

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA:

Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

MESTRADO

**Estrutura da Assembleia de Besouros Scarabaeinae (Coleoptera:  
Scarabaeidae) em Floresta Ripária com Diferentes Situações de  
Conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil**

**Gustavo Viegas**

**São Leopoldo, janeiro de 2012**

**Gustavo Viegas**

**Estrutura da Assembleia de Besouros Scarabaeinae (Coleoptera:  
Scarabaeidae) em Floresta Ripária com Diferentes Situações de  
Conservação em uma Bacia Hidrográfica no Sul do Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós Graduação em Biologia – Diversidade e Manejo da Vida Silvestre da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina Stenert

**São Leopoldo  
2012.**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos

V656e Viegas, Gustavo.

Estrutura da assembleia de besouros scarabaeinae (coleoptera: scarabaeidae) em floresta ripária com diferentes situações de conservação na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil / Gustavo Viegas. – 2012.

92 f. : il. ; 30 cm.

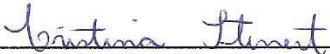
Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, 2012.

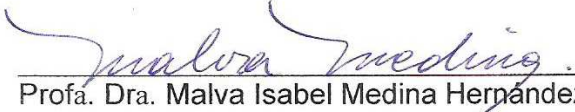
Catlogação na publicação: Bibliotecário Flávio Nunes - CRB 10/1298

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA**  
**Área de Concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre**

A dissertação intitulada '**Estrutura da Assembléia de Besouros Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em Floresta Ripária com diferentes situações de conservação em uma Bacia Hidrográfica no Sul**', elaborada por Gustavo Viegas, foi julgada adequada e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de MESTRE EM BIOLOGIA, com área de concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre.

Membros da Banca Examinadora da Dissertação:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Cristina Stenert, orientadora - Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Malva Isabel Medina Hernandez - Universidade Federal de Santa Catarina.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Alexandre Campos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	08
<b>Abstract</b> .....	09
<b>Apresentação</b> .....	10

### Referencial Teórico

#### Ecologia e Conservação

Fragmentação da Paisagem .....	12
Áreas Ripárias .....	14

#### Invertebrados Terrestres e seus Serviços Ecossistêmicos

Características Gerais .....	17
Uso de Indicadores Biológicos .....	19

#### Scarabaeinae

Diversidade e Distribuição .....	21
Hábitos Alimentares e Características das Guildas .....	22
Serviços Ecossistêmicos e Interações Ecológicas .....	24
Respostas às Mudanças na Paisagem .....	25
Scarabaeinae como Bioindicadores .....	27

### Capítulo 1

Inventário da diversidade de Scarabaeinae em florestas ripárias da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil .....	29
--	----

### Capítulo 2

Influência das diferentes condições de conservação da vegetação ripária na comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil .....	52
---	----

<b>Conclusões</b> .....	84
-------------------------	----

<b>Referências Bibliográficas</b> .....	85
---	----

*Este trabalho é dedicado a todos aqueles que  
de algum modo contribuem com um ambiente saudável,  
e a manter os padrões de qualidade de vida em níveis  
elevados, de forma que todos possam usufruir.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente minha orientadora Dr<sup>a</sup> Cristina Stenert, pela paciência, sugestões e principalmente por aceitar me orientar, mesmo sendo esta uma área de estudo bastante distinta de sua linha de pesquisa tradicional. Agradeço ao Dr. Leonardo Maltchik Garcia, pelo convite para desenvolver este estudo através do Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos - UNISINOS, o qual é coordenado por ele. Agradeço aos meus financiadores FUNDEPE e PETROBRÁS Ambiental, pela bolsa de estudos e todo o apoio financeiro e disponibilização de recursos sem os quais seria impossível realizar este trabalho. Agradeço ao Dr. Uwe H. Schulz, coordenador do Projeto VerdeSinos - Recuperação da Mata Ripária na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, ao qual esta pesquisa está vinculada, pela disposição de tempo, auxílio e materiais, sempre que solicitado. Ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – COMITESINOS, em especial à Viviane Nabinger e Débora C. da Silva, respectivamente diretora executiva e secretária executiva do Projeto VerdeSinos, pelo apoio logístico prontamente disponibilizado sempre que necessário. Agradeço às pessoas que me ajudaram em campo, em especial à Aline B. Moraes e a Jéferson F. Schmidt, pela imensa ajuda em campo, mas também à Thaíse Boelter, Giseli V. Kerkhofen e Andréa Wilhelm, que também ajudaram nos campos em algum momento.

Agradeço ao Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello pelas lições sobre a taxonomia de Scarabaeinae, bem como pela identificação de vários exemplares. Agradeço de forma especial à Dr<sup>a</sup> Malva I. Medina Hernández, com quem tive as primeiras lições sobre Scarabaeinae, e que a partir daí me inspirou a trabalhar com este grupo de organismos. Por fim, mas acima de tudo, agradeço ao Senhor Altíssimo por ter posto em meu caminho pessoas e oportunidades que proporcionaram com que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

A economia humana, saúde e bem estar são intimamente ligados com a funcionalidade do ecossistema. Como interface entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, os habitats ripários são um importante componente na paisagem para muitas espécies. Estudos sobre os padrões das comunidades de insetos em florestas tropicais são extremamente necessários para identificar as conseqüências da fragmentação do hábitat na biota, e auxiliar planos de conservação. Scarabaeinae representa um grupo de insetos globalmente distribuídos, contudo, tanto sua biologia como ecologia são pouco conhecidas para a maioria das espécies. Os rola-bostas são importantes organismos decompositores, envolvidos em muitas funções do ecossistema. Além disso, esses insetos são muito sensíveis à destruição do hábitat, mostrando padrões de organização distintos entre áreas degradadas quando comparados com contínuos florestais. Este estudo teve como objetivo: 1) realizar um inventário da diversidade da fauna de Scarabaeinae e de suas guildas funcionais em ambiente ripário; 2) analisar a dinâmica temporal da comunidade de rola-bostas ao longo de um ciclo anual em florestas ripárias; e 3) avaliar a influência das diferentes condições de conservação da vegetação ripária na riqueza, abundância e composição de Scarabaeinae em uma bacia hidrográfica no Sul do Brasil. O presente estudo foi realizado em florestas ripárias de arroios de segunda ordem com diferentes condições de conservação na porção superior bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, na região Sul do Brasil. Foram alocadas armadilhas de queda com iscas de fezes humanas e carne suína em decomposição, em quatro coletas durante um ciclo anual (2010-2011) em quatro pontos em cada um de três arroios. Um total de 1289 besouros foi coletado, distribuídos em 29 espécies de 11 gêneros. As espécies classificadas como paracoprídeas e telecoprídeas predominaram na comunidade. A riqueza e a composição de besouros variaram entre os pontos com diferentes situações de conservação da vegetação ripária ao longo do período, sendo que a riqueza foi maior na primavera e no verão, bem como nos pontos mais conservados da vegetação ripária. Os rola-bostas parecem indicar grande variabilidade ambiental, e por isso, conhecer as espécies características de cada tipo de ambiente, bem como obter o entendimento das relações entre suas funções ecológicas e os serviços ecossistêmicos que executam é de vital importância para manejos futuros dos ecossistemas. Junto com outros grupos de invertebrados, estes besouros podem prover uma representação taxonômica mais ampla no desenvolvimento de práticas e políticas conservacionistas. Neste sentido, este estudo contribui com informações tanto sobre a abrangência da validade dos conhecimentos sobre Scarabaeinae para as regiões subtropicais, como também na obtenção de conhecimentos para a região Neotropical.

**Palavras-chave:** biodiversidade; bioindicadores; gradiente de variação ambiental; qualidade ambiental.



## ABSTRACT

The human economy, health and well being are intimately connected with the functionality of the ecosystem. As the interface between terrestrial and aquatic ecosystems, riparian habitats are an important component in the landscape for many species. Studies on the patterns of insect communities in tropical rainforests are extremely necessary to identify the consequences of habitat fragmentation on the biota, and assist conservation plans. Scarabaeinae represents a group of insects globally distributed, however both its biology as well as ecology are unknown for most species. The dung beetles are important decomposer organisms, involved in many ecosystem functions. Moreover, these insects are very sensitive to habitat destruction, showing patterns of organization distinguished between degraded when compared to continuous forest. This study had as aim: 1) perform an inventory of the diversity of the Scarabaeinae fauna and their functional guilds in riparian forest ecosystem; 2) analyze the temporal dynamics of dung beetles community by along an annual cycle in riparian forests; and 3) evaluate the influence of different conditions of conservation of riparian vegetation in the richness, abundance and composition of Scarabaeinae in a hydrographic basin in Southern Brazil. This study was performed in riparian forests of second-order streams with different conditions on the upper portion of hydrographic basin of the Rio dos Sinos, in Southern Brazil. Pitfall traps baited with human feces and rotting pork were placed in four samplings during an annual cycle (2010-2011) at four places in each of three streams. A total of 1289 beetles were collected, distributed in 29 species of 11 genera. The species classified as paracopríds and telecopríds predominated in the community. The beetle richness and composition varied among sites with different situations of conservation of riparian vegetation throughout the period, and the richness was highest in spring and summer, as well as in the most conserved riparian vegetation. The dung beetles seem to indicate great environmental variability, and therefore know the species characteristics of each type of environment, as well as gain an understanding of the relationships between ecological functions and ecosystem services that run is of vital importance for future management of ecosystems. Together with other groups of invertebrates, these beetles can provide a broader taxonomic representation in the development of practices and conservation policies. Thus, this study provides information both about the scope of the validity of knowledge about dung beetles to the subtropics, as well as in obtaining knowledge for the Neotropical region.

**Key-words:** biodiversity; bioindicators; gradient of environmental variation; environmental quality.

## APRESENTAÇÃO

O presente estudo foi elaborado de forma que facilite sua futura publicação sob o formato de artigos científicos, após as críticas e sugestões para a melhoria feitas pelos membros da banca examinadora. Por este motivo, algumas informações são repetidas entre os capítulos, principalmente relacionadas com a metodologia e com os resultados gerais. Há inicialmente um Referencial Teórico caracterizado por uma revisão dos estudos prévios sobre os conhecimentos concernentes a área de atuação a que pertence este trabalho. Em um primeiro momento são tratados assuntos referentes à ecologia e conservação, focando nas conseqüências da fragmentação da paisagem, a importância das áreas ripárias para a manutenção dos ecossistemas e da biota associada. Em seguida, são abordadas as características gerais sobre os invertebrados terrestres e sua utilidade como indicadores biológicos, bem como são contextualizados os conceitos atuais sobre estes indicadores biológicos. Por fim, são tratadas as características gerais dos besouros da subfamília Scarabaeinae, que é o grupo de estudo pelo qual se pretende verificar os efeitos da modificação do ambiente ripariano natural em meio a uma matriz agrícola.

