



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**FATORES DETERMINANTES DA RIQUEZA
LOCAL DE ESPÉCIES DE SCARABAEIDAE
(INSECTA: COLEOPTERA) EM FRAGMENTOS
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECÍDUA**

GUSTAVO SCHIFFLER

2003

55660

047353

GUSTAVO SCHIFFLER

FATORES DETERMINANTES DA RIQUEZA LOCAL DE ESPÉCIES
DE SCARABAEIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) EM FRAGMENTOS
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECÍDUA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL,

2003

**FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA DIVISÃO DE
PROCESSOS TÉCNICOS DA
Biblioteca Central da UFLA**

Schiffler, Gustavo

Fatores determinantes da riqueza local de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleóptera) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecídua / Gustavo Schiffler. -- Lavras : UFLA, 2003.

68 p. : il.

Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Scarabaeidae. 2. Rola-bosta. 3. Comunidade. 4. Riqueza de espécies. 5. Fragmento florestal. 6. Área. 7. Forma. 8. Estrutura da vegetação. 9. Solo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-595.7649
-574.5

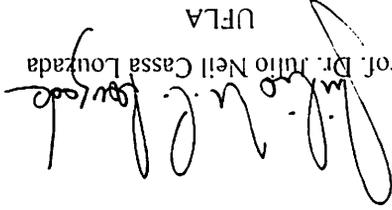
MINAS GERAIS - BRASIL

LAVRAS

(Orientador)

UFLA

Prof. Dr. Julio Neil Cassa Louzada



UFMG

Dr. José Eugênio Cortes Figueira

UFLA

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

APROVADA em 28 de fevereiro de 2003

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de "Mestre".

FATORES DETERMINANTES DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DE SCARABAEIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) EM FRAGMENTOS DE FLORESTA SEMIDECIDUA

GUSTAVO SCHIFFLER

195

AR0

Aos meus companheiros nesta vida,
meus queridos pais, Jurandy e Maria,
e aos meus adoráveis irmãos, Júnior, Valérya e Renata.

“Percebo que o caminhar é mais que um trocar de passos,
é também o intercalar de mãos...”

Tatá

A meus avós

AGRADECIMENTOS

Agradeço a desmedida atenção e paciência desprendida pelo Júlio, quem, embora há algum tempo exerça o papel de meu orientador, antes de tudo é meu amigo.

Ao Ronald, que me recebeu nesta universidade. Ao Van den Berg, que esteve sempre disponível a discussões e esclarecimentos. Ao José Eugênio, por ter aceitado participar desde trabalho. Ao Prof. Ary e ao Prof. José Aldo, pelos préstimos em fornecer informações indispensáveis para execução deste trabalho. Ao Prof Nilton Curi que, não menos, ajudou de forma marcante.

Ao Departamento de Entomologia, pelo apoio.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Ecologia, pela profunda ajuda, mesmo que “silenciosa”, traduzida simplesmente em amizade. Em especial a Jaqueline, Andreíza, Tereza, Tânia, Leo (Campinas) e Alice (Brasília), que me ajudaram a “cortar um dobrado” nos trabalhos de campo. Ao não tão silencioso, mas grande amigo, Fernando, a quem devo agradecer pela identificação das espécies de Scarabacidae e pelas informações relevantes sobre elas. Aos colegas do Departamento de Floresta, Warley, Lucas, Paulo e Evandro, por me apresentarem os fragmentos já estudados.

Agradeço a Dani, pelo companheirismo, apoio e incentivo.

E finalmente, agradeço aos meus amigos, da nossa tão diversa República Salallé: Carvalho Carlos Ecolé (Azukuta), Cláudio Gonçalves (Mirim), Gustavo Malacco (Macaco), pelo convívio harmonioso e enriquecedor. Valeu!

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Bases teóricas da fragmentação de ecossistemas.....	3
2.1.1 Fragmentação de florestas.....	4
2.1.2 Efeitos da fragmentação florestal sobre a biodiversidade.....	5
2.2 Scarabaeidae.....	6
2.2.1 Alimentação.....	7
2.2.2 Alocação de recurso.....	8
2.2.2.1 Roladores.....	8
2.2.2.2 Escavador.....	9
2.2.2.3 Residentes.....	9
2.2.2.4 Cleptoparasitas.....	10
2.2.3 Associação com habitat.....	10
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 2.....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODO.....	26
2.1 Caracterização da região.....	26
2.2 Fragmentos florestais estudados.....	28
2.2.1 Complexidade da forma do fragmento.....	28

2.3 Amostragem dos Scarabaeidae.....	30
2.3.1 Armadilha.....	31
2.3.2 Identificação dos Scarabaeidae.....	32
2.4 Análise dos dados.....	32
2.4.1 Estimadores de biodiversidade.....	33
2.4.1.1 Riqueza de espécies observadas.....	33
2.4.1.2 Riqueza estimada por rarefação.....	33
2.4.1.3 Riqueza estimada por <i>Jackknife</i> segunda ordem.....	34
2.4.2 Índice de equitabilidade de <i>Pielou</i>	35
3 RESULTADOS.....	35
3.1 Diversidade de espécies e o efeito da área do fragmento.....	35
3.2 Complexidade da forma do fragmento e a riqueza de espécies.....	40
4 CONCLUSÕES.....	44
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
CAPÍTULO 3.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
1 INTRODUÇÃO.....	52
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1 Região de estudo e locais amostrados.....	53
2.2 Amostragem dos Scarabaeidae.....	53
2.3 Estrutura e heterogeneidade do habitat.....	53
2.3.1 Estrutura da vegetação.....	53
2.3.2. Estrutura e fertilidade do solo.....	54
2.4. Heterogeneidade do habitat.....	55
2.5 Escalas de abordagem.....	55
2.5.1 Escala fina.....	55
2.5.2 Escala grossa.....	55

2.6 Análise dos dados.....	56
3 RESULTADO.....	57
3.1 Análise em escala fina.....	57
3.2 Análise em escala grossa.....	58
4 CONCLUSÕES.....	63
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

RESUMO

SCHIFFLER, Gustavo. **Fatores determinantes da riqueza local de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) em fragmentos de floresta estacional semidecídua.** Lavras: UFLA, 2003. 66p. (Dissertação – Mestrado em Entomologia)¹.

Este trabalho teve como objetivo estudar alguns dos diferentes fatores que podem estar envolvidos na determinação da riqueza de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais, como: a) a área e complexidade de forma dos fragmentos florestais. Este estudo foi realizado em 13 fragmentos de floresta estacional semidecídua da região de Lavras, MG. Os Scarabaeidae foram coletados usando armadilha do tipo *pitfall* com isca. A área do fragmento foi tomada com o auxílio de GPS, o qual gerou o medida do perímetro, usado para o calculo da complexidade da forma. Estas variáveis foram relacionadas com a riqueza de espécie absoluta, e a riqueza estimada por *Jackknife* de segunda ordem e a riqueza de espécies estimada por rarefação. Nenhuma das medidas de riqueza de espécie respondeu a relação espécie/área. Contudo, a riqueza de espécie estimada por rarefação diminuiu com o aumento da complexidade de forma do fragmento florestal. As evidências mostraram que outros fatores, que não somente a área e a forma do fragmento, podem estar determinando a riqueza de espécies em fragmentos florestais; e b) a estrutura da vegetação e de solo. Foram feitas coletas de Scarabeidae, variáveis de estrutura de vegetação e de solo, em 6 pontos de cada um dos 13 fragmentos florestais estudados no item a. Os dados coletados foram analisados em escalas distintas, uma tendo o ponto como unidade amostral (escala fina) e a outra o próprio fragmento (escala grossa). As variáveis ambientais foram ordenadas por técnica de análise multivariada (PCA), e correlacionadas com a riqueza de espécies de Scarabaeidae através de análise de regressão linear, ou quando necessário correlacionadas independentemente. Os resultados mostraram que o teor de areia influenciou negativamente a riqueza de espécies tanto em escala fina como em escala grossa. As variáveis de estrutura da vegetação influenciaram de maneira distinta a riqueza de espécies de besouros em cada escala. As principais variáveis de vegetação que tiveram relação com a comunidade de Scarabaeidae foram a densidade, a variação espacial da área basal e da altura das árvores.

Palavras-chave: Scarabaeidae, rola-bosta, comunidade, riqueza de espécies, fragmento florestal, área, forma, estrutura da vegetação, solo.

¹Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

ABSTRACT

SCHIFFLER, Gustavo. **Decisive factors for species richness of Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) in seasonal semideciduous forest fragments.** Lavras: UFLA, 2003. 66p. (Dissertation - Master's degree in Entomologia)¹.

This work had the objective of studying some of the different factors that can be involved in the determination of the species richness of Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) in forest fragments, as: a) the area and complexity of the form of the forest fragments: The study was accomplished in 13 seasonal semideciduous forest fragments of Lavras region, MG. Scarabaeidae were collected using baited trap of the type of pitfall. The area of the fragment was taken with the use of GPS, which generated the measured of the perimeter, used to calculate the complexity of the shape. These variables were related with the richness of absolute species, the richness estimated by *Jackknife* of second order and the species richness estimated by rarefaction. None of the measures of species richness answered the relationship species/area. However, the species richness estimated by rarefaction decreased with the increase of the complexity of the shape of the forest fragment; and b) the structure of vegetation and soil: Scarabaeidae collects, variables of vegetation structure and soil were done in 6 points of the 13 forest fragments chosen for this specific study. The collected data were analyzed in distinct scales, one of them with the point as a sample unity (thin scale) and the other with the fragment itself (thick scale). The environment variables were ordered by techniques of multivariate analyses (PCA) and the first two generated axis were then correlated with the richness of the Scarabaeidae species through the analyzes of linear regression. Another approach was the individual analysis of the effect of each environmental variable about the diversity through linear regression. The results demonstrate that the tenor of sand influenced negatively the species richness in thin and thick scales. The variables of structure of the vegetation influenced in a distinct way the species richness of beetles in each scale. The main vegetation variables that had a relationship with the community of Scarabaeidae were the density, the space variation of the basal area and the height of the trees.

Keywords: Scarabaeidae, dung-beetles, community, species richness, forest fragment, area, shape, vegetation structure, soil.

¹Adviser: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

CAPÍTULO 1

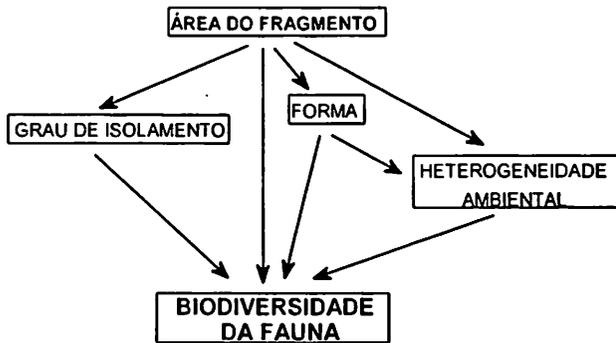
1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais são conhecidas por sua alta biodiversidade (Briggs, 1996; Burslem *et al.*, 2001; Wilson, 1992), contudo estão crescentemente sujeitas a perturbações antropogênicas (Anderson, 1990; Fearnside, 1999; Laurence *et al.*, 2001; Moran, 1993; Skole & Tucker, 1993). No Brasil, a devastação de áreas florestais atingiu proporções significativas. Para citar um exemplo, da Mata Atlântica restam hoje apenas 5% de cobertura original (CIMA, 1991). O panorama atual levou ao estabelecimento de leis rigorosas que inibam o desmatamento e, conseqüentemente, uma grande demanda de trabalhos que avaliem os efeitos da fragmentação florestal, de tal forma que seja possível o estabelecimento de políticas de conservação e manejo que estejam embasadas cientificamente.

O processo de perda de hábitat e fragmentação estão intimamente ligados (Laurence & Bierregaard, 1997). Em fragmentos florestais de uma mesma região, as alterações na biodiversidade podem ser devidas a diferenças no grau de isolamento do fragmento, sua forma, área e estrutura dos hábitats (variação espacial, grau de regeneração, etc.) que são encontrados em seu interior (Bell *et al.*, 1991; Harris, 1984). Estes quatro fatores podem afetar diretamente o número de espécies e o tamanho das populações, pois interferem nas interações bióticas (p.ex. competição e predação) (Holt, 1977), no grau de endocruzamento (Jaenike, 1978), na quantidade de recursos disponíveis (Morse, 1980) e na amplitude das variações do ambiente físico (Gilpin & Soulé, 1986).

A interação entre variáveis de desenho e posição (área, forma e isolamento) e a estrutura do hábitat é complexa e pode manifestar-se como um efeito direto do primeiro grupo sobre o número de espécies (Hamilton, *et al.*

1964; Brown, 1971), um efeito direto da diversidade de hábitat sobre o número de espécies (Reed, 1981) ou um efeito dos dois conjuntos atuando de forma direta e indireta (Lewinsohn, 1991; Kohn & Walsh, 1994), como segue no modelo gráfico abaixo.



Conforme o padrão de fragmentação, a área e a estrutura do habitat podem ter pesos diferentes na determinação da biodiversidade da comunidade. Os fragmentos podem ser formados a partir da transformação de floresta primária contínua em áreas menores (Harris, 1984) ou, então serem formados por um processo de fragmentação a longo prazo, devido ao corte seletivo, queimadas e expansão de áreas agrícolas (Fonseca, 1985). Este segundo padrão de fragmentação é o mais comum na região sudeste brasileira. Neste caso, fragmentos de mesmo tamanho podem ser áreas de regeneração secundária, áreas onde houve corte seletivo ou mosaicos de áreas conservadas com áreas em regeneração. Neste caso, a associação de valor ao fragmento, para a conservação da biodiversidade, envolve um número maior de variáveis e não pode ser necessariamente feito somente a partir da área, como determina atualmente a legislação vigente.

Klein (1989) observou que a área do fragmento explicava as alterações na diversidade e abundância de Scarabaeidae. Entretanto, Louzada (1995) observou que a área *per se* não explica estas mesmas diferenças. Este autor supõe que, no sistema de fragmentos de Mata Atlântica por ele estudado, a estrutura da vegetação do local que está sendo amostrado e o grau de isolamento e forma do fragmento atuam como um controle fino das características comunitárias.

