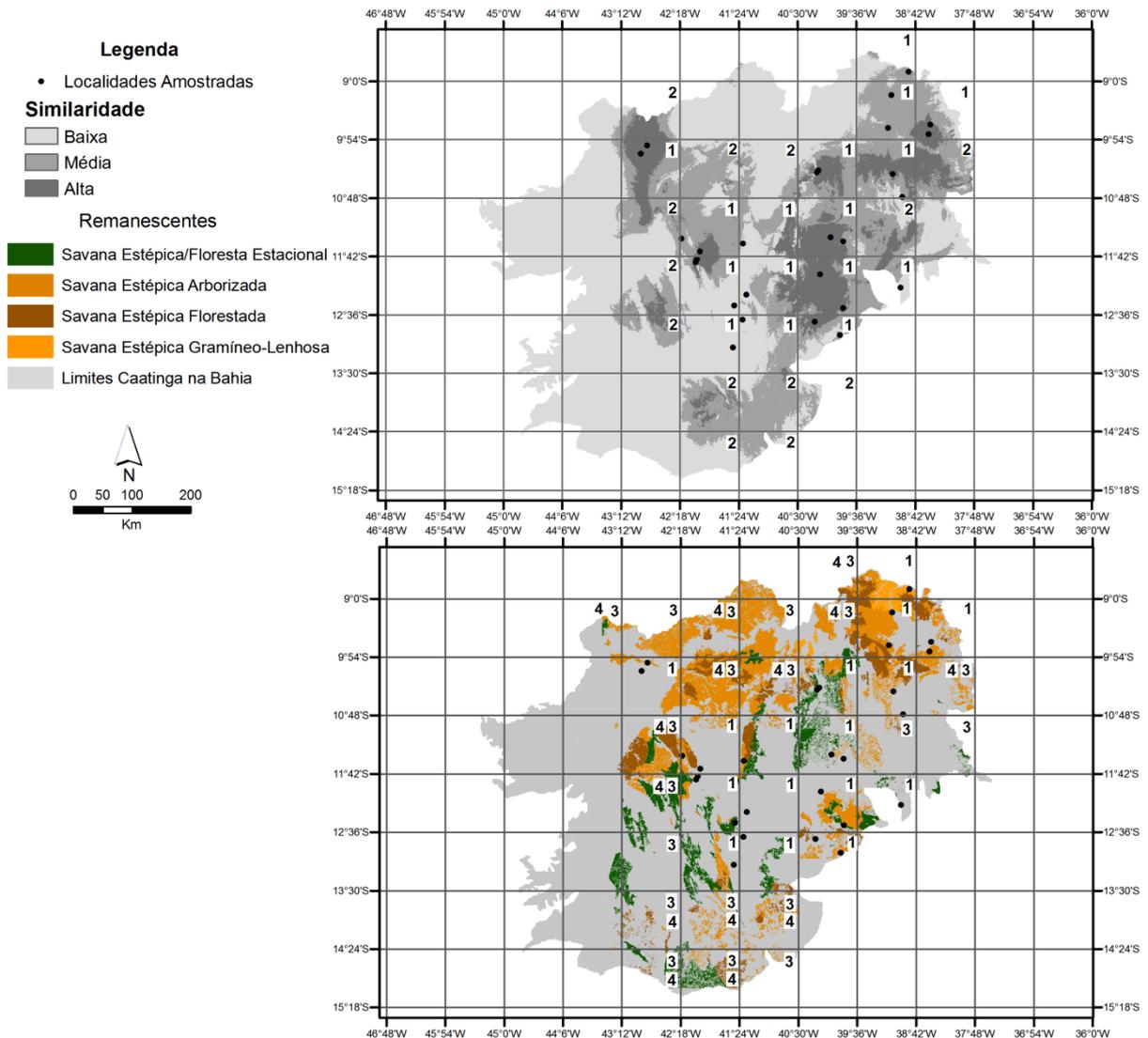


A partir dos resultados obtidos até aqui foi possível estabelecer um planejamento inicial para atividade de pesquisa com os Scarabaeidae na Caatinga baiana, levando em consideração: i) padrões de similaridade a partir da relação com habitat, em que foi notada a resposta significativa de acordo com as fisionomias de caatinga, e a análise de similaridade ambiental que mostrou uma tendência de maior similaridade na região leste em direção a região sul e a região oeste-noroeste, bem como ii) a deficiência de informações sobre riqueza e composição faunística em função de amostragem reduzida ou inexistente (Figura 8).

Foi possível perceber que de um total de 47 quadrantes que contem à área de estudo, cerca de 60% destes contém áreas com similaridade média a alta (Figura 8). Já quanto à vegetação, cerca de 75% dos quadrantes contém algum remanescente de caatinga (Figura 8). Dois fatos chamam mais atenção: (1) parte da região norte que detém uma boa representatividade de remanescentes não obteve uma boa

relação com a similaridade; (2) de modo geral, quando se compara os dois mapas, a similaridade ambiental obteve uma boa correspondência com o que sobrou da vegetação de caatinga.