Estes assuntos abordados no Referencial Teórico servem como sustentação e conhecimentos básicos para as discussões dos resultados a partir de dados obtidos em campo, que se seguem nos dois capítulos subseqüentes. Estes capítulos apresentam resultados inéditos, em especial para a fauna de Scarabaeinae no local do estudo, pois este é o primeiro estudo sobre Scarabaeinae realizado nesta área, bem como traz informações sobre a abrangência dos conhecimentos prévios sobre os rola-bostas para áreas subtropicais do Neotrópico, além de abrirem-se a partir deste trabalho novas hipóteses sobre os fatores que influenciam a distribuição global de Scarabaeinae. O primeiro capítulo traz um levantamento faunístico para a área de estudo, bem como uma breve caracterização de suas

guildas funcionais encontradas neste ambiente, e o segundo capítulo apresenta os resultados para as variações nos padrões de distribuição destes insetos conforme a modificação de seu hábitat. Por fim, são feitas algumas considerações finais sobre o uso de Scarabaeinae como ferramentas que contribuem com a conservação e sua aplicação em trabalhos, em especial de manejo adaptativo.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Ecologia e Conservação

#### Fragmentação da Paisagem e Desmatamento

O desmatamento inevitavelmente resulta em fragmentação (Andresen, 2003), bem como constitui a maior ameaça para a biodiversidade (Sinclair *et al.*, 2006). Quando florestas são fragmentadas através do corte raso ou outras alterações do hábitat, os componentes das populações, tais como, por exemplo, o *pool* gênico (Hanski & Gilpin, 1997), também são afetados (Klein, 1989). As altas taxas de desmatamento têm levado a uma perda sem precedentes da biodiversidade em florestas tropicais úmidas (Mace *et al.*, 2005). Assim, a conservação da biodiversidade é um importante desafio considerando o alto nível de distúrbios antrópicos em ecossistemas naturais e sua resultante fragmentação (Viana & Pinheiro, 1998).

As florestas tropicais úmidas do mundo vêm desaparecendo em uma taxa alarmante que excede 150.000 km<sup>2</sup> por ano (Whitmore, 1997). No Brasil, a Mata Atlântica, que originalmente ocupava uma área de 1,3 milhões de km<sup>2</sup> (Brooks & Balmford, 1996), com alta riqueza de espécies e altos níveis de endemismo (Brown & Brown, 1992). Este bioma é o mais ameaçado dentre os de florestas tropicais, principalmente em decorrência da extração de madeira e crescimento populacional humano.

A expansão e intensificação agrícola nos trópicos têm modificado a paisagem onde fragmentos florestais remanescentes são encontrados dentro de uma matriz agrícola e de assentamentos humanos (Turner, 1996; Nyeko, 2009). A conversão de florestas primárias para monoculturas e agricultura intensiva inevitavelmente leva a uma drástica perda da

biodiversidade (Gardner *et al.*, 2008). Além disso, muito das práticas de produção agrícola, principalmente relacionadas ao uso de insumos e defensivos, têm sido associados com a degradação do solo e recursos hídricos (National Research Council, 1989). Quando uma área é desmatada para propósitos agrícolas, ocorrem sérias mudanças ambientais, tais como aumento na oscilação na temperatura do ar e do solo e mudança no suprimento de recurso alimentar para diferentes espécies de animais (Rambaldi & Oliveira, 2003).

Por outro lado, as pressões contínuas para novas áreas de pasto levam à ocupação de áreas florestais, gerando extinção local de muitas espécies da fauna e flora (Garay & Dias, 2001). Em muitos casos, o desflorestamento ocorre apenas pelo corte de árvores enquanto em outros casos isso é acompanhado de fogo intencional (Loyola *et al.*, 2006). Estas técnicas podem levar a degradação do solo e o surgimento de áreas sem cobertura, que aceleram fortemente a erosão (Silva, 1996), podendo causar diferentes impactos na fauna local, incluindo artrópodes de solo (Loyola *et al.*, 2006). Além disso, o fogo pode mudar a cobertura florística, diminuindo a quantidade de espécies arbóreas e aumentando o estrato de espécies arbustivas (Loyola *et al.*, 2006).

Florestas secundárias são de particular importância para a conservação da biodiversidade uma vez que sua extensão tem aumentado nos trópicos (Mace *et al.*, 2005). Tem sido argumentado que tanto florestas plantadas quanto em regeneração natural podem prover importantes benefícios ambientais em termos de bens e serviços ecossistêmicos (Myers, 1997). O entendimento do valor de habitats secundários e de seu estado de regeneração natural, para diferentes táxons, é incompleto devido a grande variação nos resultados de estudos com certos grupos de vertebrados ao longo do gradiente de degradação florestal (Fazey *et al.*, 2005). Klein (1989) chamou a atenção para a necessidade do desenvolvimento de estudos mensurando os efeitos da fragmentação

florestal sobre grupos de espécies no sentido de caracterizar as respostas das comunidades bióticas e de seus respectivos ecossistemas, compilando dados para a elaboração de ferramentas práticas e úteis para trabalhos de monitoramento e manejo adaptativo.

A economia humana, saúde e bem estar são intimamente ligados com a funcionalidade do ecossistema (MEA, 2005). Atualmente, muitos estudos têm evidenciado as conseqüências dos impactos antrópicos sobre a biodiversidade em florestas tropicais úmidas, particularmente impactos na composição de espécies e a possibilidade de mudanças irreversíveis nas florestas tropicais úmidas decorrentes do corte de madeira (para uma revisão, veja Davis *et al.*, 2001). As informações sobre a homogeneidade/heterogeneidade da composição de espécies entre ambientes são fundamentais para possibilitar a compreensão e monitoramento das alterações que ocorrem na biota, seja como resultado de fenômenos naturais, seja provocado por ações antrópicas (Lawton *et al.*, 1998; Moreno & Halffter, 2001; Magurran, 2004). Por isso, há a necessidade de uma maior atenção para o estudo de paisagens modificadas pela ação do homem, que são cada vez mais comuns em todas as regiões do mundo (Moreno & Halffter, 2001), pois como vem sendo discutido, a relação bem caracterizada entre a biodiversidade e suas funções no ecossistema é a chave para prever os impactos ecológicos e econômicos das atividades humanas (Armsworth *et al.*, 2007).

### **Áreas Ripárias**

Como interface entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, os habitats ripários são um importante componente na paisagem para muitas espécies silvestres (National Research Council, 2002). Ecossistemas de rios e riachos e suas áreas ripárias são sensíveis às

modificações da paisagem circundante pelo uso da terra, tais como o desenvolvimento urbano, a agricultura e a silvicultura (Marczak *et al.*, 2010). As características particulares dos habitats de áreas ripárias (acesso ou proximidade da água, alimento, estrutura, microclima, etc.) são essenciais para a manutenção de muitos componentes da biodiversidade e dos processos ecossistêmicos (Richardson & Danehy, 2007), além de auxiliarem na dispersão e deslocamento de organismos terrestres, permitindo a formação de corredores ecológicos (Naiman *et al.*, 2005). Florestas ripárias e ecossistemas aquáticos trocam recursos nutricionais através de processos importantes, tais como, a entrada de liteira e de insetos terrestres no ecossistema aquático, e a emergência e dispersão de insetos aquáticos para a floresta ripária, que reciprocamente aumentam a produção e a biodiversidade em ambos os habitats (Nakano & Murakami, 2001; Marczak & Richardson 2007).

Estes ecossistemas oferecem serviços legalmente protegidos (Código Florestal, 2001) como forma de preservar principalmente a integridade e qualidade dos recursos hídricos, mas também como forma de contribuir com a preservação da biodiversidade. Tais ambientes providenciam habitats de alimentação e residência para diversas espécies da fauna terrestre e aquática (Marczak *et al.*, 2010), fornecem estabilidade às margens e reduzem a entrada de nutrientes e sedimentos no ecossistema aquático (Trimble & Mendel, 1995; Owens *et al.*, 1996). Nas últimas décadas, zonas de amortecimento ripário, ou zonas ripárias, têm sido empregadas como uma ferramenta da conservação no sentido de manter os processos e funções naturais (e.g., interceptação de sedimentos, retenção de nutrientes, sombreamento, entrada de grandes árvores, e entrada de liteira) em ecossistemas lóticos e conseqüentemente a proteção de organismos aquáticos (Richardson *et al.*, 2005).

As zonas ripárias têm sido freqüentemente aplicadas com uma abordagem de guarda-chuva para conservar espécies terrestres (Marczak *et al.*, 2010). O tamanho ou largura da faixa ripária é uma informação importante que pode ser utilizada como critério para políticas de conservação da biodiversidade em florestas ripárias (Marczak *et al.*, 2010). Keller *et al.* (1993) sugeriram que uma zona com 100 m de largura é necessária para a proteção de funções ecológicas de florestas ripárias decíduas. Entretanto, uma zona ripária com largura de 30 m tem sido padronizada mesmo com alguns estudos demonstrando que essa largura de faixa ripária não é suficiente para manter organismos terrestres a um nível comparável a áreas não perturbadas pela ação antrópica (Lee *et al.*, 2004; Marczak *et al.*, 2010).

Apesar de poucos estudos terem sido realizados para avaliar a importância de ecossistemas ripários para a conservação de animais terrestres, alguns estudos constataram que zonas ripárias estreitas não mantêm adequadamente a fauna terrestre, especialmente espécies de interior de floresta (Marczak *et al.*, 2010). Por outro lado, o alto valor das áreas ripárias para a biodiversidade terrestre tem levado à proteção no sentido de conservar mais amplamente tanto espécies ripário-dependentes como ripário-associadas (Marczak *et al.*, 2010). A maioria dos estudos realizados com a fauna terrestre em áreas ripárias está relacionada com a avifauna, pequenos mamíferos e anfíbios, com poucos estudos sobre invertebrados, grandes mamíferos e répteis (Marczak *et al.*, 2010). Entretanto, algumas espécies insetívoras, tais como morcegos (Chiroptera), aranhas (Araneae), e libélulas (Odonata), que forrageiam em zonas ripárias podem considerar estas áreas como manchas de hábitat com alta qualidade (Marczak *et al.*, 2010).



## **Invertebrados Terrestres e seus Serviços Ecossistêmicos**

### **Características Gerais**

Os invertebrados, e entre estes predominantemente os insetos, correspondem ao grupo mais abundante e que apresenta a maior parte da biodiversidade global, estando presentes em quase todos os ecossistemas (Erwin, 1982; Ruppert *et al.*, 2005), e compreendendo em torno de 94% da biomassa animal nos ecossistemas em que ocorrem (Fittkau & Klinge, 1973). Esses organismos atuam em muitos processos ecológicos nos ecossistemas naturais (Miller, 1993; Godfray *et al.*, 1999; Wall & Moore, 1999). Além disso, apresentam grande importância na teia trófica (Main, 1987), tanto como itens alimentares (especialmente de pássaros em nidificação; Benson *et al.*, 2007) quanto atuando como predadores (principalmente de outros invertebrados; Loyola *et al.*, 2006) e, por isso, são importantes na transferência de energia ao longo das teias tróficas (Watts & Didham, 2006).

Apesar do vasto conhecimento sobre os processos e funções do ecossistema (Didham *et al.*, 1996; Davis *et al.*, 2001), ainda há uma grande escassez de informações sobre os padrões das comunidades de insetos em florestas tropicais úmidas, particularmente em relação a distúrbios, naturais ou antrópicos, que ocorrem no ecossistema (Sutton & Collins 1991). As comunidades de artrópodes terrestres desempenham um importante papel na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica, bem como na polinização, e atuando como parasitas, catadores/carniceiros, e presas (Loyola *et al.*, 2006). A composição de espécies e estrutura da comunidade dos artrópodes depende de muitos fatores, tais como o tipo de vegetação e de solo, clima local e diversidade de micro-habitats (Schowalter & Sabin, 1991), o que

pode afetar os processos de decomposição, alterando assim o funcionamento de ecossistemas específicos (Richards, 1974; Silva 1996). Tais estudos são extremamente necessários para identificar as conseqüências da fragmentação do hábitat na biota, e auxiliar planos de conservação (Klein, 1989).

Os serviços ecossistêmicos são um subconjunto das funções ecológicas que são diretamente relevantes às condições humanas de saúde e bem-estar (De Groot *et al.*, 2002), tanto em valoração monetária como em benefícios à saúde e bem-estar. Em florestas tropicais, onde a frugivoria é predominante na biomassa de vertebrados e 75% das espécies arbóreas produzem frutos aparentemente adaptados para o consumo por animais, os estudos sobre dispersão de sementes são particularmente importantes (Andresen, 2003). As sementes que são dispersas pela defecação de mamíferos são freqüentemente depositadas em amontoados fecais (Andresen, 2000). Assim, a dispersão secundária de sementes realizada por invertebrados desempenha um papel importante no recrutamento de plantas em ecossistemas de florestas tropicais (veja Nichols *et al.*, 2008).