Contudo, as suposições de Louzada (1995) ainda carecem de confirmação empírica para que possa ser utilizada no estabelecimento de regras para o manejo e conservação de florestas tropicais da região sudeste brasileira. Percebendo a necessidade de um estudo pormenorizado das características ambientais de fragmentos florestais, objetivou-se estudar o efeito da fragmentação florestal sobre a biodiversidade de Scarabaeidae; o efeito da área do fragmento florestal sobre a comunidade de Scarabaeidae e a interação entre área, forma, estrutura da vegetação e de solo na determinação da estrutura das comunidades de Scarabaeidae em fragmentos florestais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bases teóricas da fragmentação de ecossistemas

A fragmentação de ecossistemas pode ser resultante de causas naturais e não naturais (indução humana), como isolamento de porções de vegetação pela subida do nível do mar ou, então, desflorestamento antropogênico, convertendo habitats contínuos em pedaços espalhados num mar de habitat perturbado (DeSouza *et al.* 2001). Através da "teoria da biogeografia de ilhas" desenvolvida por MacArthur & Wilson (1967) para explicar o número de espécies em ilhas oceânicas, foi possível estudar a dinâmica biológica em mosaicos de habitat criados pelo homem. O balanço entre as taxas de imigração e de extinção nestas

“ilhas” determina um equilíbrio dinâmico do número de espécies (MacArthur & Wilson, 1963 e 1967).

O número de espécies em ilhas grandes é normalmente maior que em ilhas pequenas (MacArthur & Wilson, 1963 e 1967), o que produz um padrão conhecido como relação espécie-área. Além disso, ilhas mais próximas da fonte de colonizadores teriam maior número de espécies que ilhas mais distantes (MacArthur & Wilson, 1963 e 1967).

Os fatores que determinam basicamente a riqueza de espécies em uma ilha ou porção de hábitat são: a) especiação, processo onde surgem novas espécies (Barton, 1988), o que promoveria um aumento na diversidade de espécies presente em uma ilha; b) imigração e emigração de espécies; são processos de chegada e de saída de indivíduos, também chamados de movimentos de dispersão (Louzada, 2000), sendo muito importantes para as comunidades que cedem e para as que recebem estes indivíduos; c) extinção local, que pode ser provocada pelo homem ou naturalmente, por uma falha na colonização de um local por uma espécie (Marshall, 1988). Quanto maior for a interação de uma espécie com outras espécies, maior a chance dessa extinção local afetar outras espécies da comunidade (Paine, 1966; Lovejoy *et al.*, 1986).

2.1.1 Fragmentação de florestas

Em específico, a fragmentação florestal consiste na conversão de habitats florestais contínuos em mosaicos de remanescentes dos mesmos, circundados por habitats muitas vezes diferentes dos primitivos, tais como áreas de cultura e pastagens (Fonseca, 1985; Scheffler, 2002). Segundo Harris e Silva (1992), cada componente formado após o processo de fragmentação da paisagem tem importância relativa nas estratégias de conservação da biodiversidade. Os principais elementos desta paisagem característica são: a matriz, as manchas de hábitat e os corredores de vegetação entre as manchas. A

matriz é a porção onde se insere a maioria dos demais componentes da paisagem fragmentada, representando um canal de conectividade. Estruturalmente, ela na maioria das vezes, é composta por cultivos agrícolas ou pastagens (Louzada, 2000).

A forma pela qual a matriz está disposta na paisagem muitas vezes caracteriza o grau de isolamento de populações que habitam manchas de vegetação distintas, devido à diferença estrutural deste com a matriz (Mader, 1984; Bierregaard Jr. *et al.*, 1989; Mader *et al.*, 1990).

As porções de hábitat inseridas em uma matriz podem assumir qualquer forma estrutural desde que sejam características distintas daquelas da matriz, como, por exemplo: fragmentos de floresta em matriz de área agrícola ou clareiras em matriz de floresta (Louzada, 2000).

As causas mais evidentes da fragmentação são a expansão da fronteira agrícola, a falta de incentivo a pequenos produtores e problemas relacionados ao contexto político, social e administrativo (Laurence *et al.*, 1997). Todo esse processo de fragmentação de floresta afeta o ciclo hidrológico local e regional, as condições econômicas e sociais da população local, além de interferir de forma complexa na biota nativa (Bierregaard & Dale, 1996; Bierregaard e Stouffer, 1997), trazendo grande preocupação para conservação da biodiversidade (Noss, 1991; Tschardtke, 1992; Rosenzweig, 1995). Chapin III *et al.* (2000) comentam que a mudança no padrão de uso da terra é o que mais tem levado ao declínio da biodiversidade nos trópicos.

2.1.2 Efeitos da fragmentação florestal sobre a biodiversidade

A fragmentação de floresta causa muitas mudanças físicas e biológicas, como resultado da perda de hábitat e insularização (Lovejoy *et al.*, 1986; Laurence, 1990). O efeito sobre a biodiversidade pode ser um resultado direto de desmatamento não aleatório de uma determinada área florestal, o que implica na

falta de representatividade de um determinado micro-habitat e/ou um grupo de espécies em fragmentos isolados, ou um resultado indireto, resultante de uma série de causas e efeitos (Zuidema *et al.*, 1996). As modificações na estrutura da vegetação influenciam diretamente a composição da fauna local (Doube, 1983; Doube & Wardhalgh, 1991; Marini, 2001; Oliveira, 2001). Tal influência se dá pela mudança de características que afetam diretamente a biologia da espécie como: luminosidade, temperatura, umidade, entre outras que dão suporte para reprodução, nidificação, forrageamento e seu desenvolvimento (Doube & Wardhalgh, 1991; Halfpter & Mathews, 1966; Marini, 2001; Martinez & Montes deOcas, 1984; Schwarzkopf & Rylands, 1989).

A fragmentação expõe os organismos que estão dentro de um fragmento às condições diferentes da mariz, causando os chamados efeitos de borda (Murcia, 1995). Tanto neste ambientes de borda como no próprio interior, as mudanças causadas pela alteração de habitat levam, muitas vezes, à substituição da fauna original por espécies invasoras, típicas de ecossistemas vizinhos (Louzada *et al.*, 1996). Pode ainda, haver uma mudança na dinâmica biológica do fragmento, levando ao aumento populacional de espécies que são potencialmente competidoras de outras, que pela sua baixa densidade podem se extinguir (D'Antonio *et al.*, 2001).

2.2 Scarabacidae

Esta família pertence à superfamília Scarabaeoidea (Cambefort, 1991). Outros autores divergem quando ao status deste táxon, referindo-se aos indivíduos deste grupo como membros da subfamília Scarabaeinae (Halfpter & Edmond, 1982). Estes autores ainda consideram que existam aproximadamente 4.500 espécies de besouros deste grupo em todo o mundo.

Os besouros desta família são comumente chamados de “rola-bosta” e são caracterizados por usarem fezes ou outros detritos orgânicos como recurso alimentar, tanto no estágio adulto como de larva (Halfpter & Matthews, 1966).

Para localizarem o recurso eles se conduzem principalmente através do olfato (Kingston e Coe, 1977); localizar a emissão do odor esperando sobre a vegetação ou voar entre ela são estratégias comuns (Gill, 1991; Hanski & Krikken, 1991). Então, assim que é percebido o odor eles seguem em busca do recurso (Hanski & Krikken, 1991; Howden & Nealis, 1978, Peck & Forsyth, 1982).

2.2.1 Alimentação

Em todo mundo, a maioria dos rola-bostas são coprófagos e especializados em estrume de grandes herbívoros; no entanto, existem exceções, especialmente no Sudeste Asiático e em toda região Neotropical (Halfpter, 1991). Nesta região é possível reunir as espécies de Scarabaeidae em três principais tipos de dieta:

a) *Coprófagos*: alimentam-se de fezes (Halfpter & Matthews, 1966; Halfpter, 1991), sendo que a grande maioria das espécies do mundo são atraídas pelas fezes humanas (Halfpter & Matthews, 1966). No entanto, existem espécies estenofágicas, que são atraídas somente por fezes de uma espécie em particular (Frey, 1961; Halfpter & Matthews, 1966). Outras ainda são foréticas de macaco, de bicho-preguiça, tapir (Halfpter, 1977; Halfpter & Matthews, 1966), de canguru (Mathews, 1972) e até de caracóis (Arrow, 1932). Existem ainda espécies na Índia que vivem no anus de humanos (Halfpter & Matthews, 1966);

b) *Saprófagos*: são derivados de uma linhagem ancestral de coprófagos (Halfpter & Matthews, 1966). Os mais comuns se alimentam de frutos e matéria vegetal em decomposição, sendo atraídos por uma grande variedade de frutos (Halfpter & Matthews, 1966). No entanto, existem outras preferências dentro

deste grupo, como os micetófagos, os quais se alimentam de fungos em decomposição (Hanski & Krikken, 1991); os mimercófagos, que se alimentam da massa de fungo decomposta cultivada pelas formigas (Halffter & Edmond, 1982) e os termitófagos, que são associados a ninhos de cupins, porém pouco se sabe a respeito deste grupo (Halffter & Matthews, 1966);

c) *Necrófagos*: como os saprófagos, foram recentemente derivados de uma linhagem ancestral de coprófago (Halffter & Matthews, 1966). Utilizam tanto cadáveres frescos como em decomposição nos estágios de larva e adulto (Halffter & Matthews, 1966). Muito comuns na América do Sul (Halffter & Matthews, 1966) e no sudeste mexicano, os Scarabaeidae compõem a maioria dos artrópodes necrófilos (Morón & Camal, 1986).

2.2.2 Alocação de recursos

Tem sido admitida uma divisão de três grupos funcionais (guildas) baseados na maneira com a qual os Scarabaeidae utilizam o recurso alimentar (Cambefort & Hanski, 1991; Doube, 1991; Gill, 1991): roladores (telecoprídeos), escavadores (paracoprídeos) e residentes (endocoprídeos). No entanto, uma quarta categoria é adicionada para os cleptoparasitas (Scheffler, 2002).

A maioria das espécies de Scarabaeidae mostra alguma forma de alocação de recurso. Isso permite que eles reduzam a competição (entre Scarabaeidae e também entre outros grupos de insetos) por comida e espaço, e também para proteger a comida contra condições adversas do meio, como excessivo calor e seca (Scheffler, 2002).

2.2.2.1 Roladores

Na América do Sul, as espécies roladoras pertencem às tribos Canthonini, Eucranini e Sisyphini (Louzada, 1995)

Depois de chegarem até as fezes (ou cadáver), os rolaadores retiram um pedaço, o qual levam a um outro local, distante cerca de 5 a 18 metros (Hanski & Cambefort, 1991b). O método mais comum de transporte desses recursos é formando uma bola, a qual é rolada pelo macho, pela fêmea ou ambos os sexos, então enterrada e utilizada como alimento e para chocar os ovos (Halfpter & Matthews, 1966). O desenvolvimento da habilidade de rolagem rolagem do recurso alimentar foi possível graças à adaptação das tíbias posteriores para um formato curvo e alongado (Halfpter & Edmunds, 1982).

2.2.2.2 Escavador

As espécies que compõem esse grupo no continente sul americano, pertencem às tribos Dichotomiini, Phanaeini e Onthophagini (Louzada, 1995).

Os rolaadores encontram o recurso alimentar e formam um túnel em qualquer direção abaixo ou seu ao lado, para o qual pedaços de comida são levados. O túnel, na maioria das vezes, é totalmente construído antes do recurso ser levada para baixo (Halfpter & Matthews, 1966). Estas espécies apresentam tíbias anteriores muito desenvolvidas, o que facilita a abertura de túneis no solo (Cambefort & Hanski, 1991). Nos escavadores, o papel do macho é quase sempre secundário em relação ao da fêmea. A construção do ninho é sempre conduzida pela fêmea sozinha e pode ser feito para atrair o macho (Cambefort & Hanski, 1991).

2.2.2.3 Residentes

Diferente dos rolaadores e escavadores, os residentes permanecem na porção de recurso, alimentando-se ou nidificando, sem o relocar dentro do hábitat. Por causa disso, eles são mais expostos às condições ambientais (Doube, 1991). Os residentes apresentam adaptações para a vida dentro do recurso. No caso dos Euristernini, representantes da fauna de residentes sul-americanos

(Louzada, 1995), as pernas médias tiveram um desenvolvimento exagerado, o que permitiu a manipulação do recurso dentro da fonte (Halffter & Edmonds, 1982).

2.2.2.4 Cleptoparasitas

Cleptoparasitas ocorrem em regiões temperadas (Lobo & Halffter, 2000; Martín-Piera & Lobo, 1993), mais são muito comuns em regiões áridas, tropicais e subtropicais (Cambefort, 1991; Hanski & Cambefort, 1991a). Eles são considerados escavadores modificados (Gill, 1991), os quais não escavam ou não estabelecem seus ninhos, nidificando com outras espécies tanto rola-dorões ou escavadores (Cambefort, 1991).

2.2.3 Associação com hábitat

Os Scarabaeidae são de grande importância para a ciclagem de nutrientes dos ecossistemas onde ocorrem, fazendo o papel de processadores de matéria orgânica em decomposição (Bornemissa & Williams, 1970; Halffter & Matthews, 1966; Nealis, 1977). Eles exercem um importante controle sobre a população de ovos e larvas de moscas presentes em fezes e carcaças de animais em decomposição (Bergstrom *et al.*, 1976). Atuam também como agentes secundários de dispersão de sementes de muitas espécies de árvores nas florestas neotropicais, participando do processo natural de regeneração da floresta (Estrada & Coates-Estrada, 1991).

Recentemente, os rola-dorões têm sido considerados como bons indicadores de biodiversidade nos trópicos (Halffter & Favila, 1993). Eles têm grande importância nas florestas neotropicais, tanto funcionalmente como estruturalmente, contribuindo com importantes papéis ecológicos e elevando riqueza da comunidade de insetos (Estrada *et al.*, 1998). Respondem prontamente de maneira negativa à destruição, fragmentação e isolamento de



florestas tropicais (Halffter *et al.*, 1992; Klein, 1989), processos que representam uma barreira para o movimento e dispersão de espécies (Klein, 1989).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, A.B. Deforestation in Amazonia: Dynamics, causes, and alternatives. In: Anderson, A.B. (ed.). **Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest**. Columbia University Press, New York, 1990.