Figura 8 - Mapas categorizados por quadrante quanto à amostragem, similaridade ambiental, remanescentes e fisionomias para planejamento de pesquisa em Scarabaeidae.

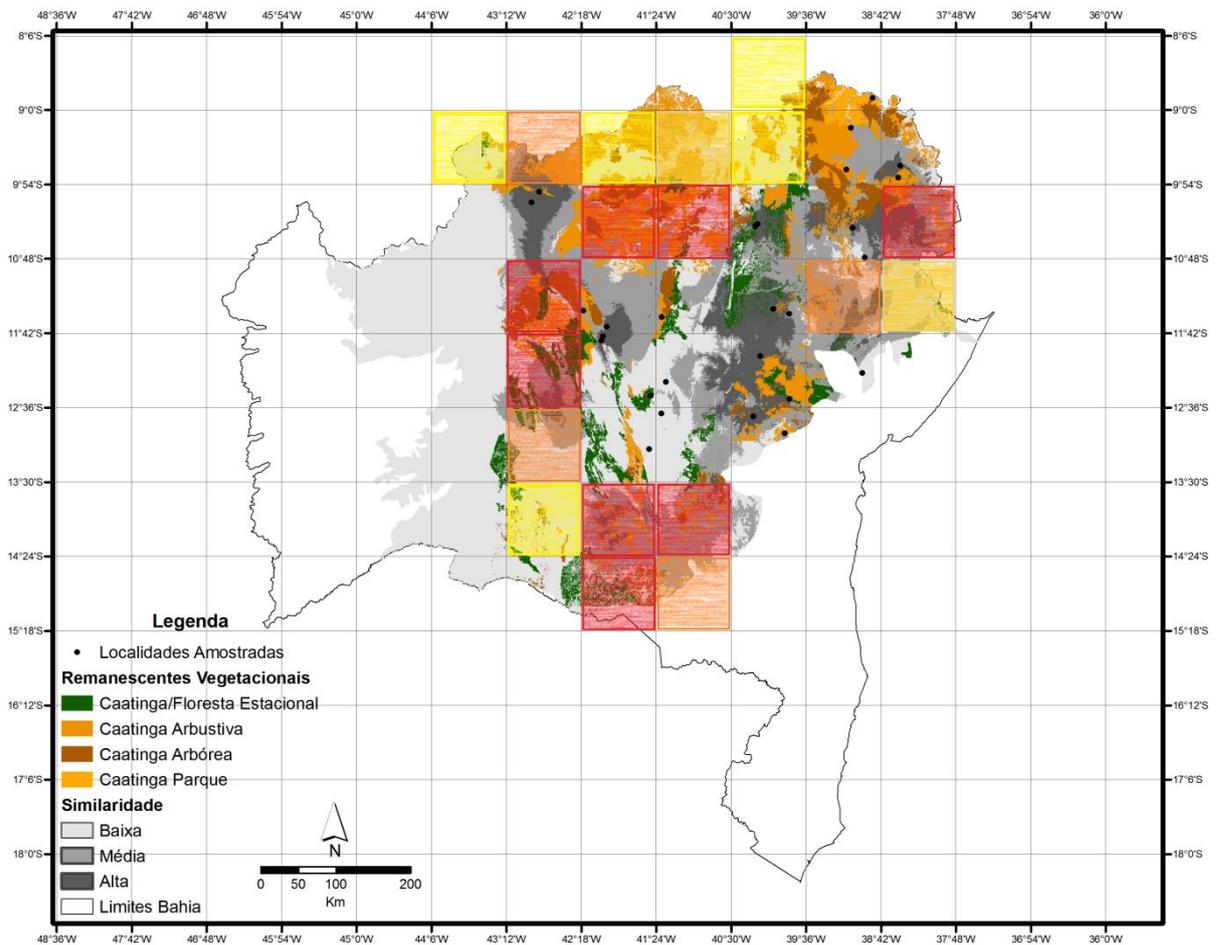


Legenda – 1: Quadrantes com localidades já amostradas; 2: Quadrantes com similaridade intermediária a alta sem localidades amostradas; 3: Quadrantes com fragmentos de caatinga sem localidades amostradas; 4: Quadrantes com diferentes fisionomias de caatinga sem localidades amostradas.

O mapa de planejamento (Figura 9) mostra as regiões sul, norte e a face oeste da Chapada de Diamantina como as áreas principais para onde devem ser investidos os esforços de coleta. Aqui, vale ressaltar que, pelo tamanho dos

fragmentos e o intenso processo de degradação, as áreas da região sul poderiam ser prioridade nº 1, antes que os fragmentos que ainda persistem desapareçam e as informações biológicas sejam perdidas. A região norte é outro polo importante por conter os maiores fragmentos e estar localizada na região de condições mais extremas: os maiores índices de aridez e menores valores de precipitação para toda a região de estudo.

Figura 9 - Mapa inicial de planejamento em pesquisa em Scarabaeidae para caatinga baiana baseado na similaridade ambiental, localidades amostradas e remanescentes vegetacionais.