As comunidades de invertebrados terrestres são fortemente influenciadas por fatores ambientais (Schoener, 1986), de forma que variações microclimáticas podem afetar sua termo-regulação, taxa de desenvolvimento, sincronia em sistemas parasito-hospedeiro (Weiss *et al.*, 1988; Fleishman *et al.*, 2000; Hellmann, 2002), bem como outras interações ecológicas. A presença desses organismos em um determinado ecossistema indica que suas características biológicas e ecológicas permitem tolerar tais condições do ambiente (i. e., temperatura, umidade), e respondem rapidamente quando o ambiente muda em decorrência de perturbações, refletindo em mudanças na estrutura de suas comunidades (Reichman *et al.*, 1993). Nesse sentido, os invertebrados em geral proporcionam uma base para a racionalização sobre os processos ecológicos dentro de florestas tropicais (Grimbacher &

Stork, 2009), e por isso, são considerados sensíveis e importantes indicadores do estado de conservação dos ecossistemas naturais (DenBoer, 1977; Lindorth, 1992; Kremen *et al.*, 1993) e podem servir como uma ferramenta na elaboração de indicadores qualitativos do hábitat.

### **Uso de Indicadores Biológicos**

O estado de saúde do ecossistema é definido a partir de sua resiliência, sobre os riscos ou pressões de ameaça na composição, estrutura e/ou função do ecossistema (Rapport, 1995; Hilty & Merenlender, 2000). Apesar das proposições feitas por Noss (1990) a respeito da distinção dos atributos para mensurar a composição da biodiversidade (composicional, estrutural e funcional), o uso de táxons indicadores para a conservação biológica ainda tem poucas metodologias bem estabelecidas (Hilty & Merenlender, 2000). A diversidade de um ecossistema, bem como a diversidade estrutural e funcional, é de algum modo, refletida em casos especiais no número de espécies presentes (Duelli & Obrist, 2003). Assim, a meta de monitorar a saúde do ecossistema é identificar mudanças químicas, físicas e/ou biológicas devido aos impactos humanos (Hughes *et al.*, 1992).

Como a biodiversidade, mesmo em uma pequena área, é muito complexa para ser mensurada e quantificada em toda sua abrangência, indicadores adequados precisam ser estabelecidos (Duelli & Obrist, 2003). Táxons indicadores são espécies ou grupos taxonômicos cujos parâmetros, tais como densidade, presença ou ausência, e sobrevivência de juvenis, são usados para avaliar níveis de toxicidade, abundância de recursos específicos, níveis de biodiversidade, status do táxon alvo, níveis de endemismo, e saúde do ecossistema (para uma revisão detalhada veja Hilty & Merenlender, 2000). Em

pesquisas científicas, indicadores da biodiversidade podem ser usados como quantificadores de fatores ambientais (Duelli & Obrist, 2003).

Até o início da década de 1990, as pesquisas sobre bioindicadores estavam concentradas em indicadores da “saúde ambiental” ou processos ecológicos, tais como distúrbios, impactos humanos, mudanças ambientais ou globais (Dufrene & Legendre, 1997; Duelli & Obrist, 2003). Após a Convenção Rio 1992, a atenção dos pesquisadores voltou-se principalmente para pesquisas sobre indicadores da biodiversidade propriamente dita (Noss, 1990; Duelli & Obrist, 2003). Indicadores da biodiversidade devem ser considerados por suas correlações lineares com a parte da biodiversidade que indicam (Duelli & Obrist, 2003), sendo que essa relação pode ser (e têm um poder explanatório maior quando o é) espécie-específica, pois cada aspecto da biodiversidade requer um indicador (Duelli & Obrist, 2003). Por outro lado, indicadores da qualidade do hábitat, ou de mudanças na paisagem, refletem mudanças sutis em condições bióticas e abióticas como um todo e/ou no funcionamento do ecossistema (i. e., Dufrene & Legendre, 1997; Nichols *et al.*, 2007; 2008).

Não há um indicador único para a biodiversidade. A escolha de indicadores depende do aspecto ou individualidade da biodiversidade a ser avaliada e é determinada por um sistema de valor baseado em motivações pessoais e profissionais (Duelli & Obrist, 2003). O custo de usar um táxon em particular depende da localização, circunstância, e a disponibilidade de recursos (Hilty & Merenlender, 2000). Táxons selecionados como indicadores devem ter distribuição cosmopolita para permitirem comparações de áreas entre diferentes partes do mundo (Noss, 1990; Hilty & Merenlender, 2000; Nichols *et al.*, 2007). Além disso, a limitação de mobilidade entre ambientes distintos também é um importante critério para a seleção, pois reduz as possibilidades destes organismos

escaparem do distúrbio (Landres *et al.*, 1988; Johnson *et al.*, 1993). Aliado a estes critérios, é preferível a seleção de táxons o mais próximo de espécies possível, pois espécies dentro de um táxon elevado (i. e., família) podem variar dramaticamente entre áreas, bem como em suas características de nicho, dificultando as comparações, e um táxon pode ser um indicador apropriado apenas em parte desta abrangência (Landres *et al.*, 1988).

## **Scarabaeinae**

### **Diversidade e Distribuição**

Os rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) são um grupo de insetos globalmente distribuídos, com sua maior diversidade em florestas tropicais e savanas (Hanski & Cambefort, 1991). A sazonalidade de suas populações é nítida em florestas tropicais, com grande elevação da abundância após o início do período chuvoso, sendo que a maioria das espécies de Scarabaeidae está restrita a áreas onde a precipitação ultrapassa 250 mm por ano e que não apresentam temperatura média abaixo de 15 °C (Halffter & Matthews, 1966).

A subfamília Scarabaeinae compreende em torno de 12 tribos, 234 gêneros, e 6000 espécies encontradas em abrangência global (principalmente nas regiões tropicais), contudo, tanto a biologia como a ecologia são pouco conhecidas para a maioria das espécies (Hanski & Cambefort, 1991). Para muitos grupos há pouca informação taxonômica, especialmente no caso dos gêneros compostos por espécies de pequeno porte (Gill, 1991), ainda hoje. Na região Neotropical, Scarabaeinae está distribuída sobre grandes áreas de florestas tropicais com longa história evolutiva, e altamente rica em

espécies, existindo registros de mais de 1250 espécies, com aproximadamente 70 gêneros em 9 tribos (Hanski & Cambefort, 1991). Para o Brasil, até o ano 2000, estavam registradas 618 espécies, distribuídas em 49 gêneros, com 323 de que são endêmicas no país (Vaz-de-Mello, 2000), mas provavelmente este número é superior a 1200 espécies, de forma que faltam dados para muitas regiões (Vaz-de-Mello, 2000). Neste sentido, é necessária a realização de estudos mais abrangentes no âmbito da taxonomia, biologia e ecologia deste grupo, já que, apesar de muitos estudos terem sido desenvolvidos, ainda há uma grande falta de informações sobre a biologia e ecologia de muitas espécies da fauna Sul Americana de Scarabaeidae, em especial sobre a fauna de rola-bostas no bioma Mata Atlântica (e. g., Vaz-de-Mello, 2000; Hernández, 2002; Endres, *et al.*, 2005; 2007; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009).

### **Hábitos Alimentares e Características das Guildas Funcionais**

A evolução do comportamento alimentar em Scarabaeidae provavelmente iniciou com a saprofagia, e posteriormente veio a se especializar em coprofagia (devido ao grande número de espécies com esse tipo de dieta), e pode ter causado a dispersão ecológica do grupo (Halfpter & Matthews, 1966; Halfpter & Halfpter, 1989). Os besouros Scarabaeinae são popularmente conhecidos como “rola-bostas”, devido ao fato de alguns de seus representantes prepararem uma bola de excremento que é rolada até o local de consumo ou armazenamento, sendo essa uma característica peculiar do grupo (Halfpter & Matthews, 1966; Halfpter & Favila, 1993). Ligações ecológicas entre rola-bostas e mamíferos têm demonstrado um importante papel na formação evolutiva dos Scarabaeinae e na estrutura dessa comunidade existente por no mínimo 40 milhões de anos (Hanski & Cambefort,

1991). Recentes evidências fósseis de tocas de provisões de esterco sugerem fortemente que rola-bostas coprófagos estavam associados a dinossauros mesmo antes da diversificação dos mamíferos (Chin & Gill, 1996).

Grandes coprófagos, as espécies de rola-bostas se alimentam do componente líquido rico em micro-organismos das excretas de mamíferos (e menos comumente de outros vertebrados, como também frutos podres, fungos e carniça) e usam o material mais fibroso para o ninho de suas larvas (Halffter & Matthews, 1966; Halffter & Edmonds, 1982). A reprodução e a alimentação estão associadas, muitas vezes, ao transporte do recurso alimentar a um local distante da fonte original, evitando assim a competição com outros grupos de animais que utilizam os mesmos recursos, como por exemplo, dípteros e mamíferos, assim como outros escarabeíneos (Hanski & Cambefort, 1991).

Devido às manchas de recurso formadas pelas excretas serem frequentemente disputadas, as diferentes espécies de rola-bostas tem desenvolvido diferentes estratégias para adquirirem uma parte do recurso (Halffter & Edmonds, 1982). Muitos rola-bostas usam uma de três amplas estratégias de nidificação, cada qual com implicações para as funções ecológicas. As espécies paracoprídeas (“tuneleiras”) enterram a bola do recurso para a ninhada em câmaras verticais nas proximidades da área do depósito original, enterrando imediatamente abaixo da fonte do alimento e empurrando porções da excreta dentro dos túneis (Lumaret *et al.*, 1992). As espécies telecoprídeas (roladoras) fazem bolas com as excretas e as rolam para locais distantes da fonte do recurso e de outros besouros, e escondem no solo (Lumaret *et al.*, 1992). As espécies endocoprídeas (residentes) nidificam e criam seus juvenis dentro da massa fecal (vivem e se alimentam no interior da excreta) (Hanski & Cambefort, 1991; Lumaret *et al.*, 1992; Nichols *et al.*, 2008). A transferência de sobras frescas depositadas abaixo da superfície do solo pelas espécies de rola-bostas

“tuneleiros” e “roladoras” fisicamente realoca nutrientes ricos em matéria orgânica e instiga mudanças químicas e de microorganismos nas camadas superiores do solo (Nichols *et al.*, 2008).

### **Serviços Ecossistêmicos e Interações Ecológicas**

Os rola-bostas são importantes organismos decompositores, envolvidos em alguns papéis-chave para o funcionamento do ecossistema, tais como dispersão secundária de sementes, ciclagem de nutrientes, aeração do solo e controle de parasitas de vertebrados (pela remoção da fonte da infecção) (Andresen & Feer, 2005). Além disso, algumas espécies podem estar envolvidas na polinização (Estrada *et al.*, 1998; Vulinec, 2002), bioturbação (realocação e mistura de partículas de sedimento por animais ou plantas), no aumento no pH do solo, trocas catiônicas, e na inibição da volatilização de  $\text{NH}_3$ , principalmente pelos ninhos-bola (veja Nichols *et al.*, 2008). Nesse sentido, os rola-bostas são um importante componente da fauna de insetos em sistemas de florestas tropicais (Davis *et al.*, 2001; Gardner *et al.*, 2008). Além disso, podem ser considerados importantes para a produtividade agrícola e regeneração florestal (Nyeko, 2009), pois desenvolvem um importante papel no aumento da produtividade primária e supressão de parasitas de criações de gado (Nichols *et al.*, 2008). Neste sentido, seus “serviços ecossistêmicos” freqüentemente também providenciam benefícios econômicos importantes para o ser humano (De Groot *et al.*, 2002).