ARROW, G.J. New species of Lamellicorn beetles (Subfam.Coprinae) from South America. **Stylops: A Journal of Taxonomic Entomology**, v.1, p.223-6, 1932.

BARTON, N.H. Speciation In: MYERS, A.A., GUILER, P.S. (eds). **Analytical biogeography**. New York: Chapman e Hall,1988. p.185-218.

BELL, S.S.; MACCOY, E.R. & MUSHINSKY, H.R. Habitat structure: the physical arrangement of objects in space. London, Chapman & Hall. 438 p. 1991.

BERGSTROM, B.C.; MAKI, R.L.; WERNER, B.A. Small dung beetles as biological control agents: laboratory studies of beetle action on trichostongylid eggs in sheep and cattle feces. **Proceeding of the Helminthology Society of Washington**, v.43, p.171-174, 1976.

BIERREGAARD , R.O.JR.; DALE, V.H. Island in an ever-changing sea: the ecological and socioeconomic dynamics of Amazonian rainforest. In:

SCHELLAS, J.; GREENBERG, R. (eds). **Forest patches in tropical landscapes**. Washington: Island press, 1996. p.187-204.

BIERREGAARD , R.O.JR.; STOUFFER, P.C. Undestory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforests. In: LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. (eds). **Tropical Forest Remnants – Ecology managment and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. p. 138-155.

BORNEMISSA, G.F.; WILLIAMS, C.H. An effect of dung beetle activity on plant yield. **Pedobiologia**, v.10, p.1-7, 1970.

BRIGGS, J.C. Tropical diversity and conservation. **Conservation Biology**. v.10, p.713-718, 1996.

BROWN, J.H. Mammals on mountaintops: non equilibrium insular biogeograph. *Am. Nat.* 105: 467-478, 1971.

BROWN, J.H.; KODRIC-BROWN, A. Turnover rates in insular biogeography: Effect of immigration on extinction. **Ecology**, v.58, p.445-49, 1977.

BURSLEM, D.R.R.P.; GARWOOD N.C.; THOMAS, S.C. Tropical forest diversity – The plot thickens. **Science**, v. 291, p.606-607, 2001.

CAMBEFORT, Y. Biogeography and evolution. . In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology**. Priceton, Princeton University Press, 1991. p, 51-67.

CAMBEFORT, Y.; HANSKI, I. Dung beetle population biology. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991. p, 36-50.

CHAPIN III, F.S.; ZAVALETA; E.S.; EVINER, V.T.; NAYLOR, R.L.; VITOUSEK, P.M.; REYNOLD, H.L.; HOOPER, D.U.; LAVOREL, S.; SALA, O.E.; HOBBIE, S.E.; MACK, M. C.; DIAS, S. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, v.405, p.234-242, 2000.

CIMA. Relatório da Comissão Interministerial sobre desenvolvimento e meio ambiente. Brasília, Brasil, 1991.

D'ANTONIO, C.; MEYERSON, A.; DENSLOW, J. Exotic species and conservation: Research needs. In: SOULÉ, M.E. & ORIAN, G.H. (eds). **Conservation Biology: Research Priorities for the Next Decade.** Island Press, Washington. p 59-80, 2001.

DESOUZA, O; SCHOEREDER, J.H.; BROWN, V.; BIERREGAARD, R.O. JR. A Theoretical Overview of the Processes Determining species Richness in Forest Fragments. In: Bierregaard, R.O. Jr; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R. (eds). **Lessons from Amazonia - the ecology and conservation of a fragmented forest.** Michigan: Sheridan Books, 2001.p 13-21.

DOUBE, B.M. Dung beetles of Southern Africa. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology.** Princeton, Princeton University Press, 1991. p, 133-55.

DOUBE, B.M. The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. **Bull. Ent. Res.**, v. 73, p.357-371, 1983.

DOUBE, B.M.; WARDHALGH, K.G. Habitat associations and niche partitioning in an island dung beetle community. **Acta Oecol.**, v.12, p.451-459, 1991.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Howling monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v.7, p.459-474, 1991.

ESTRADA, A.; COSTA-ESTRADA, R.; DADDA, A.A.; CAMMARANO, P. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.577-593, 1998.

FEARNSIDE, P.M. Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forest: risks, value and conservation. **Environmental Conservation**, v.26, p.305-321, 1999

FONSECA, G.A.B. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 34, p.17-34, 1985.

FREY, G. Parc National de la Garamba. Mission H. de Saeger, - Onthophagini (Coleoptera, Lamellicornia). **Institut des Parcs Nationaux du Congo et du Ruanda-Urundi**, v.21, p. 69-98, 1961.

GILL, B.D. Dung beetles in Tropical American forest. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991. p. 211-29.

GILPIN, M.E.; SOULÉ, M. Minimum viable populations: processes of species extinction. In: Soulé, M.E. (ed.). **Conservation Biology**. The science of scarcity and diversity. Sunderland, Sinauer. pp. 19-34. 1986.

HALFFTER, G. Evolution of nidification in the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Quaestiones Entomologicae**, v.13, p.231-53, 1977.

HALFFTER, G. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomologica Mexicana**, v.82, p.195-238, 1991.

HALFFTER, G.; EDMOUNDS, W.D. **The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. Mexico, DF, Instituto de Ecología, 1982. 176p.

HALFFTER, G.; FAVILA, M.E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biol. Intern.**, v. 27, p. 15-21, 1993.

HALFFTER, G.; FAVILA, M.E.; HALFFTER, V. Comparative studies on the structure of scarab guild in tropical rain forest. **Fol. Ent. Mex.**, v.82, p.195-238, 1992.

HALFFTER, G.; MATHEWS, E.G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Fol. Ent. Mex.**, v.12/14, p.1-312, 1966.

HAMILTON, T.H.; BARTH, R.H. & RUBINOFF, I. The environmental control of insular variation in bird species abundance. **Proc. Nat. Acad. Sci., USA.** 52: 132-140, 1964.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. Competition in dung beetles. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991a. p. 305-29.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991b. 481p.

HANSKI, I.; KRIKKEN, J. Dung beetles in tropical forest in Southeast Asia. In: HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. (eds). **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991. p. 179-97.

HARRIS, L.D. **The fragmented forest**. Chicago, University of Chicago Press. 211 p. 1984.

HOLT, R.D. Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. **Theor. Pop. Biol.** 12: 197-229. 1977.

HOWDEN, A.T.; NEALIS, V.C. Observations on height of perching in some tropical dung beetles (Scarabaeidae). **Biotropica**, v.10, p.43-6, 1978.

JAENIKE, J. Effect of island area on *Drosophila* population densities. **Oecologia** 36: 327-332. 1978.

KINGSTON, T.J.; COE, M. The biology of a giant dung beetle (*Heliocopris dilloni*)(Coleoptera, Scarabaeidae). **Journal of Zoology, London**, v.181, p.243-63, 1977.

KLEIN, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. **Ecology**, v. 6, p.1715-1725, 1989.

KOHN, D.D. & WALSH, D.M. Plant species richness - the effect of island size and habitat diversity. **J. Ecol.** 82: 367-377. 1994.

LAURENCE, W.F. Comparative responses of five arboreal marsupial to tropical forest fragmentation. **Journal of Mammalogy**, v. 71, p.641-653, 1990.

LAURENCE, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: Application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**. v.57, p.205-19, 1991.

LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. Chicago: The University of Chicago, 1997. 616p.

LAURENCE, W.F.; COCHRANE, A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMONICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, p.438-439, 2001.

LEWINSOHN, T.M. Insects in flower heads of Asteracea in Southeast Brasil: a case study on tropical species richness. P.W. Price; T.M. Lewinsohn; G. Wilson Fernandes & W.W. Benson (Eds.). *Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions*. New York, John Willey & Sons. pp. 525-559. 1991.

LOBO, J.M.; HALFFTER, G. Relaciones entre escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) y nidos de tuza (Rodentia: Geomyidae): Implicaciones biológicas y biogeográficas. *Acta Zoológica Mexicana*, v.62, p.1-9, 2000.

LOUZADA, J.N.C. **A comunidade de Scarabaeidae s. str. (Insecta, Coleoptera), em fragmentos de floresta atlântica.** Viçosa, MG: UFV, 1995. (Dissertação – Mestrado Entomologia).

LOUZADA, J.N.C. **Efeitos da fragmentação florestal sobre a comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera).** Viçosa, MG: UFV, 2000. (Tese – Doutorado Entomologia).

LOUZADA, J.N.C.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Efeitos do fogo sobre a comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) da restinga da Ilha de Guriri, Norte do ES. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H., SOUZA DIAS, B. F. (eds). **Impactos de queimadas em áreas de Cerrado e Restinga.** Brasília: UnB, 1996. p.161-169.

LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD JR., R.O.; RYLANDS, A.B.; MALCON, J. R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L. BROWN, K.S.JR.; POWELL, A.H.; POWELL, D.V.N.; SCHUBART, H.O.R.; HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULE, M.E. (ed). **Conservation**

biology: the science of scarcity and diversity. Massachussetts: Sunderland, 1986. p. 257-85.

MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, v.17, p.373-87, 1963.

MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography.** Princeton: Princeton University Press, 1967. 203p.

MADER, H.J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biol. Conserv.*, v.29, p.81-96, 1984.

MADER, H.J.; SCHELL, C.; KORNACKER, P. Linear barriers to arthropod movements in the landscape. *Biol. Conserv.*, v.54, p.209-22, 1990.

MARINI, M. Effects of fragmentation on birds of the cerrado region, Brazil. *Bird Conservation International*, v.11, p. 11-23, 2001.

MARSHALL, L.G. Extinction. In: MYERS, A.A., GUILLER, P.S. **Analytical biogeography.** New York: Chapman e Hall, 1988. p. 219-254.

MARTINEZ, M.I; MONTES de OCAS, E. Observaciones sibre algunos factores microambientales y el ciclo biológico de dos especies de escarabajos rodadores (Coleoptera, Scarabaeidae, Canthon). *Folia Ent. Mex.*, v.91, p.47- 59, 1984.

MARTÍN-PIERA, F.; LOBO, J.M. New data and observations on Kleptoparasitic behavior in dung beetles from temperature regions (Coleóptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoologica Mexicana*, v.57, p.15-8, 1993.

MATHEWS, E.G. A revision of the scarabaeine dung beetles of Australia. I. Tribe Onthophagini. **Australian Journal of Zool. Suppl. Ser.**, v.9, p.1-133, 1972.

MORAN, E.F. Deforestation and land use in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, v.21, p. 1-21, 1993.

MORÓN, M.A.; CAMAL, J.F.O.C. Analisis de la entomofauna necrofilia Del área norte de la Reserva de la Biosfera "Sian Ka'na", Quintana Rôo, México. **Folia Entomológica Mexicana**, v.69, p. 83-98, 1986.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p.58-62, 1995.

NEALIS, V.G. Habitat association and community analysis of south Texas dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 55, p. 138-147, 1977.

NOSS, R.F. Landscape connectivity: different functions at different scales. In: HUDSON, W. E. (ed). **Landscape linkages and biodiversity**. Washington: Island Press, 1991. p. 345-360.

OLIVEIRA, M.L. Stingless bee and orchid bees (Euglossini) in Terra Firme tropical forest and forest fragments. In: Bierregaard, R. O. Jr; Gascon, C.; Lovejoy, T. E.; Mesquita, R. (eds). **Lessons from Amazonia – the ecology and conservation of a fragmented forest**. Michigan: Sheridan Books, 2001. p 208-219.

██████████ ███████████ ███████████

PAINE, R.T. Food web complexity and species diversity. **Am. Nat.**, v. 100, p.65-75, 1966.

PECK, P.B.; FORSYTH, A. Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera; Scarabaeidae) Behavior, species diversity. **Canadian Journal of Zoology**, v. 60, p. 1624-33, 1982.

REED, T. The number of breeding landbird species on British islands. **J. Anim. Ecol.** 50: 613-624. 1981.

ROSENZWEIG, M.L. **Species diversity in space and time.** Cambridge: University Press, 1995.

SCHEFFLER, P.Y. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) ecology in the intact and modified landscape of Eastern Amazonian. Pennsylvania, USA: The Pennsylvania State University, 2002. (Tesis - Doutored in Ecology).

SCHWARZKOPF, L.; RYLANDS, A.B. Primate species richness in relation to habitat structure in Amazonian rainforest fragments. **Biol. Conser.**, v.48, p.1-12, 1989. 1989

SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v.260, p. 1905-1910, 1993.

TSCHARNTKE, T. Fragmentation of *Phragmites* habitats, minimum viable population size, habitat suitability, and local extinction of moths midges, flies, aphids an birds. **Conserv. Biol.**, v. 6, p.530-536, 1992.



WILSON, E.O. The Diversity of Life. W. W. Norton and Company, New York, 1992.

ZUIDEMA, P.A.; SAYER, J.A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. **Environmental Conservation**, v.23, p. 290-297, 1996.

CAPÍTULO 2

RESUMO

SCHIFFLER, Gustavo. **Influência da área e forma do fragmento florestal sobre a riqueza de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera)**. Lavras: UFLA, 2003. 26p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Entomologia)¹.

Este trabalho tem o objetivo de estudar a relação entre a riqueza de Scarabaeidae, a área e a complexidade de forma dos fragmentos florestais. O estudo foi realizado em 13 fragmentos florestais da região de Lavras, MG. Os Scarabaeidae foram coletados usando armadilha do tipo *pitfall* com isca. A área do fragmento foi tomada com o auxílio de GPS, o qual gerou a medida do perímetro, usado para o cálculo da complexidade da forma. Estas variáveis foram relacionadas com a riqueza de espécie absoluta, a riqueza estimada por *Jackknife* de segunda ordem e a riqueza de espécies estimada por rarefação. Nenhuma das medidas de riqueza de espécie respondeu à relação espécie/área. Contudo, a riqueza de espécie estimada por rarefação diminuiu com o aumento da complexidade de forma do fragmento florestal. Por outro lado, as evidências mostram que existem outros fatores, além da área e da forma do fragmento, que podem estar determinando a riqueza de espécies em fragmentos florestais.

Palavras-chave: Scarabaeidae, riqueza de espécies, fragmento florestal, área, forma.

¹Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

ABSTRACT

SCHIFFLER, Gustavo. **Influence of the area and shape of the forest fragment under the richness of Scarabaeidae species (Insecta: Coleoptera)**. Lavras: UFLA, 2003. 26p. (Dissertation - Master's degree in Agronomy/Entomology)¹.