Legenda - Vermelho: muito alta importância; laranja: alta importância; amarelo: média importância; bege: baixa importância.

## 6. Discussão

### 6.1. Riqueza

Este é o primeiro trabalho de agregação de todas as informações disponíveis para Scarabaeidae na caatinga e dos mais completos para a caatinga baiana, sendo possível notar uma grande riqueza de Scarabaeidae, com cinco espécies características do bioma.

Oito das 27 localidades amostradas apresentaram valores de riqueza similar aos encontrados em outros estudos (HERNÁNDEZ, 2005; 2007; LIBERAL, 2008; LIBERAL *et al.*, 2011). Destas, sete são localidades que foram amostradas em outros projetos e estavam disponíveis na coleção, sendo que nessas foram feitas mais de uma coleta na localidade e com replicação temporal, o que pode explicar o maior número de espécies.

O número baixo de espécies comuns entre os estados pode estar ligado a uma das características da comunidade de Scarabaeidae neotropicais, que é a ocorrência de poucas espécies abundantes e muitas espécies raras (HALFFTER, 1991), o que explica que as espécies em comum são as espécies mais abundantes e de ampla distribuição no Brasil e na caatinga. Além disso, os diferentes tipos de caatinga que formam o bioma propiciam condições ambientais diferenciadas, que podem potencializar diferenças estruturais e de composição das comunidades em resposta a essas variações. Outro fator a ser levado em consideração é o baixo número de localidades amostradas nos demais estados (apenas cinco localidades).

A variação da riqueza de espécies encontradas nas diversas localidades amostradas (Tabela 2) demonstra a variação de características ambientais entre os locais e a resposta particular das espécies a essas mudanças. Além disso, as diferenças nos esforços amostrais entre as áreas influenciaram na variação abrupta de riqueza entre as localidades. Isso fica evidente nas curvas de rarefação onde apenas cinco localidades ficaram próximas de atingir a assíntota, sendo que dessas apenas Rafael Jambeiro teve uma única coleta.

As análises de ordenação (NMDS) e similaridade (ANOSIM) mostram que as comunidades de Scarabaeidae parecem responder mais à variação da estrutura da vegetação do que às diferenças entre ecorregiões, já que foram observadas diferenças significativas entre as fisionomias. Esses resultados corroboram a literatura uma vez que vários estudos demonstram uma forte ligação entre riqueza e mudanças composicionais com a cobertura vegetal em Scarabaeidae (KLEIN, 1989; HILL, 1996; HALFFTER & ARELLANO, 2002; NICHOLS *et al.*, 2007).

Essa diferenciação por fisionomia, provavelmente está ligada ao fato de que as diferentes estruturas da vegetação acabam por gerar mudanças microclimáticas que influenciam fortemente a estrutura e composição das comunidades de Scarabaeidae. O mesmo foi observado por Grimbacher *et al.* (2006), que argumentam que a resposta diferenciada das espécies de besouros à fragmentação, diminuição de habitats e transformação de habitats em pastagens pode ser um efeito mediado pelas diferenças no microclima, causada por essas ações, mais do que por composição florística, estrutura e efeito de isolamento.

Aliado a isso se junta o fato do estado, e da área que é considerada caatinga, ser um mosaico de formações vegetais variadas (naturais ou modificadas pelo homem) que geram uma complexidade estrutural e conseqüentemente uma alta heterogeneidade ambiental, acarretando a formação de uma variedade de nichos disponíveis, que possibilita a ocorrência de diversas espécies de Scarabaeidae (HALFFTER, 1991; TEWS *et al.*, 2004; HALFFTER & MORENO, 2005; ALMEIDA & LOUZADA, 2009). De forma que essas diferentes fitofisionomias percebidas em escala regional, em alguns casos em nível local (principalmente áreas de contato), tornam-se um fator importante para a riqueza e diversidade de Scarabaeidae encontrados nas diversas localidades amostradas, e provavelmente nesta resposta diferenciada a nível fisionômico encontrada neste estudo.

Apesar de não ter havido diferenças significativas entre as ecorregiões via ANOSIM, o gráfico do NMDS (Figura 4A) mostra que houve certa diferenciação entre elas no que tange à dispersão de seus pontos, sendo umas mais variáveis (Chapada Diamantina) do que outras (Depressão Sertaneja). Isso aponta que as diferenças ambientais entre as ecorregiões (p.ex., variação de topografia), podem promover

certa diferenciação na composição das comunidades, já que a análise de correlação espacial não foi significativa descartando uma possível diferenciação geográfica.