## Respostas às Mudanças na Paisagem

A perda, modificação e fragmentação de florestas tropicais, tais como mudanças na cobertura vegetal, condições edáficas, e composição da mastofauna (Davis, 1996), têm levado muitos táxons à extinção local, especialmente nas comunidades de rola-bostas restritas a florestas (Nichols *et al.*, 2007). Em regiões tropicais com cobertura formada por floresta, os impactos antrópicos influenciam os rola-bostas por afetarem deletariamente a sobrevivência de espécies restritas à floresta e pela invasão por espécies nativas e exóticas de áreas abertas que encontram condições favoráveis ao seu estabelecimento e manutenção em florestas modificadas, competindo com as espécies de interior de floresta (Halffter & Arellano, 2002). O nível de radiação solar influencia fortemente a atividade dos rola-bostas, de forma que uma das maiores influências das atividades humanas sobre as comunidades de rola-bostas ocorre através do efeito desses impactos sobre a cobertura vegetal (Lobo *et al.*, 1998; Halffter & Arellano, 2002). Como colocam Hernández & Vaz-de-Mello (2009), as comunidades de rola-bostas são muito sensíveis à destruição da floresta e mostram padrões de organização distintos entre fragmentos de florestas tropicais ou áreas deterioradas pelas atividades humanas comparadas com contínuos florestais. Este fato é agravado pelo declínio do recurso alimentar como resposta ao declínio das populações de mamíferos que também respondem às mudanças no hábitat (veja Nichols *et al.*, 2008). O nível de disponibilidade de recurso é provavelmente reduzido drasticamente após o rápido desaparecimento de grandes mamíferos e aves em florestas degradadas; portanto, o alimento também é um fator limitante na dinâmica populacional de espécies, e afeta diretamente a estrutura da comunidade (Estrada *et al.*, 1998; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Nichols *et al.*, 2009). Dessa forma, mais espécies restritas à floresta persistem em remanescentes florestais maiores (Halffter & Arellano, 2002).

Assim, práticas que degradam ou transformam os fragmentos florestais podem resultar em mudanças na estrutura da comunidade dos rola-bostas ou extinção local de espécies adaptadas às condições de floresta (Nyeko, 2009). Isso pode ter consequências significativamente negativas sobre processos como degradação de esterco e dispersão secundária de sementes no ecossistema (veja Nichols *et al.*, 2008). Apesar de florestas secundárias e plantadas (Nichols *et al.*, 2007), bem como fragmentos florestais de tamanho médio entre 100 e 150 ha (Nyeko, 2009) serem freqüentemente considerados como contribuintes da conservação, apresentando alta riqueza e abundância de Scarabaeinae, Gardner *et al.*, (2008) sugerem cautela em adotar medidas baseadas nesta informação, pois seus resultados demonstraram que fragmentos com estas características suportam uma amostra depauperada da fauna de Scarabaeinae em relação a contínuos florestais, e por isso providenciam pouco valor de conservação para os rola-bostas. Da mesma forma, a modificação da vegetação herbácea natural para o pasto pecuário oferece alterações na densidade vegetal, temperatura e composição do solo, e com isso determina a extinção local de algumas espécies e a presença de outras (Davis *et al.*, 2004), conforme suas adaptações.

Davis *et al.*, (2001) encontraram que o aumento na riqueza de espécies de rola-bostas em uma escala fina não necessariamente denota que a riqueza de espécies é maior em grande escala, e que a composição de espécies em ecossistemas modificados pelo ser humano é dependente do tipo de distúrbio. Uma paisagem fragmentada tem uma composição de espécies de Scarabaeinae parcialmente diferente que uma paisagem de floresta tropical não modificada (Halffter & Arellano, 2002). Além da riqueza de espécies, outros parâmetros devem ser utilizados em conjunto, tais como a biomassa, tamanho médio das espécies em cada hábitat e de indivíduos da mesma espécie em hábitats diferentes, bem

como a composição de espécies para auxiliar na interpretação das respostas das comunidades frente às mudanças na estrutura do ambiente natural.

### **Scarabaeinae como Bioindicadores**

Como anteriormente mencionado, os Scarabaeinae têm suas assembléias fortemente influenciadas tanto por fatores microclimáticos (temperatura, intensidade de luz, umidade; Hanski & Cambefort, 1991; Nichols *et al.*, 2008), como pela perda ou redução da disponibilidade do tipo das excretas utilizadas como recurso alimentar (Davis & Philips, 2009). Devido a sua dependência das fezes de vertebrados, a comunidade destes besouros é aparentemente influenciada pelas mudanças na comunidade de mamíferos (Estrada *et al.*, 1999), que são da mesma forma freqüentemente afetados por efeitos sinérgicos da modificação da floresta, fragmentação e elevadas pressões de caça (Nichols *et al.*, 2007). A fragmentação das áreas de mata bem como a transformação destes ambientes em áreas de pastagem pode causar uma perda na diversidade de espécies e alterar drasticamente a estrutura da comunidade (Favila & Halffter, 1997). Por isso, os rola-bostas são indicadores eficientes e peças-chave importantes no funcionamento dos ecossistemas (Qie *et al.*, 2011) por serem sensíveis às modificações e à fragmentação em florestas tropicais (Halffter & Favila, 1993; Halffter & Arellano, 2002; Davis & Philips, 2005; Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009), e às mudanças nas comunidades de mamíferos (Estrada *et al.*, 1999; Nichols *et al.*, 2009). O mais interessante no uso de Scarabaeinae como indicadores é que eles refletem diferenças estruturais (i. e., arquitetura, microclima) entre tipos de biótopos, diferindo de insetos indicadores de composição florística através da fidelidade do biótopo via planta-alimentação (Davis *et al.*, 2001).

Os rola-bostas podem ajudar a avaliar e monitorar o estado de conservação de áreas-alvo (Halffter & Favila, 1993) com maior relação custo-eficiência do que muitos outros táxons de florestas tropicais úmidas (Davis *et al.*, 2001; Gardner *et al.*, 2008). A composição e a estrutura da comunidade de Scarabaeinae podem ser determinadas utilizando um método simples e padronizado de captura, transmitindo assim informações sobre a saúde ou o status de conservação de seu ambiente para várias escalas de organização (Davis *et al.*, 2001; Nichols *et al.*, 2007), e permitindo uma avaliação comparativa eficiente dos impactos humanos (Nichols *et al.*, 2007). Assim, a comunidade de Scarabaeinae tem a capacidade de informar o sucesso das práticas de conservação e manejo, com eficiência e baixo custo, bem como contribuir com mecanismos globais de conservação (Butchart *et al.*, 2005; Nichols *et al.*, 2007).

## Capítulo 1

### **Inventário da diversidade de Scarabaeinae em florestas ripárias da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil**

#### RESUMO

Os invertebrados, predominantemente os insetos, desempenham diversas funções nos ecossistemas. A subfamília Scarabaeinae é caracterizada por muitas espécies usarem matéria orgânica em decomposição como alimento, desempenhando importante função na dinâmica de nutrientes em diferentes tipos de ecossistemas. Além disso, os Scarabaeinae podem prover uma representação taxonômica mais ampla no desenvolvimento de práticas e políticas conservacionistas. Contudo, ainda faltam informações sobre os escaravelhos em muitas regiões do Brasil. Os objetivos deste estudo foram realizar um inventário da diversidade da fauna de Scarabaeinae e de suas guildas tróficas em ecossistemas ripários, bem como analisar a dinâmica temporal da comunidade de escaravelhos ao longo de um ciclo anual nestas áreas. Os besouros coletados somaram um total de 1.289 indivíduos, distribuídos em 29 espécies de 11 gêneros, sendo que 455 besouros foram coletados na primavera, 594 no verão, 131 indivíduos no outono e 109 no inverno. Doze espécies foram classificadas como frequentes, dezoito foram esporádicas e nenhuma espécie foi classificada como constante neste estudo. Seis espécies foram comuns, onze espécies consideradas ocasionais, e as demais foram classificadas como raras, sendo que nenhuma espécie foi considerada dominante, ou mesmo abundante. A presença de muitas espécies representadas por poucos indivíduos e de poucas espécies extremamente abundantes parece ser uma característica do grupo. Os conhecimentos sobre a fauna de Scarabaeinae para a região ainda são muito escassos, sendo que não há muitos trabalhos sobre rola-bostas para a região. Todas as tribos mencionadas para a região em estudos prévios foram encontradas neste estudo, mas nem todos os gêneros.

**Palavras-chave:** biodiversidade; rola-bostas; inventário faunístico.

#### ABSTRACT

The invertebrates, mainly insects, play many roles in ecosystems. The subfamily Scarabaeinae is characterized by many species use organic matter in decomposition as food, developing an important role in nutrient dynamics in different ecosystems. In

addition, Scarabaeinae can provide a broader taxonomic representation in the development of practices and conservation policies. However, there is still lack of information about these beetles in many regions of Brazil. The aims of this study were to perform an inventory of the diversity of dung beetles fauna and their functional guilds in riparian ecosystems, as well as to analyze the temporal dynamics of the community of beetles over an annual cycle in these areas. The collected beetles amounted to a total of 1.289 individuals belonging to 29 species of 11 genera, that 455 beetles were collected in spring, 594 in summer, 131 individuals in autumn, and 109 in winter. Twelve species were classified as frequent, eighteen were sporadic and no species was classified as constant in this study. Six species were common, eleven species considered casual, and the other ones were classified as rare, and no species was considered dominant or even abundant. The presence of many species represented by few individuals and few species extremely abundant seems to be a characteristic of the group. The knowledge about the Scarabaeinae fauna in the region is still very scarce and there are not many studies on dung beetles for the region. All the tribes in the region mentioned in previous studies were found in this study, but not all genres.

**Key-words:** biodiversity; dung beetle; faunistic inventory.

## INTRODUÇÃO

Os invertebrados estão presentes em ecossistemas aquáticos e terrestres, desde as regiões tropicais, onde apresentam uma alta diversidade de espécies, até as regiões polares, onde são os principais agentes de particularização da matéria orgânica morta ou dispensada (excretas, penas, pelos, etc.; Ruppert *et al.*, 2005). Entre os invertebrados predominam os insetos, que correspondem ao grupo mais abundante e com a maior parte da biodiversidade global, presente em quase todos os ecossistemas (Erwin, 1982; Ruppert *et al.*, 2005), e compreendendo em torno de 94% da biomassa animal nos ecossistemas em que ocorrem (Fittkau & Klinge, 1973).

De forma geral, os invertebrados desempenham diversas funções nos ecossistemas (Miller, 1993; Godfray *et al.*, 1999; Wall & Moore, 1999), cada grupo ou espécie de acordo com suas características biológicas e evolutivas, tais como polinização, dispersão

de sementes e propágulos (principalmente fungos e protozoários), parasitismo (tanto de plantas quanto em animais, vertebrados ou não), e predação, inclusive de pequenos vertebrados (Borror & De Long, 1969; Erwin, 1982; Ruppert *et al.*, 2005). Além disso, são fundamentais componentes da dieta de uma grande parte da fauna de mamíferos (Main, 1987) e aves (Benson *et al.*, 2007), e estão envolvidos em uma grande quantidade de interações tróficas nos ecossistemas, sendo por isso, importantes na transferência de energia ao longo das cadeias alimentares (Watts & Didham, 2006).