In this chapter are presented the relationships between the species richness of Scarabaeidae, the area and complexity of the shape of forest fragments. The study was accomplished in 13 forest fragments of Lavras region, MG, Brazil. Scarabaeidae were collected using baited trap of the type of pitfall. The area of the fragment was taken with the use of GPS, which generated the measured of the perimeter, used to calculate the complexity of the shape. These variables were related with the richness of absolute species, the richness estimated by *Jackknife* of second order and the species richness estimated by rarefaction. None of the measures of species richness answered the relationship species/area. However, the species richness estimated by rarefaction decreased with the increase of the complexity of the shape of the forest fragment. The evidences show that other factors do exist, that not only the area and the shape of the fragment, can be determining the species richness in forest fragments.

Key words: Scarabaeidae, species richness, forest fragment, area, shape.

¹Adviser: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

I INTRODUÇÃO

Os Scarabaeidae têm grande importância nas florestas neotropicais, tanto funcionalmente como estruturalmente, desempenhando importantes papéis ecológicos e elevando a riqueza da comunidade de insetos (Estrada *et al.*, 1998). Respondem prontamente de maneira negativa à destruição, fragmentação e ao isolamento de florestas tropicais (Halffter *et al.*, 1992; Klein, 1989).

A fragmentação florestal consiste na conversão de habitats florestais contínuos em mosaicos de remanescentes, circundados por habitats muitas vezes diferentes dos primitivos, tais como áreas de cultura e pastagens (Fonseca, 1985; Scheffler, 2002).

Os processos de perda de habitat e fragmentação estão intimamente ligados (Laurence & Bierregaard, 1997). Em fragmentos florestais de uma mesma região, as alterações na biodiversidade podem ser devidas a diferenças no grau de isolamento do fragmento, sua forma, área e estrutura dos habitats (variação espacial, grau de regeneração, etc.) que são encontrados em seu interior (Harris, 1984; Bell *et al.*, 1991). Estes três fatores podem afetar diretamente o número de espécies e o tamanho das populações, pois interferem nas interações bióticas (p.ex. competição e predação) (Holt, 1977), no grau de endocruzamento (Jaenike, 1978), na quantidade de recursos disponíveis (Morse, 1980) e na amplitude das variações do ambiente físico (Gilpin & Soulé, 1986).

Pela dificuldade de avaliar todos os fatores que alteram a estrutura das comunidades biológicas em fragmentos florestais, normalmente se estudam os efeitos da área sobre a diversidade de espécies (Louzada, 1995). Já em 1921, Arrhenius apresentou o modelo da curva espécie-área, mostrando ser possível prever o número de espécies em um local a partir de sua área. A partir daí, muitos estudos se seguiram. Klein (1989) observou que a área do fragmento explicava as alterações na diversidade e abundância de Scarabaeidae.

Por sua vez, a forma do fragmento é uma variável de desenho que está relacionada com suas propriedades estruturais e funcionais (McGarigal & Marks, 1995) ou pode criar microambientes. A variação em sua complexidade pode expor o interior do fragmento ao chamado “efeito borda” (Murcia, 1995). A complexidade de forma do fragmento exerce relevante papel na determinação da estrutura da comunidade, influenciando, positivamente a diversidade de espécies (Louzada, 2000).

Alguns autores defendem a idéia de que a relação espécie-área possa ser um efeito de amostragem, onde a riqueza observada é correlacionada com o esforço amostral utilizado (Coleman, 1981). Esta é a hipótese do *Artefato de Amostragem* (Rosenzweig, 1995), a qual corresponde ao que foi chamado de *Efeito do Coletor* por Lewinsohn (1991).

Neste capítulo será estudada a relação entre a riqueza de Scarabaeidae, a área e a complexidade de forma dos fragmentos de floresta estacional semidecídua de Lavras, MG.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da região

O trabalho foi desenvolvido no período de 11 de dezembro de 2001 a 26 de janeiro de 2002, em fragmentos de floresta do sul de Minas Gerais, localizados nos municípios de Lavras, Ribeirão Vermelho, Ingai e Minduri, na microrregião do Alto Rio Grande. As localidades estudadas ficam entre as coordenadas 21° 09' e 21° 36'S e 44° 35' e 45° 04' W, onde prevalece o clima do tipo Cwb de Koppen, com precipitação média anual de 1.493,2 mm e temperatura média anual de 19,3°C, com máximas de 26,9°C e mínimas de 14°C e cotas altimétricas variando de 900 a 1200 m (Brasil, 1992).

A cobertura vegetal da região é constituída por duas formações distintas: a florestal e a campestre. A cobertura florestal é representada pelas seguintes fitofisionomias: a) mata de galeria ou ciliar, constituída por prolongamentos da Floresta Atlântica por meio do Planalto Central, e se apresenta sob a forma de capões esparsos; b) floresta tropical latifoliada baixo montana; c) floresta mesófila estacional semidecídua e decídua (afloramento de rochas); e d) cerrado (floresta esclerófila), em pequenas manchas. A formação campestre é representada pela fitofisionomia do cerrado e suas gradações (Cerrado “*stricto sensu*” e campo cerrado), pelos campos de várzea, pelo campo limpo e pelo campo rupestre. Como formações antrópicas, há as capoeiras e os capoeirões, assim como os campos antrópicos.

A história de degradação florestal na região teve início com a descoberta do ouro, no século XVII. As primeiras vias a serem utilizadas para chegar a região aurífera foram aquelas abertas em 1674 por Fernão Dias de Paes. Em 1695, a manifestação da descoberta de minas de ouro atraiu milhares de pessoas. Com isso, para garantir os interesses próprios do governo metropolitano, fortes investimentos foram feitos para facilitar o acesso às jazidas. O uso de extração de madeira para confecção de móveis (principalmente cedro e jacarandá), juntamente com a implantação de roças e estalagens subsidiaram à exploração do ouro (Zemella,1990)

Com a decadência da atividade mineradora, na segunda metade do século XVIII, e o aumento da população, as oportunidades de obtenção de lucro com a mineração foram se tornando difíceis. Então, no final do século XIX as atividades agropastoris começaram a ganhar destaque, exigindo cada vez mais terras desmatadas (Zemella, 1990).

2.2 Fragmentos florestais estudados

Foram estudados 12 fragmentos florestais, com uma fisionomia vegetal classificada como floresta estacional semidecídua montana (floresta tropical subcaducifólia), pelo sistema do IBGE (1993). As áreas tinham tamanhos variando entre 1,1 e 65,5 ha. Os tamanhos e forma dos fragmentos foram obtidos a partir da análise de uma série de fotos de satélite e uso de GPS. Um dos fragmentos foi amostrado duas vezes, contabilizando, para fins de análise, 13 fragmentos (Tabela 01).

2.2.1 Complexidade da forma do fragmento

Para avaliar a complexidade da forma do fragmento, foi usado o método desenvolvido por Louzada (2000), que consiste em:

- a) Através da área do fragmento, calculou-se o perímetro que seria esperado, caso o fragmento tivesse a forma de um círculo perfeito. Esta forma representa teoricamente o menor grau de complexidade de forma possível (menor relação perímetro/área).
- b) Calculou-se a razão entre o perímetro observado e o perímetro mínimo, calculado anteriormente.

Este índice de complexidade produz resultados idênticos ao índice de complexidade de forma desenvolvido por Patton (1975):

$$C = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que:

C = Índice de *Patton* para complexidade de forma;

P = Perímetro do fragmento; e

A = Área do fragmento.

Segundo Patton (1975), quanto maior for o valor do índice maior será a possibilidade de encontrar um grande número de microambientes no fragmento.

TABELA 01 - Características e localização dos fragmentos estudados nos municípios de Ingai, Lavras, Minduri, Ribeirão Vermelho, MG.

Fragmento	Tamanho (ha)	Perímetro (m)	Complexidade da forma	Coordenadas Geográficas
Matinha degradada ULFA	1,10	420	1,13	21° 13' 36" S; 44° 57' 36" W
Mata da Curva	12,10	1990	1,61	21° 12' 47" S; 44° 58' 22" W
Mata do Campinho	20,10	2690	1,69	21° 12' 35" S; 45° 01' 19" W
Mata do Leleco	7,90	1462	1,47	21° 11' 12" S; 45° 04' 10" W
Mata do Zé Pato	7,90	1462	1,47	21° 11' 07" S; 45° 04' 03" W
Mata do Batista	15,60	2796	2,00	21° 09' 43" S; 45° 03' 42" W
Mata do Capivari	9,20	2143	1,99	21° 16' 25" S; 44° 52' 57" W
Mata da Ilha	16,20	2429	1,71	21° 24' 43" S; 44° 53' 38" W
Mata do Poço Bonito	65,52	6142	2,14	21° 19' 50" S; 44° 59' 20" W
Matinha da UFLA	5,80	1059	1,24	21° 13' 40" S; 44° 57' 50" W
Mata da sub-estação da EPAMIG	17,60	2135	1,61	21° 13' 17" S; 44° 57' 41" W
Mata da Lagoa	4,63	1015	1,33	21° 13' 19" S; 44° 58' 50" W
Mata da Chapada das Perdizes	35,98	5575	2,62	21° 36' 57" S; 44° 35' 37" W

2.3 Amostragem dos Scarabaeidae

A seqüência de amostragem foi determinada por sorteio, tendo que cada local sido amostrado durante 48 h (dois dias e duas noites), no período de verão. O intervalo entre a primeira e a última coleta não excedeu a 60 dias, para que fosse evitado ao máximo um eventual efeito de sazonalidade.

Em cada um dos 13 fragmentos foram instaladas 18 armadilhas para coleta de Scarabaeidae, sendo elas dispostas em seis conjuntos de três armadilhas. Os conjuntos foram instalados respeitando-se uma distância mínima de 20 m da borda e 20 m um do outro (Figura 01). Cada conjunto recebeu uma armadilha iscada com fezes humanas, uma com banana em decomposição e outra com carcaça (baço de boi após dois dias em temperatura ambiente). As armadilhas de cada conjunto foram instaladas a 2 m uma da outra. A proximidade entre as armadilhas dos conjuntos permite a escolha de um dos tipos de isca por parte do inseto.

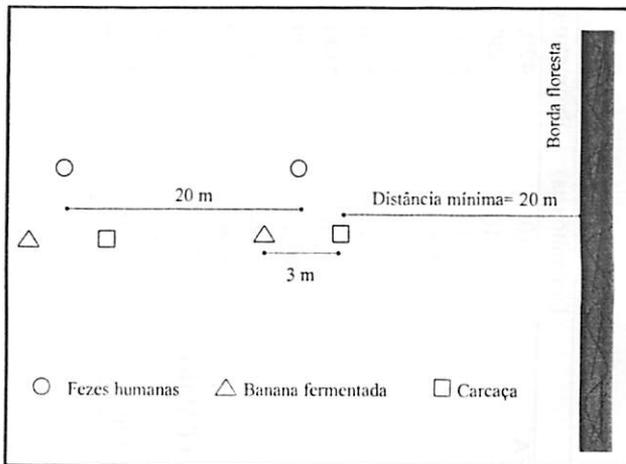


FIGURA 01 – Esquema de distribuição das armadilhas dentro de cada ponto de floresta onde foi realizada amostragem de Scarabaeidae. Adaptado de Louzada (2000).

2.3.1 Armadilha

A armadilha foi do tipo *pitfall*, adaptada para conter isca. Cada *pitfall* foi composto de um recipiente plástico de 19 cm de diâmetro e 11 cm de profundidade, com uma rosca de garrafa *pet* devidamente presa com cola e arrebite ao lado interno do fundo (Figura 02-A e 03); um recipiente plástico porta-isca, de 7 cm diâmetro e 6 cm de profundidade, com uma tampa de garrafa *pet* igualmente presa ao lado externo do fundo, para que, juntamente com o seu complemento (a rosca), mantivesse unidas as duas peças, evitando a perda da isca por ação de vertebrados (Figura 02-B). Uma tampa multiperfurada garantia proteção contra perda da isca e permitia a exalação do odor (Figura 02-C); e ainda uma cobertura de proteção contra chuva (Figura 03).

O *pitfall* foi enterrado no chão com a abertura no mesmo nível do solo (Figura. 03). Dentro foram colocados cerca de 250 ml de solução de detergente líquido a 1,5%. O recipiente contendo a isca foi enroscado ao *pitfall* e devidamente tampado; então, todo o conjunto foi protegido pela cobertura contra chuva.

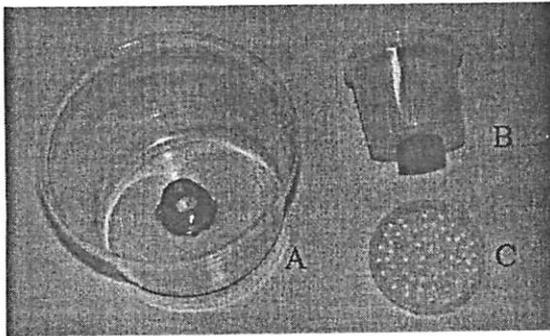


FIGURA 02 – Componentes da armadilha usada para coleta dos Scarabacidae. A- *pitfall*; B- porta-isca; C – tampa do porta-isca.



FIGURA 03 – Armadilha tipo *pitfall* com isca para a captura de Scarabaeidae detritívoros. A – proteção contra chuva.

2.3.2 Identificação dos Scarabaeidae

Todos os Scarabaeidae capturados foram identificados, sempre que possível, em nível de espécie. Esta identificação foi feita através de chaves taxonômicas e comparações com a coleção de Fernando Z. Vaz de Mello (Lavras, Minas Gerais), que ajudou diretamente a confirmar e identificar o grupo. Séries das espécies coletadas foram depositadas nas coleções do Museu de Regional de Entomologia da UFLA e na coleção particular de Fernando Z. Vaz de Mello.

2.4 Análise dos dados

Para o estudo dos dados gerados pela amostragem, foi usado o método de regressão linear. Este método consiste em verificar a existência de uma

relação funcional entre uma variável resposta com uma variável explicativa. A regressão linear pode ser descrita em termos de uma equação matemática:

$$Y = aX + b$$

Em que:

Y = variável resposta;

X = variável explicativa;

a = intercepto; e

b = tangente.