Além disso, estudos de biogeografia das florestas tropicais sazonalmente secas (Seasonally Dry Tropical Forest), na qual a caatinga está inclusa, e análises de fitogeografia da caatinga utilizando a família Leguminosae (maior família de espécies vegetais na caatinga) demonstraram a existência de duas comunidades distintas. Uma seria formada pelas áreas típicas de caatinga (depressões sertanejas) associadas ao embasamento cristalino Pré-Cambriano e outra pelas caatingas de areia associadas às bacias sedimentares arenosas, que teriam uma origem e diversificação diferenciada (ROCHA *et al.*, 2004; QUEIROZ, 2006; CARDOSO & QUEIROZ, 2007; CARDOSO & QUEIROZ, 2011). Esta linha de evidência pode suportar a ideia de uma composição também diferenciada de Scarabaeidae, tanto pelo fato das características de solo que afetam a ocorrência dos Scarabaeidae, quanto pelas diferenças nas estruturas vegetacionais entre elas. Neste estudo não foi possível detectar diferenciação entre elas, caso exista, provavelmente pelo fato de termos um número insuficiente de repetições amostrais em algumas ecorregiões.

## 6.2. Similaridade Ambiental

Em cinco das espécies analisadas quanto à similaridade ambiental (*D. verruciferum*, *D. nisus*, *M. astyanax*, *C. carbonarius* e *C. staigi*) os resultados alcançados mostraram-se satisfatórios. Isto demonstra que a escolha metodológica de um método mais simples de SDM foi acertada para o caso de poucos pontos de ocorrência que apresentam viés espacial e não representam bem o nicho das espécies, como os dados utilizados neste trabalho.

Todos os mapas construídos mostram uma preferência dos Scarabaeidae pelas condições climáticas da porção leste da região de caatinga. Essa associação pode estar relacionada a dois fatores principais: ao esforço amostral e as condições climáticas diferenciadas, apresentando os maiores valores de precipitação nos meses mais secos e um baixo potencial de evapotranspiração.

A região oeste-noroeste é outro polo de maior similaridade. Esta região está associada à localidade de maior riqueza, Barra do Brejo, de forma que este fator deve responder por esses altos valores de similaridade, já que toda a região norte apresenta características climáticas parecidas: os maiores índices de aridez e menores valores de precipitação para toda a região de caatinga da Bahia, e, entretanto a região norte não teve altos valores de similaridade. Um fator pode ter sido que havia apenas três pontos amostrados para a área *core* dessas condições extremas, que tiveram a ocorrência de somente duas espécies (*Dichotomius nisus* e *Deltochilum verruciferum*).

A delimitação de parte da Chapada Diamantina que apresenta um nível baixo de similaridade (Figura 7), principalmente áreas acima dos 900 *m* na parte centro-sul da área de estudo, está relacionada ao fato da maior parte desta área não apresentar áreas de caatinga, e sim de campo rupestre acompanhada de rocha exposta no platô das áreas acima de 900 *m*, e florestas decíduas montanas e submontanas e semidecíduas montanas e submontanas nas encostas (Figura 1). Estas fisionomias apresentam um padrão distinto e contem uma composição de Scarabaeidae também diferenciada (já que as espécies registradas para as amostragens em áreas de contato disponíveis para este estudo, só estão presentes nesta área). Essa é principalmente a região da face leste das encostas da Chapada Diamantina onde se depositam a maior parte das chuvas trazidas pelos ventos do oceano Atlântico, sendo uma região de clima ameno e com umidade mais elevada (QUEIROZ *et al.*, 2005), o que explica a baixa similaridade entre as áreas da região.

A Chapada Diamantina se configura como uma paisagem de exceção no meio do que é delimitado como área de caatinga no estado, devido a sua altitude muito elevada e maior precipitação, permitindo uma vegetação mais característica de cerrado e campos rupestres (QUEIROZ *et al.*, 2005). Entretanto, em sua face oeste de características mais secas, principalmente, a caatinga se desenvolve, mas não de forma homogênea já que essas áreas mais secas estão submetidas a diferentes combinações microclimáticas e características edáficas, refletindo uma diversidade de fisionomias, composição florística e estruturas de comunidades (QUEIROZ *et al.*, 2005). Essa grande diversidade de condições físicas e bióticas, no complexo Chapada Diamantina torna difícil a análise dessa região em um contexto mais amplo

como o proposto aqui, mesmo levando em consideração apenas variáveis climáticas.

A região oeste-sudoeste apresenta a área de menor similaridade e riqueza para os Scarabaeidae. A explicação mais plausível é a total falta de amostragem na região que gera um viés na análise. Associado a isso, está o fato de a região também ter certa diferenciação climática (alto potencial de evapotranspiração e baixa quantidade de precipitação nos meses mais secos). A ausência de coleta nessa região deixa um vazio de informação, de forma que não há como determinar se a baixa similaridade está associada às características ambientais ou a falta de informação da região.

### **6.3. Planejamento**

A metodologia empregada para o modelo de planejamento de pesquisa está associada à perspectiva corrente de que o uso de SDM's de forma aplicada tem uma série de vantagens, dentre elas: (1) Mapas de ocorrência de espécies não transmitem informação sobre a probabilidade de ocorrências em áreas não pesquisadas. (2) Mapas de distribuição preditiva podem tornar inventários de campo mais eficientes e eficazes, ao destacarem onde a espécie estudada ou o tipo de habitat é mais provável de ocorrer. (3) Mapas de distribuição preditiva para múltiplas espécies ou tipos de habitat, produzidos com métodos consistentes e confiáveis, são adequados para a identificação de padrões espaciais de diversidade biológica, podendo ser de grande valia em avaliações de prioridade em conservação (CAYUELA *et al.*, 2009).