Junto com outros grupos de invertebrados, os Scarabaeinae podem contribuir com uma representação taxonômica mais ampla para o desenvolvimento de práticas e políticas conservacionistas (Nichols *et al.*, 2007). Esta subfamília compreende em torno de 6.000 espécies em 234 gêneros distribuídas globalmente, principalmente nas regiões tropicais (Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991). Para a região Neotropical existe o registro de mais de 1.250 espécies em 70 gêneros (Hanski & Cambefort, 1991), enquanto que no território brasileiro, estão registradas 768 espécies de 49 gêneros conhecidos, das quais 61 são espécies ainda não descritas, e apenas 391 são seguramente identificáveis (Vaz-de-Mello, 2000). Deste montante, 107 espécies estão inventariadas para a região deste estudo (Silva, 2011). Contudo, ainda faltam informações para os escaravelhos em muitas regiões do Brasil (Vaz-de-Mello, 2000; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Silva, 2011), em especial no bioma Mata Atlântica (Vaz-de-Mello, 2000; Hernández 2002; Endres *et al.*, 2005; 2007; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009). Nesse sentido, estudos mais abrangentes no âmbito da taxonomia, biologia e ecologia deste grupo são extremamente necessários.

Este grupo de espécies apresenta várias características ecológicas, tanto de interações interespecíficas, como com seu ambiente, e em consequência prestam diversos

serviços ecossistêmicos. Os rola-bostas caracterizam-se por muitas espécies usarem matéria orgânica em decomposição como alimento para larvas e adultos, tais como frutos podres, carniça e, principalmente, fezes (Hanski & Cambefort, 1991), consumindo o recurso direto na fonte (endocoprídeos) ou realocando este material no solo através de estocagem em galerias abaixo da fonte do recurso ou a certa distância deste, conforme sua guilda (paracoprídeos ou telecoprídeos, respectivamente). Concomitantemente, a atividade dos rola-bostas altera a composição microbiana presente no recurso, o que contribui para uma maior mineralização de nutrientes inorgânicos que são mais facilmente volatilizados, principalmente o nitrogênio (veja Nichols *et al.*, 2008, para uma revisão detalhada). Além disso, estes besouros realizam o controle biológico de diversos parasitas de vertebrados que realizam postura nas fezes utilizadas como recurso de nidificação, bem como realizam a dispersão secundária de sementes de diversas espécies de plantas florestais (Halffter & Edmonds, 1982; Andresen, 2002; 2003; Nichols *et al.*, 2008), auxiliando no processo sucessional. Neste sentido, os Scarabaeinae desempenham uma importante função na dinâmica de nutrientes em diferentes tipos de ecossistemas (Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991), e podem inclusive ser usados para contribuir em trabalhos para a recuperação e restauração de áreas degradadas.

A sazonalidade de suas populações é nítida em florestas tropicais úmidas, onde a abundância de indivíduos se eleva após o início das chuvas (Halffter & Matthews, 1966; Janzen, 1983), e a distribuição local de rola-bostas é fortemente influenciada pela cobertura vegetal e o tipo de solo (Janzen, 1983). Devido à alta sensibilidade dos rola-bostas a vários tipos de atividades humanas e distúrbios do hábitat, é importante que tenhamos o entendimento das ligações entre as funções ecológicas de Scarabaeinae e seus serviços ecossistêmicos, para manejos futuros destes serviços (Nichols *et al.*, 2008). Além disso,



considerando que existem poucos estudos sobre a estrutura e a dinâmica de Scarabaeinae para o sul do Brasil (e. g., Silva *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2011; Silva, 2011), este trabalho teve como objetivos: 1) realizar um inventário da diversidade da fauna de Scarabaeinae; e 2) analisar a composição da comunidade de escaravelhos ao longo de um ciclo anual em ecossistemas ripários da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, que se situa a nordeste no Estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 29° e 30° Sul. Essa bacia possui aproximadamente uma área de 4.000 km<sup>2</sup>, abrangendo 32 municípios. Juntamente com outras oito bacias (Alto Jacuí, Pardo, Vacacaí, Baixo Jacuí, Taquari-Antas, Caí, Gravataí e Lago Guaíba) formam a bacia hidrográfica do Guaíba (Rolon *et al.*, 2003). A vegetação original desta localidade compõe um mosaico na paisagem em que predominam formações florestais com espécies originárias principalmente da Mata Atlântica, mas com presença de espécies andinas e australoantárticas (Rambo, 1956). O Clima da região é considerado subtropical úmido e a precipitação média anual varia entre 1.200 e 2.000 mm/ano. O Rio dos Sinos é um dos principais rios do Rio Grande do Sul e foi o primeiro a ter um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica no Brasil. Em função das atividades econômicas exercidas na bacia, o Rio dos Sinos é considerado um dos rios mais impactados da bacia hidrográfica do Guaíba (COMITESINOS, 2000).

O Rio dos Sinos tem aproximadamente 190 km de extensão, nasce a cerca de 900 m de altitude no município de Caraá e tem sua foz no delta do Jacuí (município de Canoas), a 5 m acima do nível do mar (Rolon *et al.*, 2003). O Rio dos Sinos está dividido em três

cursos, classificados segundo sua declividade: curso superior, com 25 km de extensão da calha do rio principal, declividade de 840 m e alta velocidade da água superficial; curso médio, com 125 km de extensão e declividade de 55 m; e curso inferior, com 50 km de extensão, declividade praticamente nula e baixa velocidade da água superficial, com muitas planícies de inundação associadas. No curso superior, o impacto antrópico predominante é a atividade agrícola, principalmente relacionada com a cultura do arroz, produção de gado leiteiro, silvicultura (acácia negra, pinus e eucalipto) e piscicultura (Schulz, *et al.*, 2006). Os cursos, médio e inferior, concentram em torno de 12% da população do Estado do Rio Grande do Sul (Haase, 2003), tendo como principal atividade econômica a indústria coureira.

O estudo foi realizado no curso superior em uma paisagem de matriz agrícola. Foram selecionadas quatro áreas ripárias com diferentes situações da vegetação, distantes entre si por no mínimo 1 km, em três arroios de segunda ordem, sendo estes o arroio Padilha (município de Taquara), o arroio Areia e o arroio Chuvisqueiro (município de Rolante), totalizando doze áreas amostrais (Figura 1). Atualmente o uso da terra no entorno das áreas selecionadas é predominantemente representado por pequenas propriedades com cultivos variados, produção de gado leiteiro, silvicultura e piscicultura (Schulz, *et al.*, 2006).

### **Amostragem e Identificação de Scarabaeinae**

Os escaravelhos foram coletados em cada Área amostral ao longo de um ciclo anual (outubro de 2010 a julho de 2011), correspondendo às quatro estações climáticas do ano. As amostragens de primavera ocorreram entre outubro e novembro de 2010, as de verão em janeiro de 2011, as de outono em maio e junho de 2011 e as de inverno em julho de

2011. A amostragem de indivíduos foi realizada através de armadilhas de queda (*pitfall trap*), método bastante comum para amostragem de invertebrados ativos sobre o solo (Southwood, 1994), e considerada a melhor técnica disponível para amostrar um conjunto de espécies em uma única área (Loreal, 1992). As armadilhas de queda foram confeccionadas utilizando potes plásticos com 30 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade, enterradas no solo até a linha da borda e protegida por uma cúpula de plástico, suspensas por palitos a uma altura aproximada de 10 cm, e onde foram fixadas sob cada uma destas tampas, um de dois tipos de iscas: fezes humanas e carne suína em decomposição. As iscas eram compostas de aproximadamente 30g de um dos dois substratos, envoltos por um tecido do tipo “voal” e atados com um barbante, que também era usado para suspender a isca no centro da cúpula de proteção. A escolha de fezes humanas como isca foi feita pelo fato dos invertebrados coprófagos serem atraídos principalmente por este tipo de fezes (Gardner *et al.*, 2008). No interior destas armadilhas foram adicionados 300 ml de uma solução de água e detergente neutro a 2% (o detergente reduz a tensão superficial da água e faz com que os insetos capturados afundem). As armadilhas permaneceram ativas por 72 horas.

Em cada uma das áreas selecionadas, foi colocado um bloco amostral com oito armadilhas. Este bloco amostral era composto por quatro armadilhas iscadas com fezes e afastadas 10 metros entre si ao longo de um gradiente de distância da margem do arroio, e quatro armadilhas iscadas com carne suína em decomposição 40 m afastadas das primeiras, acompanhando o mesmo gradiente de distância da margem do arroio, compreendendo ambientes de mata e campo conforme a disposição destes ambientes nas áreas selecionadas.

Os Scarabaeinae coletados foram inicialmente conservados em etanol a 70% para o transporte do campo até o laboratório, onde os rola-bostas foram secos a 40° C em estufa por 48 horas e preservados em mantas entomológicas. Os escarabeíneos foram identificados ao nível específico sempre que possível, visto que há poucos trabalhos para a região onde o estudo foi realizado. Foi montada uma coleção em duplicata, previamente identificada ao nível genérico através do uso de chave dicotômica para os gêneros de Scarabaeinae Neotropicais (Vaz-de-Mello *et al.*, 2011) e as espécies morfotipadas. Uma destas coleções foi enviada para o Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), tombados na coleção de Scarabaeoidea desta Universidade, e identificada pelo Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello. A outra coleção permaneceu no Laboratório de Ecologia e Conservação, pertencente à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e foi utilizada como referência para a identificação dos demais indivíduos coletados.

### **Análise de dados**

Para a análise da frequência das espécies deste estudo, os rola-bostas foram classificados como constantes (100% das áreas amostrais), frequentes (99%-50%), esporádicos (49%-10%) e ocasionais (9%-1%) (Stenert *et al.*, 2004). Quanto à dominância, os besouros foram classificados em dominantes (100%-50%), abundantes (49%-30%), comuns (29%-10%), ocasionais (9%-1%) e raros (<1%) nos ecossistemas ripários ao longo do período estudado (McCullough & Jackson, 1985). Seguindo a classificação de guildas funcionais para as espécies encontradas na região do estudo, compilado de diversos autores por Silva (2011), os besouros amostrados foram classificados em endocoprídeos (“residentes”), paracoprídeos (“tuneleiros”) e telecoprídeos (“roladores”), segundo o número de espécies e número de indivíduos.

## RESULTADOS

Um total de 1.289 indivíduos, distribuídos em 29 espécies de 11 gêneros e 6 tribos da subfamília Scarabaeinae foi coletado neste estudo (Tabela I). A classificação das espécies em suas guildas funcionais está apresentada na Tabela II. As espécies classificadas como paracoprídeos (58,6% do total de espécies) e telecoprídeos (34,5%) predominaram nas áreas estudadas, enquanto que os endocoprídeos estiveram representados por apenas duas espécies nesse estudo. Em relação ao número de indivíduos, 50,9% dos rola-bostas amostrados eram paracoprídeos, 48,8% eram telecoprídeos e apenas 0,3% eram endocoprídeos.

Entre os gêneros de Canthonini, *Canthon* apresentou o maior número de espécies, correspondendo a 28,8% indivíduos amostrados. Este gênero teve grande representatividade na primavera (35,6% dos indivíduos amostrados nesta estação) e no verão (34,9%), e baixa representatividade no período frio, não havendo registro no outono, e com apenas dois indivíduos capturados no inverno. *Deltochilum* foi representado por duas espécies: *D. brasiliense* e *D. morbillosum*. O gênero representou aproximadamente 3% dos rola-bostas coletados neste estudo, estando presentes somente na primavera e no verão. *Paracanthon* foi representado por apenas uma espécie, cuja identificação não foi possível. Contudo, esta espécie ocorreu o ano todo e foi a mais abundante do estudo, com 17,1% do total de indivíduos coletados. A espécie representou 3,1% dos indivíduos amostrados na primavera, 9,9% das amostras de verão, 79,4% das amostras de outono, e 39,5% das amostras de inverno (Tabela I).