As variáveis explicativas foram: a) área do fragmento florestal; e b) a complexidade da forma do fragmento. Como variáveis resposta foram usados estimadores de riqueza de espécie e o índice de equitabilidade de *Pielou*.

2.4.1 Estimadores de biodiversidade

2.4.1.1 Riqueza de espécies observada

A riqueza de espécies é comumente chamada de diversidade de espécies de um local. É o número absoluto de espécies capturadas (S).

2.4.1.2 Riqueza estimada por rarefação

Para evitar o efeito de amostragem, as amostras foram padronizadas pelo número de indivíduos coletados, usando o método de rarefação. Este método é usado para comparar número de espécies entre comunidades quando o tamanho da amostra é diferente (Moreno, 2001). O cálculo foi feito pelo programa *EcoSim* (Gotelli & Entsminger, 1999). Para cada fragmento, o programa “retirou” aleatoriamente 32 indivíduos (correspondentes ao número de indivíduos da menor amostra). Ao final de mil sorteios, foi calculada a diversidade média esperada para o número de indivíduos padronizados.

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i) n}{N / n}$$

Em que:

$E(S)$ = número esperado de espécies;

N = número total de indivíduos na amostra;

N_i = número de indivíduos na espécie i ; e

n = tamanho da amostra estandardizado.

2.4.1.3 Riqueza estimada por *Jackknife* de segunda ordem

O estimador *Jackknife* de segunda ordem (Jack 2), calculado pelo programa *EstimatS* (Colwell,2000), foi usado para reduzir a variação dos valores estimados da diversidade de espécies. Este estimador baseia-se no número de espécies que ocorrem somente em uma amostra assim como no número de espécies que ocorrem em exatamente duas amostras (Palmer, 1990; Krebs, 1989). Para cada fragmento, o programa randomiza as seis amostras, gerando um número acumulado de riqueza de espécies. Por meio deste valor, é calculado o estimador Jack2, seguindo a fórmula:

$$Jack2 = S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)}{m(m-1)}$$

Em que:

S = riqueza de espécies acumulada;

L = número de espécies que ocorrem somente em uma amostra;

M = número de espécies que ocorrem em exatamente duas amostras; e

m = número de amostras.

2.4.2 Índice de equitabilidade de *Pielou*

O índice de equitabilidade mede a proporção da diversidade observada com relação à máxima diversidade esperada (Magurran, 1988).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener; e

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

Para medida de diversidade foi usado o índice de Shannon-Wiener (H'):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Onde:

P_i = abundância proporcional da espécie i ;

\ln = logaritmo neperiano.

Valores maiores do índice de *Pielou* indicam que todas as espécies estão igualmente abundantes. Valores baixos indicam dominância de poucas espécies na comunidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diversidade de espécies e o efeito da área do fragmento

Foram capturadas 58 espécies de Scarabaeidae, pertencentes a 21 gêneros, os quais estão incluídos em 5 tribos, num total de 2.571 indivíduos (Tabela 02).

A riqueza de espécies de Scarabaeidae não foi correlacionada à área dos fragmentos (Figura 04-a). O mesmo aconteceu com a riqueza prevista pelo estimador de diversidade Jack 2 (Figura 04-b) e a riqueza média obtida através de rarefação para o número padronizado de indivíduos (Figura 04-c).

TABELA 02 – Lista das espécies de Scarabaeidae coletadas em fragmentos de floresta estacional semidecídua nos municípios de Ingaí, Lavras, Minduri, Ribeirão Vermelho, do estado de Minas Gerais: tribo a que pertencem (Hallfiter & Edmond, 1982), estratégia de alocação de recurso e habitat.

Espécies	N	Tribo	Estratégia de alocação	Habitat
<i>Agamopus unguicularis</i> (Harold, 1883)	2	Canthonini	sem informação	mata/campo
<i>Ateuchus</i> sp1	3	Ateuchini	escavador	mata
<i>Ateuchus</i> sp2	5	Ateuchini	escavador	mata
<i>Ateuchus</i> sp3	4	Ateuchini	escavador	mata
<i>Ateuchus</i> sp4	83	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthon</i> sp1	16	Canthonini	rolador	mata
<i>Canthon angularis</i> Harold, 1868	2	Canthonini	rolador	mata
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	5	Canthonini	rolador	campo
<i>Canthidium</i> sp1	71	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthidium</i> sp2	30	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthidium</i> sp3	401	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthidium</i> sp4	25	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthidium</i> sp5	9	Ateuchini	escavador	mata
<i>Canthidium</i> sp6	3	Ateuchini	escavador	mata
<i>Chalcocopris hespera</i> (Olivier, 1789)	145	Coprini	escavador	mata
<i>Coprophanæus jasius</i> (Olivier, 1789)	32	Phanaeini	escavador	mata/campo
<i>Coprophanæus saphirinus</i> (Sturm, 1826)	17	Phanaeini	escavador	mata
<i>Coprophanæus bellicosus</i> (Olivier, 1789)	2	Phanaeini	escavador	mata
<i>Deltochilum rubripenne</i> (Gory 1831)	158	Canthonini	rolador	mata
<i>Deltochilum morbillosum</i> Burmeister, 1873	96	Canthonini	rolador	mata
<i>Deltochilum pseudoicarus</i> Balthasar, 1939	2	Canthonini	rolador	mata/campo

Continuação da Tabela 02 ...

<i>Deltochilum dentipes</i> Eschscholtz, 1822	3	Canthonini	rolador	mata
<i>Deltochilum brasiliense</i> (Laporte, 1840)	7	Canthonini	rolador	mata
<i>Dichotomius</i> sp1	60	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius</i> sp2	17	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius</i> sp3	5	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius</i> sp4	58	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius</i> sp5	1	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius</i> sp6	1	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius mormon</i> (Ljungh, 1799)	222	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius ascanius</i> (Harold, 1869)	3	Coprini	escavador	mata/campo
<i>Dichotomius depressicollis</i> (Harold, 1867)	9	Coprini	escavador	mata/campo
<i>Dichotomius fissus</i> (Harold, 1867)	12	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim, 1929)	127	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius affinis</i> (Felsche, 1910)	166	Coprini	escavador	mata
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	1	Coprini	escavador	campo
<i>Eurysternus parallelus</i> Laporte, 1840	67	Eurysternini	residente	mata
<i>Eurysternus hirtellus</i> Dalman., 1824	29	Eurysternini	residente	mata/campo
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	49	Eurysternini	residente	mata/campo
<i>Eurysternus cyanescens</i> Balthasar, 1939	6	Eurysternini	residente	mata
<i>Ontherus azteca</i> Harold, 1869	5	Coprini	escavador	mata/campo
<i>Onthophagus</i> sp1	3	Onthophagini	escavador	mata
<i>Onthophagus</i> sp2	1	Onthophagini	escavador	mata
<i>Onthophagus</i> sp3	1	Onthophagini	escavador	mata
<i>Onthophagus ranunculus</i> Arrow, 1913	1	Onthophagini	escavador	campo
<i>Paracanthon</i> sp.	1	Canthonini	Sem informação	mata

Continuação da Tabela 02 ...

<i>Phanaeus splendidulus</i> (Fabricius, 1781)	27	Phanaecini	escavador	mata
<i>Scatimus bicarinatus</i> Harold, 1869	12	Ateuchini	sem informação	mata
<i>Scatonomus fasciculatus</i> Erichson, 1835	1	Ateuchini	sem informação	mata
<i>Scybalocanthon</i> sp	167	Canthonini	rolador	mata
<i>Sylvicanthon foveiventris</i> (Schmidt, 1920)	36	Canthonini	rolador	mata
<i>Trichillum</i> sp1	217	Ateuchini	residente	mata
<i>Trichillum</i> sp2	1	Ateuchini	residente	mata
<i>Trichillum</i> sp3	9	Ateuchini	residente	mata
<i>Trichillum hirsutum</i> Boucomont, 1928	5	Ateuchini	residente	mata/campo
<i>Uroxys</i> sp1	123	Ateuchini	sem informação	mata
<i>Uroxys aterrima</i> Harold, 1867	2	Ateuchini	sem informação	mata
<i>Zonocopris</i> sp	5	Canthonini	sem informação	mata/campo

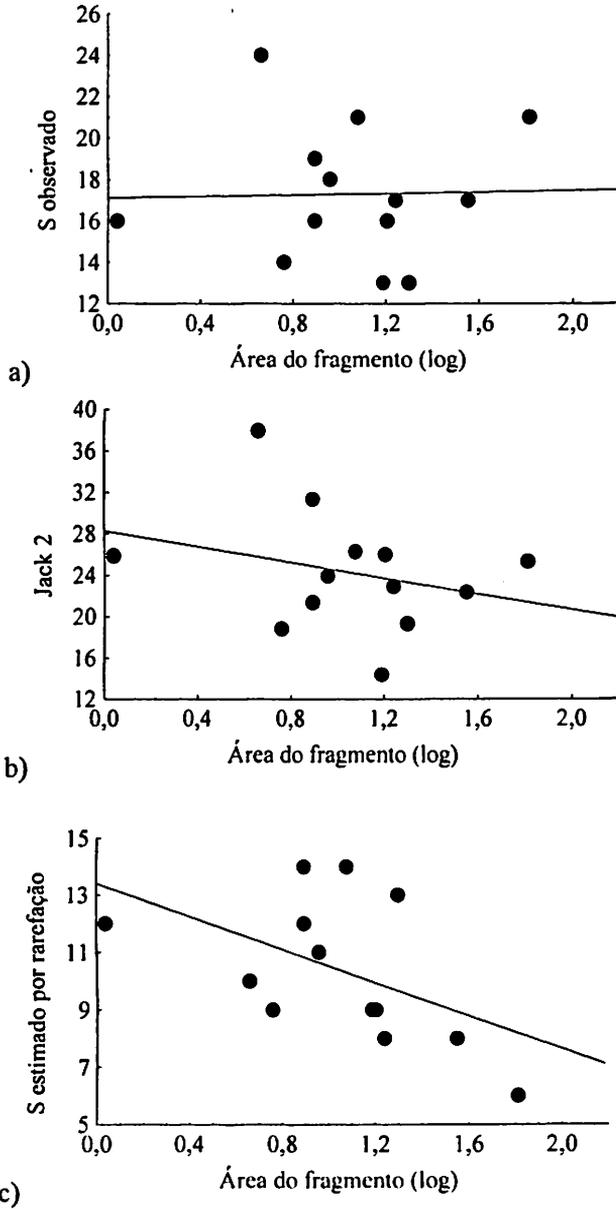


FIGURA 04 - Relação entre: a) riqueza de espécie observada ($R^2= 0,090$; $F_{1,11}=0,005$; $p=0,943$); b) riqueza de espécie estimada pelo estimador Jack 2 ($R^2=-0,003$; $F_{1,11}=0,958$; $p=0,348$); c) riqueza média de espécies estimada por rarefação para o número padronizado de indivíduos ($R^2=0,143$; $F_{1,11}=3,016$; $p=0,348$) e a área dos fragmentos florestais.

3.2 Complexidade da forma do fragmento e a riqueza de espécies

A complexidade da forma dos fragmentos florestais da região estudada repetiu o padrão encontrado por Louzada (2000) sendo positivamente correlacionada à área do fragmento (Figura 05).

Estatisticamente, não houve correlação entre a riqueza de espécies observadas e a complexidade da forma do fragmento florestal (Figura 06-a), nem com a riqueza de espécie estimada pelo estimador Jack 2 (Figura 06-b). Entretanto, a correlação entre a riqueza média de espécies estimada através de rarefação e a complexidade da forma foi significativa (Figura 06-c).

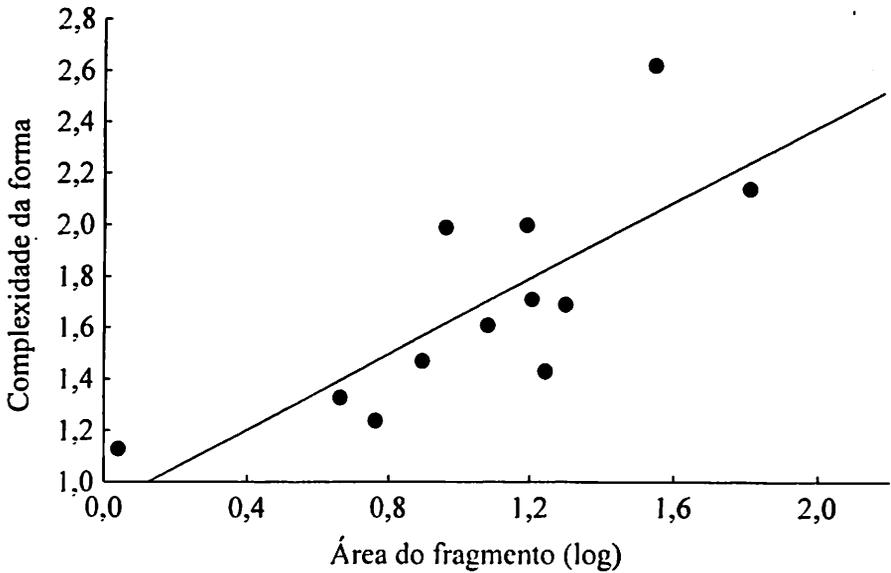


FIGURA 05 – Relação entre a complexidade da forma e a área do fragmento florestal ($Y=0,91+0,733X$; $R^2=0,560$; $F_{1,11}=16,286$; $p=0,001$).