Aliado a isso está o fato de que em áreas megadiversas como os trópicos, o conhecimento acerca dos padrões de distribuição das espécies em muitos grupos ainda é precário, de forma que não se sabe os limites de ocorrência de muitas espécies. Isto fica evidente no estudo de Kamino *et al.* (2011) que mostram uma análise do banco de dados do Centro Brasileiro para Conservação de Plantas (CNCFLORA), em que 72% dos mais de 85.000 registros de espécies de plantas do banco tem menos de 10 pontos de ocorrência e 37% apenas 1 ponto de ocorrência.

O uso do SDM na perspectiva trazida aqui, como auxílio na localização de áreas de maior semelhança ambiental com a ocorrência conhecida das espécies (e não como a distribuição real ou potencial da espécie), está de acordo com as abordagens propostas por Kamino *et al.* (2011) e Cayuela *et al.* (2009). Os autores propõem que para estudos nos trópicos com espécies com poucas informações disponíveis, é necessário antes um maior conhecimento da ocorrência das espécies visando determinar a tolerância ambiental destas, para depois passar a estudos mais elaborados que busquem compreender os padrões de distribuição das espécies.

Tal perspectiva permitiu-nos reconhecer três áreas principais para onde deve se voltar os esforços de coleta. A parte sul da área de estudo que sofre com intenso processo de desmatamento associado à atividade urbana, por isso contando apenas com fragmentos e poucas áreas contiguas. A região a oeste da Chapada Diamantina área de fronteira entre caatinga e o cerrado, e também de expansão agrícola. Sofre com um intenso processo de substituição da paisagem natural (caatinga ou cerrado) por grandes plantações (geralmente de soja ou algodão). E a região norte que apresenta as maiores manchas e as condições ambientais mais extremas da área de estudo. Esse cenário indica a importância de trabalhos de planejamento para o reconhecimento de áreas para novos esforços de coleta, uma vez que, sabido que áreas em intenso processo de degradação são importantes para o grupo pode-se priorizar tais áreas antes que se percam todas as informações biológicas disponíveis, além de dar mais ênfase a criação de novas áreas de conservação.

Outro ponto a ser analisado nesta proposta de planejamento é a validade ou não, dela. Nesse sentido, compreendemos que há limitações na proposta uma vez que das 81 espécies presentes na área de estudo, apenas 12 foram utilizadas na análise. Entretanto acreditamos que esse tipo de abordagem metodológica, utilizada aqui, e como proposto por Kamino *et al.* (2011) e Cayuela *et al.* (2009), só faz sentido neste contexto em que temos que lidar com informações escassas e poucos dados. Tal situação torna estas limitações intrínsecas ao processo de análise não permitindo *a priori* um método de validação mais robusto (estatístico), mas apenas uma análise baseada no conhecimento do pesquisador. Assim, acreditamos que o planejamento proposto aqui é útil. Mesmo com essa baixa representatividade de espécies, os pontos de ocorrência, utilizados nas análises ambientais, traduzem

uma boa representação do espaço ambiental heterogêneo da caatinga e geraram um resultado condizente com a distribuição conhecida para o grupo, a despeito de alguns “buracos”, como na região norte. Uma melhor avaliação da proposta só será possível com a colocação em prática dos resultados alcançados nesse estudo, cujos dados permitiriam uma validação robusta, com a utilização de ferramentas estatísticas clássicas.

## 7. Considerações Finais

Os resultados apresentados aqui aumentam e aprimoram os conhecimentos para a família Scarabaeidae em ambientes semiáridos e na caatinga especialmente, com o aumento do número e abrangência geográfica das espécies conhecida para caatinga. A sistematização dos dados de composição e distribuição de Scarabaeidae na caatinga baiana mostra uma predominância de espécies de ampla distribuição, com dominância de cinco espécies ( *D. verruciferum*, *Dichotomius nisus*, *Canthon carbonarius*, *Dichotomius geminatus* e *Malagoniella astyanax*), que apresentam maior associação com as fitofisionomias (ocorrência de maior riqueza majoritariamente em caatingas arbustivas, que compõem cerca de 30% das áreas amostradas) do que com as ecorregiões propostas para a caatinga.

Além de trazer novas informações sobre a relação das espécies com o ambiente, mesmo que de forma inicial, o estudo permite uma análise em escala regional para o estado da Bahia, com a sistematização do conhecimento disponível para os Scarabaeidae. A partir dessa sistematização, possibilitou-se a análise de que a maior parte da região oeste e sul do estado necessitam maior empenho de pesquisa (em função de ter sido menos estudada) para sanar lacunas de conhecimento sobre ocorrência de espécies, bem como detecção de possíveis registros de áreas de comunidades que ocorrem em áreas menos similares às já estudadas nas regiões Norte e Leste do estado. A ampliação de estudos nas regiões Norte, consideradas de maior importância ecológica para grupos de vertebrados e plantas, se mantém para Scarabaeidae, tanto pela biodiversidade quanto pela amplitude das áreas contínuas de caatinga já parcialmente preservadas em unidades de conservação.