Entre os gêneros de Coprini *Canthidium* foi representado por seis espécies, e correspondeu a 29,9% dos indivíduos coletados no estudo. Esse gênero esteve presente em todas as estações do ciclo anual estudado. *Canthidium* foi o gênero mais abundante durante

o inverno, representando 55,1% da fauna de Scarabaeinae amostrada neste período. Nas demais estações, *Canthidium* representou 26,8% dos indivíduos coletados na primavera, 31% dos indivíduos coletados no verão, e 14,5% dos indivíduos coletados no outono. *Dichotomius* correspondeu a 10% dos indivíduos amostrados distribuídos em quatro espécies. *Dichotomius* ocorreu ao longo de todo ano, sendo mais abundante no verão. *Ontherus* foi representado por 2,2% dos indivíduos amostrados, e foi encontrado apenas na primavera e no verão (Tabela I).

*Eurysternus* (Oniticellini) representou apenas 0,3% dos besouros coletados, e ocorreu exclusivamente na primavera e no verão. As espécies desse gênero apresentam proporção corporal cerca de três vezes mais longa do que larga, diferentemente da maioria das espécies de Scarabaeinae, que geralmente apresentam proporção corporal entre 1,5 a duas vezes mais longa do que larga (Rios & Hernández, 1993). *Onthophagus catharinensis* (Onthophagini) foi a única espécie deste gênero, correspondendo a 2,8% dos indivíduos coletados. Essa espécie também ocorreu apenas na primavera e no verão. *Coprophanaeus* (Phanaeini) correspondeu a 5,7% dos indivíduos coletados, e foi representado por apenas duas espécies: *C. saphirinus*, que foi bastante abundante na primavera, e *C. milon*, com apenas dois indivíduos coletados no verão. O gênero representou 12,8% dos besouros coletados na primavera e 2,7% dos espécimes coletados no verão, não sendo registrado nas coletas de outono e inverno deste estudo (Tabela I).

Em relação à frequência das espécies (tabela II), 11 espécies (38%) foram classificadas como frequentes no estudo, 11 espécies (38%) foram classificadas como esporádicas, e 7 (24%) como ocasionais. Nenhuma espécie foi classificada como constantes neste estudo. Quanto a dominância das espécies (Tabela II), 5 espécies (17,3%) foram comuns no estudo, 9 espécies (31%) foram consideradas ocasionais, e 13 espécies

(44,8%) foram classificadas como raras. Nenhuma espécie foi considerada dominante ou abundante neste estudo.

## DISCUSSÃO

No Rio Grande do Sul, Silva (2011) coletou 19.699 rola-bostas pertencentes a 13 gêneros e 33 espécies em ambiente de mata, no bioma Pampa. Outros estudos desenvolvidos no Brasil obtiveram resultados muito variados em relação à abundância e riqueza de Scarabaeinae. Além do tipo de ambiente, a metodologia empregada e em especial o tipo de isca utilizada podem influenciar a captura de Scarabaeinae (Hanski & Cambefort, 1991). Klein (1989) capturou 3.782 indivíduos distribuídos em 55 espécies e 15 gêneros na Amazônia Central, utilizando 288 armadilhas com iscas de fezes humanas e carne em decomposição. Na mesma região, utilizando 24 armadilhas iscadas com fezes de primata *Alouatta seniculus* em cinco períodos de coleta, Andresen (2003) obteve 14.608 besouros e 58 espécies. Já Gardner *et al.* (2008) também na Amazônia, capturaram um total de 9.203 indivíduos e 85 espécies de rola-bostas, usando iscas de fezes humanas em três ambientes distintos. Em Pernambuco, Silva *et al.* (2010) capturaram 2.560 rola-bostas pertencentes a 16 gêneros e 40 espécies. Na Paraíba, Hernández (2007), na Caatinga, e Endres *et al.* (2007), em mata de Tabuleiro, capturaram 918 indivíduos em 13 gêneros e 20 espécies, e 3.533 espécimes distribuídos em 11 gêneros e 29 espécies, respectivamente. Hernández & Vaz-de-Mello (2009) coletaram 3.524 indivíduos em 16 gêneros e 39 espécies em São Paulo (Serra do Japi), em Floresta Ombrófila Densa. Lopes *et al.* (2011) no Paraná, com coletas mensais ao longo de um ano e utilizando fezes de porco como isca, coletaram 4.687 indivíduos em 13 gêneros e 27 espécies em Floresta Ombrófila Mista.

Dentre as espécies coletadas neste estudo e que ocorreram também em outros trabalhos desenvolvidos em diferentes latitudes do território brasileiro, as mais representativas foram *Canthidium trinodosum*, *Canthon latipes*, *Dichotomius assifer* (Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Silva, 2011), *Canthon chalybaeus*, *Canthon aff. luctuosus*, *Canthon quinquemaculatus*, *Ontherus sulcator* (Silva, 2011), *Canthon mutabilis* (Silva *et al.*, 2010), *Deltochilum brasiliense*, *D. morbillosum* (Hernández & Vaz-de-Mello, 2009), *Dichotomius aff. sericeus* (Silva *et al.*, 2010; Endres *et al.*, 2007), *Dichotomius nisus* (Endres *et al.*, 2007), *Eurysternus parallelus*, *Onthophagus catharinensis* e *Sulcophanaeus menelas* (Lopes *et al.*, 2011). Esse resultado indica que ao menos 15 das 29 espécies encontradas neste estudo são de grande abrangência territorial, apesar de que a abundância relativa destas espécies varia entre estes estudos.

A grande abrangência de algumas espécies facilita comparações entre áreas distintas e pode contribuir auxiliando em planos de manejo e atividades conservacionistas nas mais diferentes localidades. Além disso, Conforme discutido por Escobar *et al.* (2006) estudando colonização vertical e horizontal de Scarabaeinae, a evolução do grupo se deu principalmente a partir de espécies de floresta no Neotrópico, principalmente em florestas tropicais, sendo que algumas espécies acabaram invadindo áreas de maiores altitudes, com consequentemente menores temperaturas (para maiores detalhes veja Hanski & Cambefort, 1991; e Halfpter & Arellano, 2002). Seguindo este raciocínio, espera-se que em regiões de maiores latitudes, a fauna seja representada por um subconjunto das espécies de florestas tropicais.

Levando em consideração a área do Rio Grande do Sul, e a grande riqueza de tribos e espécies encontrada nas regiões de clima tropical (Silva, 2008), os conhecimentos sobre a fauna de Scarabaeinae para a região do estudo ainda são muito escassos (Silva, 2011).



Contudo, recentemente Silva (2011) realizou a primeira compilação de dados para a região, registrando 107 espécies de 28 gêneros e seis tribos. Todas as tribos mencionadas para a região foram registradas neste estudo, mas nem todos os gêneros. Dos cinco gêneros de Ateuchini apenas *Uroxys* foi amostrado, com apenas uma espécie não identificada ao nível específico; Canthonini, que tem dez gêneros registrados para o Estado, foi representado por *Canthon* (7 espécies), *Deltochilum* (duas espécies) e *Paracanthon* (uma espécie); Coprini, com seis gêneros para a região, foi representada por *Canthidium* (6 espécies), *Dichotomius* (4 espécies) e *Ontherus* (duas espécies); Onthophagini e Oniticellini, ambas as tribos representadas por apenas um gênero para a região, respectivamente *Onthophagus* e *Eurysternus*, foram ambas representadas neste estudo (o primeiro gênero com apenas uma espécie, e o segundo com duas); e Phanaeini, com cinco gêneros registrados para a região, foi representado por *Coprophanaeus* (duas espécies) e *Sulcophanaeus* (uma espécie).

Neste estudo *Sulcophanaeus menelas* foi singleton, e *Eurysternus parallelus* foi doubleton, ambas ocorrendo apenas na primavera, o que destoa dos resultados de outros trabalhos realizados em regiões geográficas próximas (Silva *et al.*, 2008; Lopes *et al.*, 2011). *Paracanthon* sp. foi a espécie mais abundante neste estudo, em especial no período de outono-inverno, sendo que no outono foi quase dez vezes mais abundante do que qualquer outra espécie nesta estação. Contudo, *Paracanthon* não faz parte da listagem realizada por Silva (2011) para o RS. As espécies *Canthon latipes*, *Canthon oliverioi*, *Deltochilum morbillosum*, *Dichotomius assifer* e *Onthophagus catharinensis* foram registradas pela primeira vez para o Estado por Silva (2011) na região do Pampa, de forma que o presente estudo contribui com informações sobre a distribuição destas espécies em particular. *Dichotomius sericeus* geralmente apresenta alta abundância quando presente (Endres *et al.*, 2007). Espécies de *Dichotomius* do complexo *sericeus* frequentemente

predominam em áreas de Restinga e de Floresta Tropical Úmida Atlântica, e sua distribuição geográfica compreende Mata Atlântica e Restinga através da costa brasileira, no Paraguai e Argentina (Silva *et al.*, 2010).

A presença de muitas espécies representadas por poucos indivíduos e de poucas espécies extremamente abundantes também foi registrada em trabalhos prévios (i.e., Silva *et al.*, 2007; 2008; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Lopes *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2011). Estes resultados estão de acordo com os conhecimentos sobre estes insetos em florestas tropicais (Halffter, 1991), e parecem se estender também para regiões subtropicais na região Neotropical. Contudo, espécies raras devem ser consideradas com ressalvas em decorrência da carência de conhecimentos taxonômicos e biogeográficos de muitas espécies de Scarabaeinae (Vaz-de-Mello, 2000) em especial para a região deste estudo (Silva *et al.*, 2008; 2011). Além disso, características ecológicas específicas podem simplesmente impedir a captura de certas espécies com o emprego de apenas uma metodologia de coleta, sendo necessário o uso de vários tipos de iscas (i.e., fezes de animais em diferentes níveis tróficos) ou emprego de outras técnicas de captura além de armadilhas de queda, como por exemplo, armadilhas de dossel e armadilhas de interceptação de vôo.

Um importante fator que pode ter influenciado a presença das diferentes guildas destes besouros nas áreas estudadas é o fato das mesmas terem sido estabelecidas em zonas ripárias que apresentam grandes variações no fluxo de água, com alagamentos ocasionais das margens, bem como a composição edáfica diferenciada de áreas livres de inundação (Barlow *et al.*, 2010). Uma vez que estes insetos são ativos na superfície do solo e nidificam em galerias subterrâneas ou no interior do recurso, estas áreas são locais de risco para os Scarabaeinae, o que leva a fauna destes besouros a ocupar locais mais altos,

principalmente espécies telecoprídeas. Espécies paracoprídeas são influenciadas por características ambientais que afetam o processo de escavação, enquanto que espécies telecoprídeas e endocoprídeas são muito afetadas pela umidade superficial do solo, pois a umidade influencia diretamente a velocidade de ressecamento do recurso alimentar (Hanski & Cambefort, 1991). No presente estudo, as áreas selecionadas em geral apresentavam certa declividade perpendicular ao corpo hídrico, e apesar de não terem sido feitas estimativas quanto à distância do arroio em que as espécies foram registradas, poucos foram os registros nas armadilhas mais próximas ao arroio. Este fato, bem como a presença de campos adjacentes em muitas das áreas estudadas, podem ter influenciado o grande número de espécies e indivíduos de paracoprídeos representados neste estudo.

Silva (2011) verificou que a temperatura esteve positivamente correlacionada com a abundância e a riqueza de Scarabaeinae no período de coleta. Lumaret *et al.* (1992) encontraram que as variações na atividade dos besouros foram estacionais e dependentes da temperatura e precipitação. Silva *et al.* (2007) verificaram que tanto a riqueza como a abundância de rola-bostas aumentam em relação ao aumento da precipitação mensal. Hernández (2007) observou que a sazonalidade destes besouros foi fortemente influenciada pela precipitação, com maiores valores de riqueza e abundância na época chuvosa, e tendo uma forte diminuição no começo do período seco. Da mesma forma, outros autores encontraram resultados similares em relação à sazonalidade destes besouros (e. g., Endres *et al.*, 2005; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Lopes *et al.*, 2011). Neste estudo, apesar de não terem sido realizadas análises verificando a influência da temperatura ou da precipitação, foram observadas variações estacionais caracterizadas pela maior presença de besouros (tanto em espécies como de indivíduos) nas épocas mais quentes do ano.