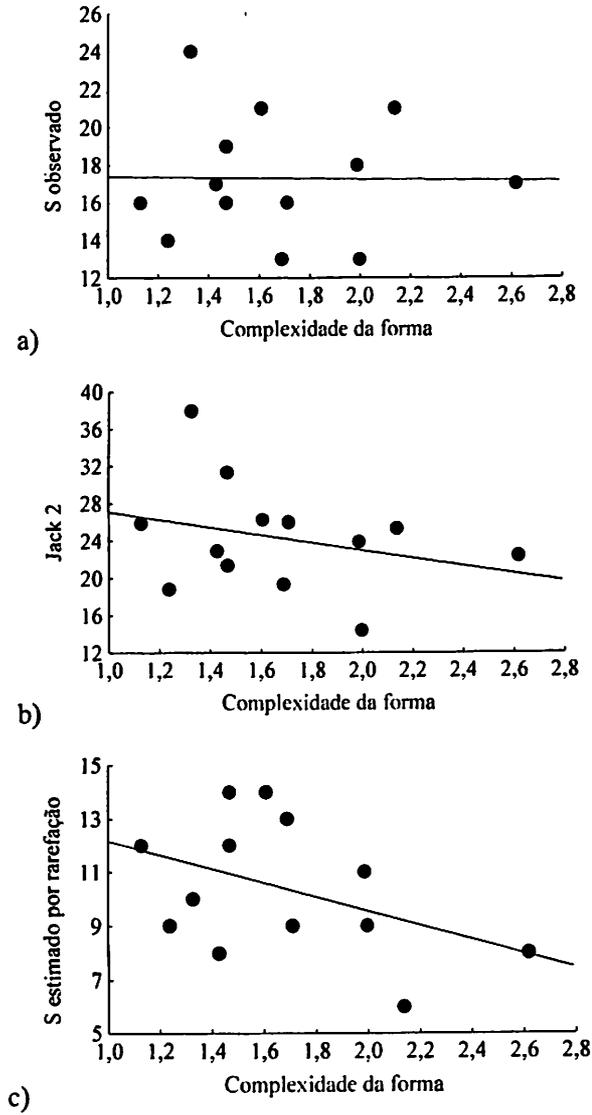


FIGURA 06 – Relação entre: a) riqueza de espécies observada ($R^2=-0,090$; $F_{1,11}=0,002$; $p=0,957$); b) riqueza de espécie estimada pelo estimador Jack 2 ($R^2=-0,001$; $F_{1,11}=1,023$; $p=0,333$); c) riqueza média de espécies estimada por rarefação para o número padronizado de indivíduos ($R^2=0,115$; $F_{1,11}=2,572$; $p=0,137$) e a complexidade da forma do fragmento florestal.

Se considerarmos como padrão a correlação positiva entre a riqueza de espécies e a área do fragmento florestal, como predito por Mcguinness (1984a) e Rosenzweig (1995), sabendo ainda, que neste estudo não houve *Efeito do Artefato de Amostragem* por terem sido padronizadas as amostras, existem pelo menos duas hipóteses para que não tenha ocorrido entre o número de espécies e a área nos fragmentos de floresta estudados (Figura 04): a) o aumento da riqueza de espécies nos fragmentos florestais menores, devido à invasão de espécies, alterando a relação espécie-área; ou b) a diminuição da riqueza de espécies nos fragmentos florestais maiores, devido à dominância de poucas espécies.

Segundo Brown & Kodric-Brown (1977), em áreas menores ocorre o aumento da taxa de colonização por espécies provenientes de ecossistemas vizinhos. Para averiguar se esse processo estava interferindo na riqueza de espécies locais, foi analisado se a proporção de espécies invasoras aumentava com a diminuição da área do fragmento florestal. Estatisticamente não houve significância entre a proporção de espécies invasoras e a área do fragmento ($R^2=-0,009$; $F_{1,11} = 0,882$; $p=0,367$).

Mesmo sem evidência que pudesse sustentar a hipótese de que as espécies invasoras poderiam contribuir para o aumento da riqueza de espécies em fragmentos menores alterando a relação espécie-área, nestas áreas houve invasão de espécies de campo, tais como: *Dichotomius bos*, *Canthon virens* e *Onthophagus ranunculu*.

Algumas espécies de insetos e mamíferos são naturalmente muito abundantes em ecossistemas preservados, dominando em número de indivíduos a comunidade local. Quando o ambiente sofre alguma perturbação (p.ex., queimada e/ou mudança da vegetação) acontece uma queda da população originalmente dominante e outro grupo de espécies passa a dominar o hábitat modificado (Louzada, 1996; Rosa, 2002). O Índice de *Pielou*, que mostra o quão igualmente estão representadas as espécies numa comunidade (Magurran, 1998),

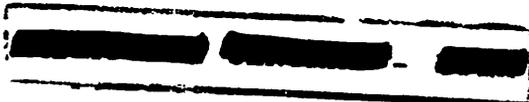
não apresentou correlação estatisticamente significativa com a área do fragmento ($R^2=-0,090$; $F_{1,11}=0,005$; $p=0,943$). Aparentemente não se tem um padrão de aumento da dominância em função do aumento da área.

A complexidade da forma favorece o efeito de borda (Didham, 1997), e quanto mais o interior do fragmento fica exposto a esse efeito, maior a tendência de perda de espécies (Lovejoy et. al., 1986; Hart & Horwitz, 1991). Houve uma diminuição da riqueza de espécies estimada por rarefação, com o aumento da complexidade de forma (Figura 06-b). Essa relação da riqueza de espécies com a complexidade da forma sugere que o efeito de borda diminui a riqueza de espécies de Scarabaeidae em fragmentos florestais maiores na região estudada.

A área sozinha também não explicou a riqueza das espécies (Louzada, 1995, 2000; Speber, 1999) de coleópteros e grilos em fragmentos florestais. Outros fatores, além do tamanho e forma do fragmentos, devem estar envolvidos na distribuição das espécies de Scarabaeidae na região estudada. Possivelmente as variáveis que determinam a riqueza de espécies sejam distintas em outros ecossistemas. Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, nos fragmentos florestais de Mata Atlântica no município de Viçosa, MG, a riqueza de espécies aumentou com a complexidade da forma, quando a amostragem foi proporcional ao tamanho do fragmento (Louzada, 2000).

Sabendo que os Scarabaeidae respondem prontamente às alterações do ambiente (Halffter & Favila, 1993), muitas das mudanças em características ambientais podem estar levando a um padrão de distribuição local que não é detectado pela relação espécie-área.

Assim, uma análise pormenorizada de outras variáveis além da forma e da área do fragmento deve ser realizada para verificar possíveis influências na estrutura das comunidades de Scarabaeidae em fragmentos florestais.



4 CONCLUSÕES

Os resultados permitem afirmar que a comunidade de Scarabaeidae dos fragmentos florestais da região de Lavras, MG, não seguem a relação espécie/área. Aparentemente, a inexistência da relação espécie/área não se deve ao aumento da taxa de invasão de espécie em fragmentos florestais menores, assim como não seria devido à dominância de espécies em fragmentos maiores.'

A diversidade de Scarabaeidae diminuiu com o aumento da complexidade da forma do fragmento florestal. Existem indícios de que as variáveis de desenho influenciam a riqueza de espécie distintamente de acordo com o ecossistema envolvido e/ou taxa envolvido.

5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARRHENIUS, O. Species and area. *J. Ecol.*, v.9, p.95-99, 1921.

BELL, S.S.; MACCOY, E.R.; MUSHINSKY, H.R. **Habitat structure: the physical arrangement of objects in space.** London, Chapman & Hall. p.438 1991.

BRASIL. **Normas Climáticas (1961-1990).** Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília, 1992, 132p.

BROWN, J.H.; KODRIC-BROWN, A. Turnover rates in insular biogeography: Effect of immigration on extinction. *Ecology*, v.58, p.445-49, 1977.

COLEMAN, B.D. On random placement and species-area relations. *Math. Biosc.*, vol. 50, p. 191-215. 1981.

COLWELL, R. EstimatS: Estatistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Sample. Versão 6.0, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. 2000.

DIDHAM, K.D. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. In: LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. (eds.). **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. Chicago: The University of Chicago, p. 55-70, 1997.

ESTRADA, A.; COSTA-ESTRADA, R.; DADDA, A.A.; CAMMARANO, P. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.577-593, 1998.

FONSECA, G.A.B. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 34, p.17-34, 1985.

FREY, G. Parc National de la Garamba. Mission H. de Saeger, - Onthophagini (Coleóptera, Lamellicornia). **Institut des Parcs Nationaux du Congo et du Ruanda-Urundi**, v.21, p. 69-98, 1961.

GILPIN, M.E.; SOULÉ, M. Minimum viable populations: processes of species extinction. In: Soulé, M.E. (ed.). **Conservation Biology. The science of scarcity and diversity**. Sunderland, Sinauer. pp. 19-34. 1986.

GOTELLI, N.J.; ENTSMINGER., G. L. **EcoSim: Null models software for ecology.** Versão 4.0. AcLquired Intelligence Inc. & Kesity-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. 1999.

HALFFTER, G.; EDMOUNDS, W. D. **The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological an evolutive approach.** Mexico, DF, Instituto de Ecologia, 1982. 176p.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying an monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biol. Intern.**, v. 27, p. 15-21, 1993.

HALFFTER, G.; FAVILA, M. E.; HALFFTER, V. Comparative studies on the structure of scarab guild in tropical rein forest. **Fol. Ent. Mex.**, v.82, p.195-238, 1992.

HARRIS, L.D. **The fragmented forest.** Chicago, University of Chicago Press. 211 p. 1984.

HOLT, R.D. Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. **Theor. Pop. Biol.** 12: 197-229. 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1993.

JAENIKE, J. Effect of island area on Drosophila population densities. **Oecologia** 36: 327-332. 1978.

KLEIN, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology*, v. 6, p.1715-1725, 1989.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. Harpenr Collins Publ. 1989. 654p.

LAURENCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. Chicago: The University of Chicago, 1997. 616p.

LEWINSOHN, T.M. Insects in flower heads of Asteraceae in southeast Brazil: a case study on tropical species richness. In: PRICE, P.W., LEWINSOHN, T.M., FERNANDES, G.W., BENSON, W.W. **Plant-animal interactions: evolutionary ecology tropical and temperate regions**. New York: John Wiley & Sons, p. 525-60. 1991.

LOUZADA, J.N.C. **A comunidade de Scarabaeidae s. str. (Insecta, Coleoptera), em fragmentos de floresta atlântica**. Viçosa, MG: UFV, 1995. (Dissertação – Mestrado Entomologia).

LOUZADA, J.N.C. **Efeitos da fragmentação florestal sobre a comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera)**. Viçosa, MG: UFV, 2000. (Tese – Doutorado Entomologia).

LOUZADA, J.N.C.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Efeitos do fogo sobre a comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera) da restinga da Ilha de Guriri, Norte do ES. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H., SOUZA DIAS, B.F.

(eds). **Impactos de queimadas em áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília: UnB, 1996. p.161-169.

MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, New Jersey, 1988. 179p.

MCGARIGAL, K; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p.

MCGUINNESS, K.A. Equations and explanations in the study of specie-area curve. **Biol. Rev.** v.59, 423-40, 1984.

MORENO, C. **Métodos para medir la biodiversidad**. Manuales & Tesis de la Sociedade Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, Espanha. vol. 1, 2001. 81 p.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p.58-62, 1995.

PALMER, M.W. The estimation of species richness by extrapolation. **Ecology**, 71: 1195-1198. 1990.

PATTON, D.R.A. A diversity index for quantifying habitat edge. **Wildlife Soc. Bull.**, v.3, p.171-173, 1975.

ROSA, A.O. Comparação da diversidade de mamíferos não-voadores em áreas de florestas de restinga e áreas reflorestadas com *Pinus elliotti* no sul do Brasil. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2002. (dissertação- mestrado).

ROSENZWEIG, M.L. Species diversity in space and time. Cambridge, Cambridge University Press. 1995, 436p.

SCHEFFLER, P.Y. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) ecology in the intact and modified landscape of Eastern Amazonian. Pennsylvania, USA: The Pennsylvania State University, 2002. (Tesis - Doutored in Ecology).

SPEBER, C.F. Por que há mais espécies de grilos (Orthoptera: Grylloidea) em fragmentos florestais maiores. Rio Claro: Instituto de Biociências, UNESP, 1999. (Tese – Doutorado em Zoologia).

ZEMELLA, M P. O abastecimento da capitania das Minas Gerais no século XVIII. 2. ed. São Paulo, SP: EDUPHUI TEC, 1990.

CAPÍTULO 3

RESUMO

SCHIFFLER, Gustavo. **Influência da estrutura e heterogeneidade de hábitat sobre a riqueza de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais**. Lavras: UFLA, 2003. 18p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Entomologia)¹.

Neste capítulo são apresentadas as relações entre a riqueza de espécies de Scarabaeidae em fragmentos florestais e os fatores estruturais da vegetação e edáficos, na região de Lavras, MG. Foram feitas coletas de Scarabaeidae, variáveis de estrutura de vegetação e de solo, em 6 pontos de cada um dos 13 fragmentos florestais escolhidos para este estudo. Os dados coletados foram analisados em escalas distintas, uma tendo o ponto como unidade amostral (escala fina) e a outra o próprio fragmento (escala grossa). As variáveis ambientais foram ordenadas por técnica de análise multivariada (PCA) e a riqueza de Scarabaeidae foi então correlacionada com os dois primeiros eixos gerados por esta análise, por meio de análise de regressão linear. Outra abordagem foi a análise individual do efeito de cada variável ambiental sobre a diversidade através de regressão linear. Os resultados demonstram que o teor de areia influenciou negativamente a riqueza de espécies tanto em escala fina como em escala grossa. As variáveis de estrutura da vegetação influenciaram de maneira distinta a riqueza de espécies de besouros em cada escala. As principais variáveis de vegetação que tiveram relação com a comunidade de Scarabaeidae foram a densidade, a variação espacial da área basal e da altura das árvores.

Palavras-chave: Scarabaeidae, rola-bosta, comunidade, riqueza de espécies, fragmento florestal, estrutura da vegetação, variáveis edáficas.

¹Orientador: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

ABSTRACT

SCHIFFLER, Gustavo. **The Influence of the Structure and Heterogeneity of Habitat Under the Richness of Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) in forest fragments.** Lavras: UFLA, 2003. 18p. (Dissertation - Master's degree in Agronomy/Entomology)¹.

It is presented in this chapter the relations between structural factors of vegetation and soil under the richness of Scarabaeidae in forest fragments of Lavras region, MG. Scarabaeidae collects, variables of vegetation structure and soil were done in 6 points of the 13 forest fragments chosen for this specific study. The collected data were analyzed in distinct scales, one of them with the point as a sample unity (thin scale) and the other with the fragment itself (thick scale). The environment variables were ordered by techniques of multivariate analyses (PCA) and the first two generated axis were then correlated with the richness of the Scarabaeidae species through the analyzes of linear regression. Another approach was the individual analysis of the effect of each environmental variable about the diversity through linear regression. The results demonstrate that the tenor of sand influenced negatively the species richness in thin and thick scales. The variables of structure of the vegetation influenced in a distinct way the species richness of beetles in each scale. The main vegetation variables that had a relationship with the community of Scarabaeidae were the density, the space variation of the basal area and the height of the trees.