A ausência de dados mais amplos impede a modelagem de distribuição potencial de espécies, de forma que estudos básicos sobre biologia e amostragens amplas em ambientes de caatinga, devem ser realizados para que essa modelagem seja possível no futuro. O fato desse bioma estar sofrendo um intenso processo de perda de habitat, determina urgência na compreensão da sua diversidade e padrões de distribuição da biota associada.

## 8. Referências

- AB'SABER, A. N. 1977. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas** (Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo) 3: 1-19.
- ADDO-BEDIAKO, A., CHOWN, S. L. & GASTON K. J. 2000. Thermal tolerance, climatic variability and latitude. **Proceedings of the Royal Society of London B** 267: 739-45.
- ADDO-BEDIAKO, A., CHOWN, S. L. & GASTON K. J. 2001. Revisiting water loss in insects: a large scale view. **Journal of Insect Physiology** 47: 1377-88.
- ALMEIDA, S.S.P. & LOUZADA, J.N.C. 2009. Estrutura da Comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em Fitofisionomias do Cerrado e sua Importância para a Conservação. **Neotropical Entomology** 38(1):32-43.
- ANDRADE-LIMA, D. 1966. Vegetação. In: IBGE. **Atlas Nacional do Brasil**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia. pp. 512.
- ANDRADE-LIMA, D. 1982. Present-day forest refuges in northeastern Brazil. In: G.T. PRANCE (ed.). **Biological diversification in the tropics**. Nova York: Columbia University Press. pp. 245-251.
- ANDRESEN, E 2005. Effects of season and vegetation type on community organization of dung Beetles in a tropical dry forest. **Biotropica** 37: 291-300.
- ANDRESEN, E 2008. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. **Journal of Insect Conservation** 12:639-650.
- ANDRESEN, E. & FEER, F. 2005. The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. In: Forget, P.-M., J.E. Lambert, P.E. Hulme and S.B. Vander Wall (Eds.). **Seed fate**. Predation, dispersal and seedling establishment. CABI, Oxon, UK. pp. 331-349.
- ANDRESEN, E. & LEVEY, D.J. 2004. Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. **Oecologia** 139: 45-54.
- ARAUJO, M.B. & LUOTO, M. 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. **Global Ecology and Biogeography** 16: 743–753.

- AUSTIN, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. **Ecological Modelling**. 157: 101–118.
- BARBERO, E., PALESTRINI, C. & ROLANDO, A. 1999. Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). **Journal of Insect Conservation** 3: 75-84.
- BARBOSA, A.M., REAL, R. & VARGAS, J.M. 2009. Transferability of environmental favourability models in geographic space: The case of the Iberian desman (*Galemys pyrenaicus*) in Portugal and Spain. **Ecological Modelling** 220: 747–754.
- BENAYAS, J. M. R., NEWTON, A. C., DIAZ., A. & BULLOCK, J. M. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. **Science** 325: 1121-1124.
- CARDOSO, D. B. O. S. & QUEIROZ, L. P. 2007. Diversidade de Leguminosae nas caatingas de Tucano, Bahia: Implicações para a fitogeografia do semi-árido do nordeste do Brasil. **Rodriguesia** 58: 379-391.
- CARDOSO, D. B. O. S. & QUEIROZ, L. P. 2011. Caatinga no contexto de uma metacomunidade: evidências da biogeografia, padrões filogenéticos e abundância de espécies em Leguminosas. In: C.J.B. Carvalho; E.A.B. Almeida. (Org.). **Biogeografia da América do Sul: Padrões e processos**. São Paulo: Editora Roca, pp. 241-260.
- CARO, T. M. & O'DOHERTY, G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. **Conservation Biology** 13: 805-814.
- CAVALCANTI, E.R., COUTINHO, S.F.S. & SELVA, V.S.F. 2006. Desertificação e desastres naturais na região do semi-árido brasileiro. **Revista Cadernos de Estudos Sociais** 22: 19-31.
- CAYUELA, L., GOLICHER, D. J., NEWTON, A., KOLB, M., DE ALBURQUERQUE, F. S., ARETS, E. J. M. M., ALKEMADE, R. M. & PÉREZ, A. M. 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for species conservation. **Tropical Conservation Science** 2: 319-352.
- CHAPIN III, F.S., ZAVALETA, E.S., EVINER, V.T., NAYLOR, R.L., VITOUSEK, P.M., *et al.* 2000. Consequences of changing biodiversity. **Nature** 405: 234-242.