O regime de chuvas na região do estudo é diferente de áreas tropicais, com invernos mais frios e chuvosos, e verões quentes e relativamente secos. Este fato aponta para a necessidade de estudos futuros para determinar a real influência da temperatura nos padrões de atividade das espécies de rola-bostas. A sazonalidade em Scarabaeinae pode ser um reflexo de modelos de utilização do hábitat através de mecanismos de partição de recursos (Hanski & Cambefort, 1991). A maior presença destes besouros nos períodos mais quentes do ano coincide com a época de frutificação e de muitas plantas, o que aumenta a disponibilidade de recursos para a mastofauna, e que naturalmente disponibiliza mais recursos alimentares para os rola-bostas, e como muitas espécies destes besouros estocam alimento em câmaras subterrâneas, possivelmente esta estratégia auxilia durante a escassez de recursos durante o período de outono e inverno.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRESEN, E. 2002. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**. 27: 257-270
- ANDRESEN, E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**. 26: 87-97.
- BARLOW, J.; LOUZADA, J.; PARRY, L.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; HAWES, J.; PERES C. A.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. & GARDNER, T. A. 2010. Improving the design and management of forest strips in human-dominated tropical landscapes: a field test on Amazonian dung beetles. **Journal of Applied Ecology**. 47: 779-788
- BENSON, T. J.; DINSMORE, J. J. & HOHMAN, W. L. 2007. Responses of Plants and Arthropods to Burning and Disking of Riparian Habitats. **Journal of Wildlife Management**. 71 (6): 1949-1957.
- BORROR, D. J. & DELONG, D. M. 1969. **Introdução ao Estudo dos Insetos**. Rio de Janeiro, USAID e Edgar Blucher Ltda. 654p.
- COMITESINOS. 2000. **Enquadramento das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Impresul, São Leopoldo.
- ENDRES, A. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. & CREÃO-DUARTE, A. J. 2005. Considerações sobre *Coprophanaeus ensifer* (Germar) (Coleoptera, Scarabaeidae)

- em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 49 (3): 427-429.
- ENDRES, A. A.; CREÃO-DUARTE, A. J. & HERNÁNDEZ, M. I. M. 2007. Diversidade de Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordestino. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51 (1): 67-71.
- ERWIN, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **The Coleopterist's Bulletin**. 36: 74-75.
- ESCOBAR, F.; LOBO, J. M. & HALFFTER, G. 2006. Assessing the origin of Neotropical mountain dung beetle assemblages (Scarabaeidae: Scarabaeinae): the comparative influence of vertical and horizontal colonization. **Journal of Biogeography**. 33: 1793-1803.
- FITTKAU, E. J. & KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**. 5: 2-14.
- GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J. & PERES, C. A. 2008. Understanding the Biodiversity Consequences of Habitat changes: the Value of Secondary and Plantation Forest for Neotropical Dung Beetles. **Journal of Applied Ecology**. 45: 883-893.
- GODFRAY, H. C. J.; LEWIS, O. T. & MEMMOTT, J. 1999. Studying insect diversity in the tropics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological**. 354: 1811-1824.
- HAASE, J. F. 2003. **Participação local na proposição de usos futuros da água: o caso do COMITESINOS**. Trabalho apresentado no IX Colóqui Interacional sobre Poder Local Gestão XXI, Gestão Social e Gestão do Desenvolvimento. Salvador, junho de 2003. Disponível em: <<http://www.marcadagua.org.br/participação-local-proposicaojanine.pdf>>.
- HALFFTER, G. & MATTHEWS, E. G. 1966. **The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae)**. *Folia Entomológica Mexicana*. 12/14: 1-312.
- HALFFTER, G. & EDMONDS, W. D. 1982. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. *Man and the Biosphere Program UNESCO*. México D. F. 177 p.
- HALFFTER, G. 1991. Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Folia Entomológica Mexicana**. 82: 195-238.
- HALFFTER, G. & ARELLANO, L. 2002. Response of Beetle Diversity to Uman-Induced in a Tropical Landscape. **Biotropica**. 34: 144-154.
- HANSKI, I. & CAMBEFORT, I. 1991. **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press, NJ. 520 p.

- HERNÁNDEZ, M. I. M. 2002. The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. **Revista Brasileira de Entomologia**. 46 (4): 597-600.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. 2007. Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis**. 11 (3): 356-364.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. & VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2009. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 53 (4): 607-613.
- JANZEN, D.H. 1983. **Insects at carrion and dung**. Costa Rican Natural History (ed. D.H. Janzen). University of Chicago Press, Chicago, IL.
- KLEIN, B. C. 1989. Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. **Ecology**. 70 (6): 1715-1725.
- LOPES, J.; KORASAKI, V.; CATELLI, L. L.; MARÇAL, V. V. M. & NUNES, M. P. B. P. 2011. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. **Zoologia**. 28 (1): 72-79.
- LOREAL, M. 1992. Species abundance patterns and the structure of ground-beetle communities. **Annales Zoologici Fennici**. 28: 49-56.
- LUMARET, J. P.; KADIRI, N. & BERTRAND, M. 1992. Changes in Resources: Consequences for the Dynamics of Dung Beetle Communities. **Journal of Applied Ecology**. 29 (2): 349-356.
- MAIN, B. Y. 1987. **Persistence of invertebrates in small areas: Case studies of trapdoor spiders in Western Australia**. In: SAUNDERS, D.A.; ARNOLD, G. W.; BURBIDGE, A. A. & HOPKINS, A. J. M. (ed.). Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation. Surrey Beatty, Chipping Norton. 29-39.
- MCCULLOUGH, J. D. & JACKSON, D. W. 1985. Composition and productivity of the benthic macroinvertebrate community of subtropical reservoir. **International Review Gesamten Hydrobiologie**. 70: 221-235.
- MILLER, J. C. 1993. Insect natural history, multi-species interactions and biodiversity in ecosystems. **Biodiversity and Conservation**. 2: 233-241.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FLAVIA, M. E. & VULINEC, K. 2007. Global Dung Beetle Response to Tropical Forest Modification and Fragmentation: A Quantitative Literature Review and Meta-Analysis. **Biological Conservation**. 137: 1-19.
- NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S. & FAVILA, M. E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141: 1461-1474.

- RAMBO, B. 1956. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. Porto Alegre. Selbach de selbach. 2 ed. 456 p.
- RIOS, R. I. & HERNÁNDEZ, M. I. M. 1993. Avaliação do tamanho do corpo de insetos em três famílias de Coleoptera: Scarabaeidae, Elateridae e Hydrophilidae. **Revista Brasileira de Biologia**. 53 (1): 37-41.
- ROLON, A.S., OLIVA, T.D & MALTCHIK, L. 2003. **Bacia do Rio dos Sinos**. In: Leonardo Maltchik. (Org.). Biodiversidade e conservação de áreas úmidas da bacia do rio dos Sinos. 1º ed. São Leopoldo: Unisinos. 27-30.
- RUPPERT, E. E. FOX, R. S. & BARNES, R. D. 2005. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo. Ed: Roca. 873 p.
- SILVA, F. A. B.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; IDE, S. & MOURA, R. C. 2007. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51 (2): 228-233.
- SILVA, F. A. B.; COSTA, C. M. Q.; MOURA, R. C. & FARIAS, A. I. 2010. Study of the dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) community at two sites: Atlantic Forest and Clear-Cut, Pernambuco, Brazil. **Environmental Entomology**. 39 (2): 359-367.
- SILVA, P. G.; GARCIA, M. A. R. & VIDAL, M. B. 2008. Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae *stricto sensu*) coletados em ecótono natural de campo e mata em Bagé, RS. **Ciência e Natura, UFSM**. 30 (2): 71-91.
- SILVA, P. G. 2011. **Espécies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Santa Maria.
- SCHULZ, U. H.; NABINGER, V.; GOMES, L. P. 2006. **Relatório final do Projeto Monalisa**. São Leopoldo, RS. Comitê de gerenciamento da bacia do Rio dos Sinos – COMITESINOS. 18p.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1994. **Ecological Methods: With Particular Reference to the Study of Insect Populations**. Chapman & Hall, London.
- STENERT, C., SANTOS, E. M. & MALTCHIK, L. 2004. Levantamento da diversidade de macroinvertebrados em áreas úmidas do Rio Grande do Sul (Brasil). **Acta Biologica Leopoldensia**. 26: 229-244.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2000. **Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil**. 183-195. In: Martín-Piera, F.; J.J. Morrone & A. Melic (eds.), Hacia un Proyecto CyTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES. 2000, SEA, Zaragoza. 326 p.

- VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F. C. & SCHOOLMEESTERS, P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**. 2854: 1-73.
- WALL, D. H. & MOORE, J. C. 1999. Interactions underground - Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. **Bioscience**. 49: 109-117.
- WATTS, C. H. & DIDHAM, R. K. 2006. Influences of Habitat Isolation on Invertebrate Colonization of *Sporadanthus ferrugineus* in a Mined Peat Bog. **Restoration Ecology**. 14 (3): 12-419.



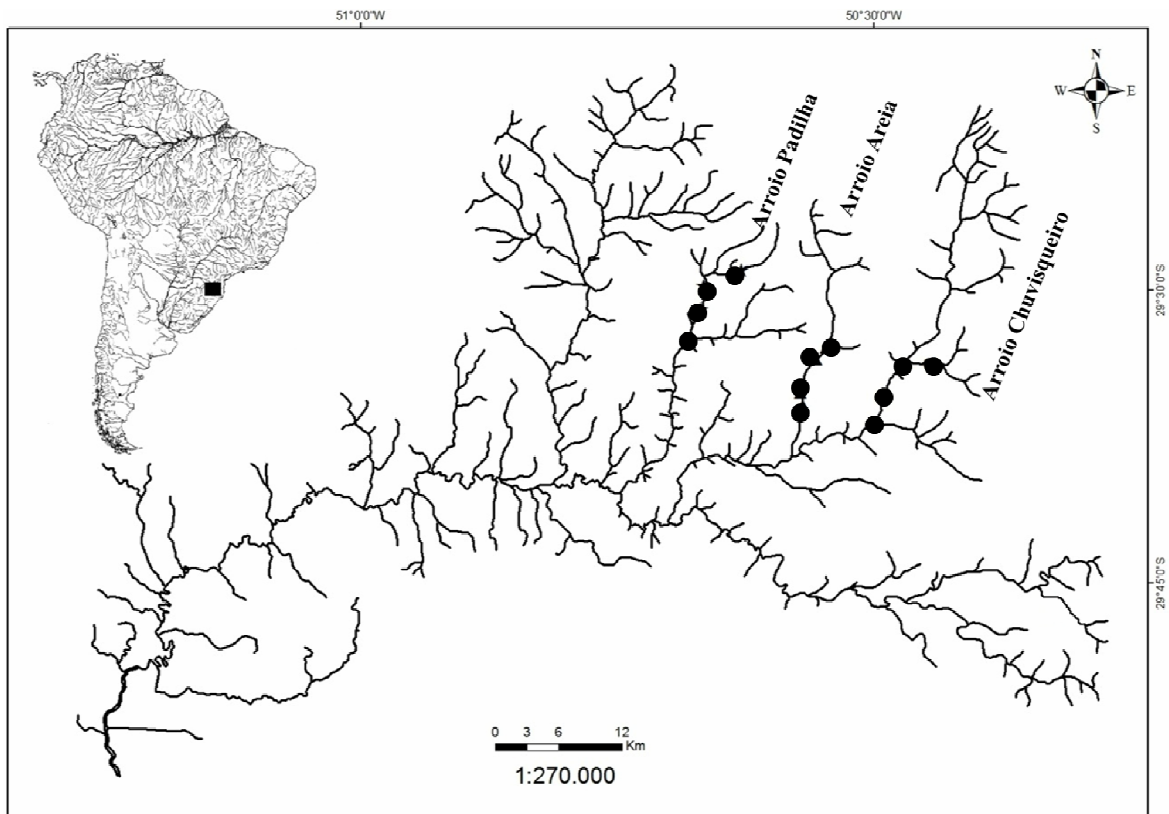


Figura 1: Mapa da localização das áreas amostradas em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, com a disposição geográfica dos arroios e das áreas amostrais.