Key words: Scarabaeidae, dung-beetles, community, species richness, forest fragment, structures of the vegetation, soil variables

¹Adviser: Júlio Neil Cassa Louzada - UFLA

1 INTRODUÇÃO

Os insetos da família Scarabaeidae recebem popularmente o nome de rola-bosta. Esses insetos são detritívoros, alimentando-se principalmente de fezes, carcaças e frutos em decomposição (Halfpter & Mathews, 1966). Os rola-bostas são geralmente mais abundantes em alguns hábitats que em outros, com a cobertura vegetal influenciando essa preferência (Howden & Nealis, 1975; Lumart, 1983, Carpaneto, 1986). A maioria dos Scarabaeidae são intimamente ligados ao solo, utilizando-se dele para alocação de recurso, abrigo e nidificação (Halfpter & Mathews, 1966). Algumas espécies modificam sua abundância de acordo com a textura do solo (Lumaret & Kirk, 1991).

A fragmentação florestal causa muitas mudanças físicas e biológicas no ecossistema local, como resultado da perda de hábitat e insularização (Lovejoy *et al.*, 1986; Laurence, 1990). O efeito destas mudanças sobre a biodiversidade pode ser um resultado direto de desmatamento não aleatório de uma determinada área florestal, o que implica na falta de representatividade de um determinado micro-hábitat e/ou de um grupo de espécies em fragmentos isolados, ou um resultado indireto, devido a uma série de causas e efeitos (Zuidema *et al.*, 1996).

As modificações na estrutura da vegetação influenciam diretamente a composição da fauna local (Doube, 1983; Doube & Wardhalgh, 1991; Marini, 2001; Oliveira, 2001). Tal influência se dá pela mudança de características que afetam diretamente a biologia da espécie como: luminosidade, temperatura, umidade, que dão suporte para reprodução, nidificação, forrageamento e seu desenvolvimento (Doube & Wardhalgh, 1991; Halfpter & Mathews, 1966; Marini, 2001; Martinez & Montes de Ocas, 1984; Schwarzkopf & Rylands, 1989).

Neste capítulo será estudada a relação entre características estruturais da vegetação e edáficas sobre a riqueza de Scarabaeidae em fragmentos florestais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Região de estudo e locais amostrados

O estudo foi realizado em 12 fragmentos florestais, com uma fisionomia vegetacional classificada como floresta estacional semidecidual Montana (floresta tropical subcaducifólia), pelo sistema do IBGE (1993). Um dos fragmentos foi amostrado duas vezes, contabilizando, para fins de análise, 13 fragmentos (Tabela 01). Maiores detalhes sobre a região estudada podem ser obtidos na seção 2.1 do capítulo 1, desta dissertação.

2.2 Amostragem dos Scarabaeidae

Em cada um dos 13 fragmentos foram instaladas 18 armadilhas, distribuídas em 6 pontos, as quais permaneceram no campo por 48 horas. Maiores detalhes sobre a metodologia de amostragem dos Scarabaeidae podem ser obtidos na seção 2.3 do capítulo 1.

2.3 Estrutura e heterogeneidade do hábitat

2.3.1 Estrutura da vegetação

Foram estudados 6 pontos por fragmento, totalizando 78, divididos em dois grupos distintos: a) 42 destes pontos foram representados por parcelas com área de 400 m² (20x20 m). Estas fazem parte de um grupo de parcelas estudadas em projetos desenvolvidos pelo professor Ary Teixeira de Oliveira-Filho (DEF/UFLA); b) 36 pontos foram representados por parcelas com área de 78,5 m² (forma circular com 5 m de raio). Em todos os pontos foram tomadas as medidas de:

- 1) Circunferência na altura do peito (*CAP*), a 1,30 m do solo, de todas as árvores com circunferência do tronco maior que 15 cm e distantes até

5 m do centro da parcela. A partir da *CAP* foi calculada a área basal (*AB*), como segue a fórmula:

$$AB = R^2 \pi$$

Em que:

AB= área basal;

R = raio da circunferência

2) Altura de cada árvore (*ALT*) medida no item 1;

3) Densidade de árvores por parcela (*DEN*), a partir da razão entre o número de árvores medidas no item 1 e a área da parcela.

2.3.2. Estrutura e fertilidade do solo

Medidas físicas e químicas do solo foram obtidas por meio de coletas simples de solo no centro de cada parcela (20 cm de profundidade, cerca de 500 gramas), sendo depois submetidas à análise no Laboratório de Análises de Solo da UFLA, seguindo o protocolo da EMBRAPA (1997). Foram quantificados os seguintes parâmetros edáficos:

a) Dados físicos: teores de areia (*AR*), silte (*SI*) e argila (*AG*);

b) Como indicador de fertilidade do solo foi tomado o índice de saturação de bases, expresso pela fórmula:

$$V = \left(\frac{SB}{T} \right) 10$$

Em que:

V= índice de saturação de bases;

SB= soma de bases trocáveis ($K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$);

T= Capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

2.4. Heterogeniedade do hábitat

Para comparar variabilidade na amostra em populações com diferentes médias foi calculado o coeficiente de variação (*CV*). O *CV* é uma razão do desvio padrão e a média, normalmente expresso como uma porcentagem multiplicando por 100 (Fowler & Cohen, 1990), como segue a fórmula:

$$CV = \left(\frac{SD}{\bar{X}} \right) 100$$

Em que:

CV= coeficiente de variação;

SD= desvio padrão;

\bar{X} = média.

Procedeu-se ao cálculo do *CV* sempre que foi possível a obtenção de média dos valores de estrutura da vegetação ou solos. Neste caso, a obtenção de valores médios dependeu da escala de análise adotada.

2.5 Escalas de abordagem

2.5.1 Escala fina

Para analisar a influência de condições ambientais pontuais sobre a riqueza de espécies, independente do fragmento onde este se encontra, foi considerado cada ponto (detalhes sobre os pontos, na seção 2.2 deste capítulo) dos fragmentos como unidade amostral. Nesta escala foram usadas para a análise as seguintes variáveis independentes obtidas em cada ponto: *AB* média, *CV* da *AB*, *ALT* média, *CV* da *ALT*, *AR*, *SI*, *AG*, *V* e *DEN*.

2.5.2 Escala grossa

Para analisar a influência das condições ambientais existentes no fragmento florestal sobre a riqueza de espécies, foi tomada como unidade amostral o próprio fragmento. Nesta escala foram usadas para a análise as

seguintes variáveis independentes obtidas por fragmento: *AB* média, *CV* da *AB*, *ALT* média, *CV* da *ALT*, *AR* média, *CV* da *AR*, *SI* média, *CV* da *SI*, *AG* média, *CV* da *AG*, *V* médio, *CV* do *V*, média da *DEN* e *CV* da *DEN*.

Para esta escala, foi usada como variável dependente a riqueza de espécies estimada pelo estimador Jack2, a riqueza de espécie média estimada por rarefação, além da riqueza de espécies observada (detalhes sobre a obtenção deste índices de riqueza podem ser obtidos na seção 2.4.1, do capítulo 1).

2.6 Análise dos dados

As variáveis de estrutura da vegetação e solos foram submetidas a uma análise de componentes principais (PCA) (Manly, 1986). Esta análise ordena variáveis correlacionadas, de modo que estas possam ser representadas por poucos eixos, componentes principais. Cada componente principal explica uma porção da variação contida no espaço multidimensional e mantém relação com uma ou mais variáveis originais. Esta estratégia permite uma simplificação do universo de variáveis estruturais correlacionadas, além de permitir uma análise abrangente usando poucos graus de liberdade. Para processar a PCA foi usado o programa *PC-ORD* (McCune & Mefford, 1997).

Os dois primeiros componentes principais, produzidos pelo PCA, serviriam como um indicador de mudança conjunta de propriedades da vegetação e solo a eles correlacionados. Na análise em escala fina, a riqueza de espécies foi correlacionada com o posicionamento dos pontos em relação a cada um dos componentes principais (“score”). Na escala grossa o mesmo procedimento foi usado para correlacionar a riqueza de espécies com o *score* de cada fragmento em relação aos eixos da PCA.

Quando não houve correlação entre as variáveis ordenadas pelo PCA, estas variáveis foram submetidas independentemente à análise de regressão linear para verificar o seu efeito sobre a riqueza de espécies.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise em escala fina

A porcentagem de variância explicada pelos dois primeiros eixos do PCA foi de 50,8% (26,6% no eixo 1 e 24,2% no eixo 2). O primeiro eixo representa um gradiente de diminuição no teor de argila, aumento no teor de areia, aumento da fertilidade do solo e aumento da densidade de árvores (Tabela. 03). O segundo eixo representa um gradiente de aumento no teor de argila, na altura média das árvores, na área basal média, na variação espacial da altura das árvores e na variação espacial da área basal.

TABELA 03 – Correlação entre as variáveis de estrutura da vegetação, edáficas e os dois eixos da PCA. Variáveis com coeficientes acima de 30% foram considerados arbitrariamente para caracterizar os eixos.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Teor de areia	0,5240	-0,2314
Teor de silte	-0,2821	-0,1190
Teor de argila	-0,4119	0,3287
Índice de fertilidade dos solos	0,4819	0,0529
Altura média das árvores	0,0932	0,4551
Densidade de arvores	0,4375	0,0314
Área basal média	0,0447	0,5205
Variação espacial da altura das árvores	0,1872	0,4934
Variação espacial da área basal	0,0822	0,3145

A riqueza de espécies foi negativamente correlacionada com o eixo 1 da PCA (Figura 07). A riqueza de espécie não apresentou correlação estatisticamente significativa com eixo 2.

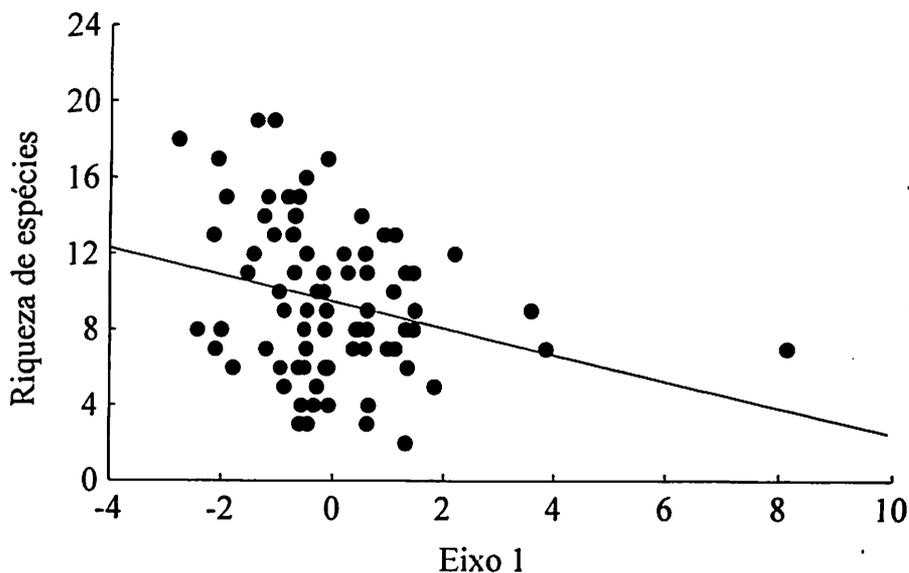


FIGURA 07 – Relação entre a riqueza de espécies de Scarabaeidae e o eixo 1 gerado pela PCA das características estruturais da vegetação e edáficas de pontos amostrado em fragmentos florestais ($R^2= 0,062$; $F_{1,75}= 6,045$; $p= 0,016$).

3.2 Análise em escala grossa

A porcentagem de variância explicada pelos dois primeiros eixos da PCA foi 53,0% (33,7% no eixo 1 e 19,3% no eixo 2). O primeiro eixo representa um gradiente de aumento na variação espacial do teor de areia, aumento na variação espacial do teor de silte, aumento da densidade média de árvores, uma diminuição da variação espacial da altura, diminuição da variação espacial da área basal e diminuição da média do índice fertilidade dos solos. O segundo eixo representa um gradiente de diminuição do teor médio de argila, diminuição da altura média das árvores, diminuição da área basal média e um aumento do teor médio de areia (Tabela 04).

Tabela 04 - Correlação entre as variáveis de estrutura da vegetação e edáficas e os dois primeiros eixos da PCA. Coeficientes acima de 30% foram considerados arbitrariamente de maior peso no eixo.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Teor médio de areia	-0,1813	0,4341
Teor médio de silte	0,0602	0,1450
Teor médio de argila	0,1555	-0,5294
Média do índice de fertilidade dos solos	-0,3504	-0,0733
Variação espacial do teor de areia	0,3166	-0,1599
Variação espacial do teor de silte	0,3094	-0,2355
Variação espacial do teor de argila	0,1422	0,2374
Variação espacial do índice de fertilidade dos solos	0,2778	0,0365
Altura média das árvores	-0,1061	-0,3684
Densidade média de árvores	0,3159	-0,1542
Área basal média	-0,2426	-0,4025
Variação espacial da altura das árvores	-0,4097	-0,1628
Variação espacial da densidade de árvores	-0,2283	-0,0107
Variação espacial da área basal	-0,3651	-0,1343

Não houve correlação estatisticamente significativa entre os eixos 1 e 2 da PCA com a riqueza de espécie, tanto a observada, como a estimada pelo estimador Jack2, ou com a riqueza média estimada por rarefação.

Análise do efeito individual das variáveis

Houve uma correlação negativa, marginalmente significativa entre a riqueza de espécie observada e o teor médio de areia (Figura 08a) e a variação espacial da área basal nos fragmentos florestais (Figura 08b). A riqueza estimada pelo estimador Jack2 teve correlação negativa, marginalmente significativa com o teor médio de areia e a variação espacial da área basal (Figura 08-a e b). A riqueza média de espécies estimada por rarefação correlacionou-se positivamente com a variação da altura (Figura 08 c).