- CHOWN, S. L. & GASTON K. J. 1999. Exploring links between physiology and ecology at macro-scales: the role of respiratory metabolism in insects. **Biological Reviews** 74: 87-120.
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. 2001. **PRIMER v5**: User Manual/Tutorial, PRIMER-E Ltd., Plymouth.
- COIMBRA-FILHO, A.F. & CÂMARA, I. de G. 1996. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, Rio de Janeiro. pp.
- DAVIS, J.A. 2000. Species richness of dung-feeding beetles (Coleoptera: Aphodiidae, Scarabaeidae, Hybosoridae) in tropical rainforest at Danum Valley, Sabah, Malaysia. **The Coleopterists Bulletin** 54(2): 221-231.
- DE MARCO JR., P. & SIQUEIRA, M. F. 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade** 5: 65-76.
- DUELLI, P. & OBRIST, M.K. 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. **Biodiversity and Conservation** 7: 297-309.
- ELITH, J. & LEATHWICK, J.R. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, 40: 677– 697.
- ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P. *et al.* 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**: 29, 129–151.
- ESCOBAR, F. S. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. **Caldasia** 19: 419-430.
- FERNANDES, A. 2000. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf. pp. 341.
- GIL, B. D. 1991. Dung Beetles in Tropical American Forests. In: HANSKI & Y. CAMBEFORT (eds.), **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press. pp. 211-229
- GILLETT, C. P. D. T., GILLETT, M. P. T., GILLETT, J. E.D.T. & VAZ-de-MELLO, F. Z. 2010. Diversity and distribution of the scarab beetle tribe Phanaeini in the

- northern states of the Brazilian Northeast (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Insecta Mundi** 0118: 1-19.
- GRIMBACHER, P. S., CATTERALL, C. P., KITCHING, R. L. 2006. Beetle species' responses suggest that microclimate mediates fragmentation effects in tropical Australian rainforest. **Austral Ecology** 31: 458-470.
- GUISAN, A. & THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters** 8: 993 -1009.
- GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N.E., 2000. Predictive habitats distribution models in ecology. **Ecological Modelling** 135: 147-186.
- GULLAN, P. J. & CRANSTON, P. S. 2008. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 3.ed São Paulo, SP: Roca. pp.
- HALFFTER, G. & ARELLANO, L. 2002. Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. **Biotropica** 34: 144-154.
- HALFFTER, G. & MATTHEWS, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana** 12(14): 1-312.
- HALFFTER, G. & MORENO, C.E. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. *In*: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (Eds.) **Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma**. m3m: Monografías Tercer Milenio vol.4. Zaragoza, S.E.A. pp 5-18.
- HALLFTER, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana** 82: 195-238.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D., 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4.
- HANSKI, I. 1991. The Dung Insect Community. *In*: J. HANSKI & Y. CAMBEFORT (eds.), **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press, Princeton. pp 5-21.
- HERNÁNDEZ, M.I.M. 2005. Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba. *In*: F.S. de Araújo; M.J.N. Rodal & M.R.V. Barbosa (orgs.), **Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. pp. 369-380.

- HERNÁNDEZ, M.I.M. 2007. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis** 11(3): 356-364.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. & JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** 25: 1965-1978.
- Hill, C.J. 1996. Habit specificity and food preferences of an assemblage of tropical Australian dung beetles. **Journal of Tropical Ecology** 12: 449-460.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. Concluding remarks- Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 22:415-427. Reprinted in 1991: Classics in Theoretical Biology. **Bulletin of Mathematical Biology**. 53: 193-213.
- ISELL, F. 2010. Causes and Consequences of Biodiversity Declines. **Nature Education Knowledge** 1(11):17.
- JANZEN, D. H. 1983. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. **Oikos** 41: 274-283.
- JØRGENSEN, S.E. & BENDORICCHIO, G. 2001. **Fundamentals of ecological modelling**. 3<sup>rd</sup>. ed. Oxford: Elsevier. pp. 530.
- KAMINO, L.H.Y., STEHMANN, J.R., AMARAL, S., DE MARCO JR, P., RANGEL, T.F., SIQUEIRA, M.F., DE GIOVANNI, R., HORTAL, J. 2011. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. *Biology Letters* doi: 10.1098/rsbl.2011.0942
- KLEIN, B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. **Ecology** 70:1715-1725.
- KROL, M.S., A. JAEGAR, A. BRONSTERT & KRYWKOW, J. 2001. The semiarid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. **Physics and Chemistry of the Earth** 26: 529-533.
- LEAL, I.R., SILVA, J.M.C., TABARELLI, M. & LACHER Jr, T. E. 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade** 1: 139-146.
- LIBERAL, C. N., ISIDRO DE FARIAS, Â. M., MEIADO M. V., FILGUEIRAS, B. K. C. & IANNUZZI, L. 2011. How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. **Journal of Insect Science** 11:113 available online: [insectscience.org/11.113](http://insectscience.org/11.113)

- LIBERAL, C.N. 2008. Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em uma área de Caatinga na região de Parnamirim, PE. In: I.R. Leal, J. Almeida-Cortez & J.C. Santos (orgs.) *Ecologia da Caatinga. Curso de Campo 2008*. Recife, Editora UFPE/PPG Biologia Vegetal, Recife. pp. 79-87.
- LIDA, F. B. G. & TORO, A. L. 2003. Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte Del Tolima (Colombia). In: G. ONORE, P. REYES-CASTILLO & M. ZUNINO SEA, Zaragoza (eds.) **Escarabeidos de Latinoamérica**: Estado del conocimiento. Zaragoza, SEA. pp. 59-65.
- LOPES, P.P. & LOUZADA, J.N.C. 2005. Besouros (Coleoptera: Scarabaeidae e Histeridae). In: JUNCA, F.A.; FUNCH, L.S.; ROCHA, W. (orgs.) **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. pp. 284-298.
- LOPES, P.P., LOUZADA, J.N.C. & VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2006. Organization of dung beetle communities (Coleoptera, Scarabaeidae) in areas of vegetation re-establishment in Feira de Santana, Bahia, Brazil. **Sitientibus-Série Ciências Biológicas** 6: 261-266.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 1991. **O desafio do desenvolvimento sustentável**: relatório do Brasil para a conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília: DF Ministério do Meio Ambiente. pp.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. **Biodiversidade Brasileira. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. pp. 404.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2007. **Mapa de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Brasília: MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. pp.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2010. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do Bioma Caatinga**. Brasília: MMA, Centro de Sensoriamento Remoto. pp. 58
- MONAGHAN, M.T., INWARD, D.J.G., HUNT, T. & VOGLER, A.P. 2007. A molecular phylogenetic analysis of the Scarabaeinae (dung beetles). **Molecular Phylogenetics and Evolution** 45: 674-692.
- NEVES, F. S., OLIVEIRA, V. H. F., ESPÍRITO-SANTO, M. M., VAZ-DE-MELLO, F. Z., LOUZADA, J., SANCHEZ- AZOFEITA, A. & FERNANDES, F. W. 2010.

- Successional and Seasonal Changes in a Community of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian Tropical Dry Forest. **Natureza e Conservação** 8: 160-164.
- NICHOLS, E., LARSEN, T., SPECTOR, S., DAVIS, A.L., ESCOBAR, F., FAVILA, M., VULINEC, K. & The Scarabaeinae Research Network. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation** 137: 1-19.
- OLIVEIRA, E.M., SANTOS, M.J., ARAÚJO, L.E. & SILVA, D.F. 2009. Desertificação e seus impactos na região semi-árida do Estado da Paraíba. **Ambiência** 5: 67-79.
- PEARSON, R.G. 2007. Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. Disponível em: <http://ncep.amnh.org>.
- PETERSON, A.T. & VIEGLAIS, D.A. 2001. Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem. **BioScience** 51(5): 363-371.
- PRADO, D. 2003. As caatingas da América do Sul. In: I.R. LEAL, M. TABARELLI & J.M.C. SILVA (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. pp. 3-73.
- QUEIROZ, L. P. 2006. The Brazilian caatinga: Phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: Pennington, R. T.; Lewis, G. P. & Ratter, J. A. (eds.). Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation. Oxford: Taylor & Francis CRC Press. pp. 113-149.
- QUEIROZ, L. P., FRANÇA, F., GIULIETTI, A. M., MELO, E., GONÇALVES, C. N., FUNCH, L. S., HARLEY, R. M., FUNCH, R. R. & SILVA, T. R.S. 2005. Caatinga. In: F.A.Juncá; L.S.Funch; W.Rocha. (Org.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 95-120.
- RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J. & HIROTA, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142 (6): 1141-1153.
- ROCHA, P. L. B., QUEIROZ, L. P. & PIRANI, J. R. 2004. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harboring an endemic biota. **Revista Brasileira de Botânica** 27 (4): 739-755.

- ROUGON, D. & ROUGON, C. 1991. Dung Beetles of the Sahel Region. In: J. HANSKI & Y. CAMBEFORT (eds.), **Dung Beetle Ecology**. Princeton: Princeton University Press, Princeton. pp 230-241.
- SEGURADO, P. & ARAÚJO, M.B. 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. **Journal of Biogeography** 31: 1555–1568.
- SIQUEIRA, M.F. & DURINGAN, G. 2007. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. 30 (2): 223-243
- TEWS, J., BROSE, U., GRIMM, V., TIELBÖRGER, K., WICHMANN, M.C., SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography** 31: 79-92.
- TRABUCO, A. & ZOMER, R.J. 2009. *Global Aridity Index (Global-Aridity) and Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database*. **CGIAR Consortium for Spatial Information**. Published online, available from the CGIAR-CSI GeoPortal at: <http://www.csi.cgiar.org>.
- TRICART, J. 1961. As zonas morfoclimáticas do nordeste brasileiro. **Notícia Geomorfologica** 3: 17-25.
- VAZ-DE-MELLO, F.Z. 2000. Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil. In: MARTÍN-PIERA, F.; J.J. MORRONE & A. MELIC (eds.), **Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica**: PrIBES-2000, Zaragoza: SEA. pp. 183-195.
- VELLOSO, A.L., SAMPAIO, E.V. S. B. & PAREYN, F.G.C. (eds.) 2002. **Ecorregiões propostas para o bioma caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil. pp. 76
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p.