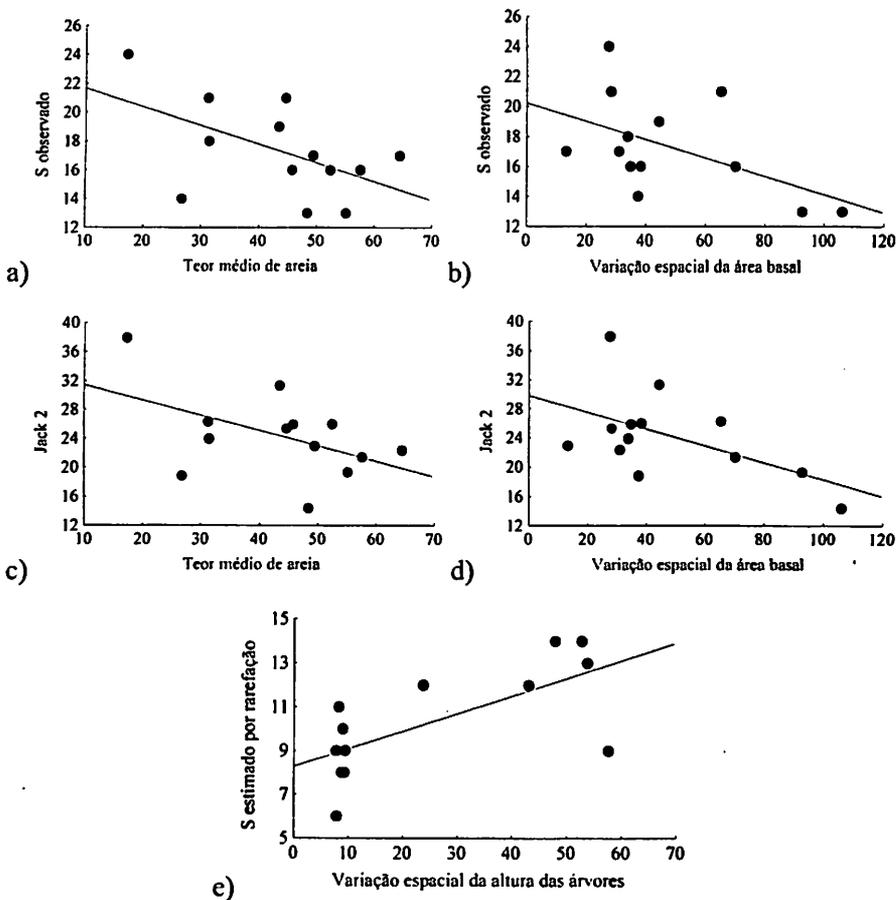


FIGURA 08 - Relação entre a riqueza de espécies observadas de Scarabaeidae e: a) teor médio de areia no fragmento florestal ($R^2 = 0,218$; $F_{1,11}=4,362$; $p=0,060$); b) variação espacial da área basal das árvores no fragmento florestal ($R^2 = 0,194$; $F_{1,11}=3,897$; $p=0,074$). Relação entre a riqueza de espécies estimada pelo estimador Jack 2 e: c) teor médio de areia no fragmento florestal ($R^2=0,168$; $F_{1,11}=3,437$; $p=0,090$); d) variação espacial da área basal das árvores no fragmento florestal ($R^2=0,227$; $F_{1,11}=4,533$; $p=0,056$); e) relação entre a riqueza de espécies estimada por rarefação e a variação espacial da altura das árvores no fragmento florestal ($R^2= 0,415$; $F_{1,11}=9,544$; $p=0,010$).

Os resultados obtidos demonstram que a riqueza de espécies de Scarabaeidae, tanto pontualmente como nos fragmentos florestais, diminui quando aumenta o teor de areia no solo (Figura 07, 08-a e c). Esta resposta possivelmente se deve à íntima relação que este grupo de insetos têm com o solo. Em condições onde a granulicidade do solo é muito alta, a instabilidade das galerias construídas para nidificar é maior (Hanski & Camberfort, 1991). Esse fator pode explicar a maior riqueza de espécies em solos com maior teor de argila, que possuem granulicidade menor que a areia.

Em escala fina, a riqueza de espécies de Scarabaeidae respondeu negativamente à fertilidade do solo. Como a fertilidade está correlacionada com a densidade de árvores ($R^2= 0,044$; $F_{1,76}=4,5724$; $p=0,0357$), é possível que a densidade explique a queda na diversidade de espécies de Scarabaeidae, já que a fertilidade não expressa relação direta com a comunidade de rola-bosta.

Tendo em vista que a alta densidade arbórea nos pontos pode ser devido ao maior número de árvores finas ($R^2= 0,01490845$; $F_{1,76}=2,1653$; $p=0,14528$), a densidade pode estar influenciando de duas formas distintas a riqueza de espécies de Scarabaeidae: a) o local com um adensamento maior pode estar comprometendo a capacidade de vôo, levando a preferência por locais menos adensados; b) a alta concentração de árvores finas pode estar indicando áreas que não oferecem o suporte necessário para a fauna de vertebrados que sustentam os Scarabaeidae, já que a alteração na estrutura da vegetação influencia negativamente a distribuição e a abundância desta fauna de vertebrados (Andrén, 1994).

Na escala grossa, tanto a riqueza de espécies observadas como a estimada pelo estimador Jack2, responderam negativamente a variação espacial da área basal das árvores nos fragmentos florestais (Figura 08-b e d). Nos fragmentos florestais estudados, a área basal possui alta correlação com a altura das árvores ($R^2=0,731$; $F_{1,11}=33,636$; $p<0,0001$). Isto pode ajudar a prever as

condições microclimáticas dos fragmentos. Como os Scarabaeidae são muito sensíveis as essas condições microclimáticas (Martinez & Montes de Oca, 1984), os locais com o maior número de árvores exuberantes devem estar fornecendo condições de luminosidade, temperatura e umidade favoráveis para esses insetos (Halffler & Mathews, 1966; Martinez & Montes de Oca, 1984; Bartholomew & Heinrich, 1978), além de suporte para os produtores de recurso (vertebrados).

Ainda nesta escala, a riqueza de espécies estimada por rarefação respondeu positivamente à variação espacial da altura das árvores ($Y=8,281+0,08X$; $R^2=0,415$; $F_{1,11}=9,544$; $p<0,010$, fig. 08-e). Esta estratificação do dossel aumenta a riqueza de espécies de insetos (Erwin & Scott, 1980; Stork, 1988,1993), assim como a de vertebrados (Mackinnon,1972; Malcolm,1997). Como uma porção significativa dos dejetos produzidos pelos arborícolas não chega ao chão (Davis, 1997), os Scarabaeidae acabam forrageando no dossel (Vaz-de-Mello & Louzada, 1997). A estratificação forma novos habitats (Sutton & Hudson, 1980) a serem explorados pelos Scarabaeidae, o que, provavelmente, estaria aumentando a riqueza de espécies em fragmentos florestais com maior variação espacial na altura das árvores.

A análise feita em escalas diferentes mostrou que algumas variáveis não influenciaram a riqueza de espécies quando analisadas em escala fina, enquanto em escala grossa tiveram significado relevante. Segundo Ricklefs (1990), as manchas de habitat num ambiente podem ser tão pequenas que alguns organismos as reconhecem como um só habitat. Como os Scarabaeidae se movimentam muito dentro do ambiente (Peck & Forsyth, 1982), é possível que eles não percebam variações pontuais de habitat dentro do fragmento florestal, ou reconheçam variáveis ambientais em diferentes escalas espaciais. Assim, possivelmente, respostas a algumas variáveis em escala fina não necessariamente são acompanhadas pela mesma respostas em todas as variáveis.

Quando se fez uma abordagem com o número absoluto de espécies capturadas, a resposta às variáveis ambientais foi semelhante ao número de espécies, levando em consideração a variação espacial na composição de espécies presente nas amostras (Jack2). Contudo, a riqueza de espécies padronizada pelo número de indivíduos coletados (riqueza estimada por rarefação) respondeu a variáveis diferentes. Este fato enfatiza a ocorrência de diferentes padrões de resposta da diversidade biológica a variáveis ambientais, conforme o método que se utiliza para estimá-la. Neste caso, estudos mais detalhados devem seguir para definir a melhor estimativa da riqueza de espécies, a fim de estabelecer uma que responda ao maior conjunto de variáveis, para que se tenha uma caracterização mais fiel da interação da comunidade com o ambiente.

Assim, para evitar uma interpretação errônea das variáveis ambientais que influenciam a riqueza de espécies na comunidade de Scarabaeidae, é necessária a abordagem do fragmento como um todo, já que amostras pontuais da estrutura da vegetação e do solo podem não corresponder ao que, em média, caracteriza o ambiente. Desta forma, as estratégias de avaliações do ambiente com a proposta de conservação das espécies de Scarabaeidae, seriam mais eficazes.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a estrutura da vegetação e do solo influenciam a riqueza de Scarabaeidae nos fragmentos florestais estudados.

Em locais com alta densidade de árvores finas, a riqueza de espécies de Scarabaeidae diminui. Também pode-se concluir que, em diferentes escalas, o teor de areia influencia negativamente a riqueza de espécies de Scarabaeidae.

Contudo, outras variáveis só respondem quando analisadas em escalas maiores. No fragmento como um todo, quando aumenta-se a variação espacial da área basal das árvores, ocorre a diminuição da riqueza de espécies de Scarabaeidae, enquanto que a variação espacial da altura das árvores promove o aumento da riqueza.

Diferentes resultados foram obtidos também quando diferentes estimativas da riqueza de espécies foram utilizadas como variáveis respostas. Isso permite afirmar que diferentes escalas de abordagens devem ser tomadas para analisar as características ambientais que influenciam a riqueza de espécies em uma comunidade a ser conservada e que diferentes estimadores de riqueza podem permitir abordagens distintas sobre a interação do ambiente com as comunidades bióticas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscape with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos*, v.71, p.355-66. 1994.

BARTHOLOMEW, G.A.; HEINRICH, B. Endothermy in African dung beetles during flight, ball making, and ball rolling. *J. Exp. Biol.*, v.73, p.65-83, 1978.

CARPANETO, G.M.; PIATELLA, E. Studio ecologico su una comunita di Coleotteri Scarabeoidei coprofagi nei Monti Cimini. *Boll. Assoc. Romana Entomol.* 40:31-58. 1986.

DAVIS, A.J.; HUIJBREGTS, J.; KIRK-SPRIGGS, A.H.; KRIKKEN, J.; SUTTON, S.L. The ecology and behaviour of arboreal dung beetles in Borneo.

In: N.E. STORK, J. ADIS AND R.K. DIDHAM (eds.). **Canopy Arthropods**. Chapman & Hall, London, pp. 417-432, 1997.

DOUBE, B.M. The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. **Bull. Ent. Res.**, v. 73, p.357-371, 1983.

DOUBE, B.M.; WARDHALGH, K.G. Habitat associations and niche partitioning in an island dung beetle community. **Acta Oecol.**, v.12, p.451-459, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.eds. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212p.

FOWLER, J.; COHEN, L. **Practical statistics for field biology**. Open University Press, Philadelphia, 1990. 227p.

HALFFTER, G.; MATHEWS, E.G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Fol. Ent. Mex.**, v.12/14, p.1-312, 1966.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung beetle ecology**. Princeton, Princeton University Press, 1991b. 481p.

HOWDEN, H.F.; NEALIS, V.G. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). **Biotropica**, 7:77-83, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de vegetação do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1993.

LAURENCE, W.F. Comparative responses of five arboreal marsupial to tropical forest fragmentation. **Journal of Mammalogy**, v. 71, p.641-653, 1990.

LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD JR., R.O.; RYLANDS, A.B.; MALCON, J.R.; QUINTELA, C.E.; HARPER, L. BROWN, K.S., JR.; POWELL, A. H.; POWELL, D.V.N.; SCHUBART, H.O.R.; HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULE, M. E. (ed). **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Massachussetts: Sunderland, 1986. p. 257-85.

LUMART, J.-P. Structure des peuplements de coprophages Scarabaeidae en region méditerranéenne française: Relations entre les conditions écologique et quelques parameters biologiques des espèces. **Bull. Soc. Entomol. Fr.** 88:481-95.1983.

MACKINNON, J.R. **The behaviour and ecology of wild orang-utan, *Pongo pygmaeus***, DPhil Thesis, Oxford, pp. 181-96. 1972.

MALCOLM, J.R. Insect biomass in Amazonian forest fragments. In: N.E. STORK, J. ADIS AND R.K. DIDHAM (eds.). **Canopy Arthropods**. Chapman & Hall, London, pp. 510-33, 1997.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. New York: Chapman and Hall, 1986. 159p.

MARINI, M. Effects of fragmentation on birds of the cerrado region, Brazil. **Bird Conservation International**, v.11, p. 11-23, 2001.

MARTINEZ, , M.I; MONTES de OCAS, E. Observaciones sobre algunos factores microambientales y el ciclo biológico de dos especies de escarabajos rodadores (Coleoptera, Scarabaeidae, Canthon). **Folia Ent. Mex.**, v.91, p.47- 59, 1984.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **Multivariate analysis of ecological data, version 3.0.** MJM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA. 1997.

OLIVEIRA, M.L. Stingless bee and orchid bees (Euglossini) in Terra Firme tropical forest and forest fragments. In: Bierregaard, R. O. Jr; Gascon, C.; Lovejoy, T. E.; Mesquita, R. (eds). **Lessons from Amazonia – the ecology and conservation of a fragmented forest.** Michigan: Sheridan Books, 2001. p 208-219.

PECK, S.B.;FORSYTH, A. Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptera; Scarabaeidae) Behavior, species diversity. **Canadian Journal of Zoology**, 60: 1624-33,1982.

RICKLEFS, R.E. **Ecology.** 3 ed.New York: W.H. Freeman Company, 1990. 896p.

SCHWARZKOPF, L.; RYLANDS, A. B. Primate species richness in relation to habitat structure in Amazonian rainforest fragments. **Biol. Conser.**, v.48, p.1-12, 1989. 1989.

VAZ-DE-MELLO, F.Z.; LOUZADA, J.N.C. Considerações sobre forrageio arbóreo por Scarabaeidae (Coleoptera, Scarabaeidae), e dados sobre sua ocorrência em floresta tropical do Brasil. *Acta Zoológica Mexicana*. 72:55-61, 1997.

ZUIDEMA, P.A.; SAYER, J.A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. *Environmental Conservation*, v.23, p. 290-297, 1996.