Tabela I: Total de Scarabaeinae coletados ao longo de um ciclo anual (outubro de 2010 a agosto de 2011) em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. Os traços substituem os zeros onde não houve registro de Scarabaeinae nas coletas.

<b>Tribos</b>	<b>Espécies</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verão</b>	<b>Outono</b>	<b>Inverno</b>	
ATEUCHINI	<i>Uroxys</i> sp. (Westwood, 1842)	-	3	-	-	
	<i>Canthon</i> aff. <i>chalybaeus</i> (Blanchard, 1845)	27	143	-	2	
	<i>Canthon</i> <i>latipes</i> (Blanchard, 1845)	122	20	-	-	
	<i>Canthon</i> aff. <i>luctuosus</i> (Harold, 1868)	12	19	-	-	
	<i>Canthon</i> <i>oliverioi</i> (Pereira & Martínez, 1956)	1	-	-	-	
CANTHONINI	<i>Canthon</i> <i>mutabilis</i> (Lucas, 1857)	-	4	-	-	
	<i>Canthon</i> aff. <i>podagricus</i> (Harold, 1868)	-	15	-	-	
	<i>Canthon</i> aff. <i>quinguemaculatus</i> (Castelnau, 1840)	-	6	-	-	
	<i>Deltochilum</i> <i>brasiliense</i> (Castelnau, 1840)	6	-	-	-	
	<i>Deltochilum</i> <i>morbillosum</i> (Burmeister, 1848)	16	16	-	-	
	<i>Paracanthon</i> sp. (Balthasar, 1938)	14	59	104	43	
	<i>Canthidium</i> aff. <i>breve</i> (Germar, 1824)	-	1	2	1	
	<i>Canthidium</i> <i>dispar</i> (Harold, 1867)	-	15	-	1	
	<i>Canthidium</i> <i>moestum</i> (Harold, 1867)	11	11	-	-	
	<i>Canthidium</i> aff. <i>trinodosum</i> (Boheman, 1858)	60	83	14	37	
	<i>Canthidium</i> sp.1 (Erichson, 1847)	50	74	3	21	
	<i>Canthidium</i> sp.2 (Erichson, 1847)	1	-	-	-	
	COPRINI	<i>Dichotomius</i> aff. <i>affinis</i> (Felsche, 1910)	15	3	3	1
		<i>Dichotomius</i> <i>assifer</i> (Eschscholtz, 1822)	7	3	4	3
		<i>Dichotomius</i> <i>nisus</i> (Olivier, 1789)	2	6	1	-
<i>Dichotomius</i> aff. <i>sericeus</i> (Harold, 1867)		1	80	-	-	
<i>Ontherus</i> <i>sulcator</i> (Fabricius, 1775)		22	5	-	-	
<i>Ontherus</i> sp. (Erichson, 1847)	-	1	-	-		
ONITICELLINI	<i>Eurysternus</i> sp. (Dalman, 1824)	1	1	-	-	
	<i>Eurysternus</i> <i>parallelus</i> (Castelnau, 1840)	2	-	-	-	
ONTHOPHAGINI	<i>Onthophagus</i> <i>catharinensis</i> (Paulian, 1936)	26	10	-	-	
PHANAEINI	<i>Coprophanaeus</i> <i>milon</i> (Blanchard, 1845)	-	2	-	-	
	<i>Coprophanaeus</i> <i>saphirinus</i> (Sturm, 1826)	58	14	-	-	
	<i>Sucophanaeus</i> <i>menelas</i> (Harold, 1875)	1	-	-	-	
<b>Total por estação</b>		<b>455</b>	<b>594</b>	<b>131</b>	<b>109</b>	

Tabela II: Percentuais da frequência em relação às áreas amostradas, e da dominância em relação ao total de indivíduos de Scarabaeinae coletados ao longo de um ciclo anual (outubro de 2010 a agosto de 2011) em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, e respectivas guildas funcionais à que pertencem.

<i>Espécies</i>	<b>Frequência (%)</b>	<b>Dominância (%)</b>	<b>Guilda Funcional</b>
<i>Uroxys</i> sp.	25	0,23	Telecopríde
<i>Canthon</i> aff. <i>chalybaeus</i>	91,67	13,34	Telecopríde
<i>Canthon</i> <i>latipes</i>	75	11,02	Telecopríde
<i>Canthon</i> aff. <i>luctuosus</i>	50	2,4	Telecopríde
<i>Canthon</i> <i>oliverioi</i>	8,33	0,08	Telecopríde
<i>Canthon</i> <i>mutabilis</i>	25	0,31	Telecopríde
<i>Canthon</i> aff. <i>podagricus</i>	25	1,16	Telecopríde
<i>Canthon</i> aff. <i>quinquemaculatus</i>	33,33	0,47	Telecopríde
<i>Deltochilum</i> <i>brasiliense</i>	33,33	0,47	Telecopríde
<i>Deltochilum</i> <i>morbillosum</i>	50	2,48	Telecopríde
<i>Paracanthon</i> sp.	33,33	17,07	Telecopríde
<i>Canthidium</i> aff. <i>breve</i>	25	0,31	Paracopríde
<i>Canthidium</i> <i>dispar</i>	33,33	1,24	Paracopríde
<i>Canthidium</i> <i>moestum</i>	33,33	1,71	Paracopríde
<i>Canthidium</i> aff. <i>trinodosum</i>	75	15,05	Paracopríde
<i>Canthidium</i> sp.1	83,33	11,48	Paracopríde
<i>Canthidium</i> sp.2	8,33	0,08	Paracopríde
<i>Dichotomius</i> aff. <i>affinis</i>	50	1,71	Paracopríde
<i>Dichotomius</i> <i>assifer</i>	50	1,32	Paracopríde
<i>Dichotomius</i> <i>nisus</i>	16,67	0,7	Paracopríde
<i>Dichotomius</i> aff. <i>sericeus</i>	58,33	6,28	Paracopríde
<i>Ontherus</i> <i>sulcator</i>	41,67	2,09	Paracopríde
<i>Ontherus</i> sp.	8,33	0,08	Paracopríde
<i>Eurysternus</i> sp.	16,67	0,16	Endocopríde
<i>Eurysternus</i> <i>parallelus</i>	16,67	0,16	Endocopríde
<i>Onthophagus</i> <i>catharinensis</i>	50	2,79	Paracopríde
<i>Coprophanaeus</i> <i>milon</i>	8,33	0,16	Paracopríde
<i>Coprophanaeus</i> <i>saphirinus</i>	66,67	5,59	Paracopríde
<i>Sucophanaeus</i> <i>menelas</i>	8,33	0,08	Paracopríde

## **Capítulo 2:**

### **Influência das diferentes condições de conservação da vegetação ripária na comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil**

#### **RESUMO**

A criação de ferramentas que auxiliem no manejo e na conservação dos ecossistemas aquáticos e de suas áreas ripárias é de extrema importância para a resolução dos problemas sócio-ambientais decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos. Estudos focados nas respostas biológicas das comunidades em relação às alterações ambientais podem auxiliar no manejo e avaliação de políticas conservacionistas. A subfamília Scarabaeinae é importante para o funcionamento dos ecossistemas terrestres principalmente por participar da ciclagem de nutrientes e da dispersão secundária de sementes. Além disso, os rola-bostas exibem respostas rápidas e graduais para vários tipos de distúrbios naturais e antrópicos. O objetivo desse estudo foi analisar a estrutura e a dinâmica da comunidade de Scarabaeinae em áreas que apresentam diferentes situações de conservação da vegetação ripária. O presente estudo foi realizado em áreas ripárias de três arroios de segunda ordem com quatro larguras da vegetação em cada um dos arroios, variando entre menos de 5 m a mais de 40 m, na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, na região Sul do Brasil. Os besouros coletados somaram um total de 1.289 indivíduos, distribuídos em 29 espécies de 11 gêneros. A riqueza e a composição de besouros variaram entre as áreas com diferentes larguras da vegetação ripária ao longo do período, com mais espécies, especialmente aquelas mais restritas ao interior de floresta nas áreas mais conservadas quanto à largura da vegetação ripária, sendo que a riqueza foi maior na primavera e no verão. A composição da fauna variou significativamente entre as áreas com e sem vegetação arbórea. O presente estudo constatou variações significativas na comunidade de Scarabaeinae entre os ambientes ripários com variações de poucos metros na largura dos fragmentos florestais, representadas por uma maior riqueza em ambientes mais conservados e por uma composição distinta de rola-bostas entre as áreas com diferentes situações de conservação da vegetação ripária.

**Palavras-chave:** bioindicadores; fragmentação do hábitat; florestas ripárias.

## ABSTRACT

The creation of tools that assist in the management and conservation of aquatic ecosystems and their riparian areas is of utmost importance for the resolution of social and environmental problems arising from inappropriate use of water resources. Studies focused on the biological answers of communities in relation to the environmental changes can assist in the management and evaluation of conservation policies. The subfamily Scarabaeinae is important for the functioning of terrestrial ecosystems mainly participate in the cycling of nutrients and secondary seeds dispersal. In addition, the dung beetles exhibit rapid responses and graded for various types of natural and anthropogenic disturbances. The aim of this study was to analyze the structure and dynamics of the community of Scarabaeinae in areas with different conditions of conservation of riparian vegetation. This study was conducted in riparian areas of three streams of second-order with four widths of vegetation in each of the streams, ranging from less than 5 m over 40 m in the hydrographic basin of the Rio dos Sinos, in Southern Brazil. The beetles collected amounted to a total of 1.289 individuals belonging to 29 species of 11 genera. The richness and composition of dung beetles varied among the areas with different widths of riparian vegetation throughout the period, with more species, especially those most restricted to the interior forest areas, in the most preserved areas as the width of riparian vegetation, and the richness was higher in the spring and summer. The fauna composition significantly varied between areas with and without woody vegetation. The present study found significant variation in Scarabaeinae community among riparian environments with variations in the width of a few meters of forest fragments, represented by a greater richness in environments preserved and a different composition of dung beetles between areas with different situations conservation of riparian vegetation.

**Key-words:** bioindicators, habitat fragmentation, riparian forests.

## INTRODUÇÃO

A expansão das atividades urbanas e agrícolas vem causando alterações na qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Historicamente, as atividades de pesca, irrigação de lavouras e uso doméstico e industrial (captação e, principalmente, devolução) são responsáveis pela poluição dos ecossistemas aquáticos, e pela destruição e fragmentação dos habitats ripários. Nesse sentido, o estado atual de conservação dos mananciais é bastante crítico devido à má gestão deste recurso. Além disso, a destruição e

a fragmentação dos ecossistemas são as principais atividades responsáveis pela perda da biodiversidade e da variabilidade genética em escalas regional e global (Caughley & Sinclair, 1994).

A fragmentação e a degradação dos ecossistemas ripários têm consequências drásticas para inúmeras espécies da fauna e flora em decorrência da formação de um mosaico na paisagem que confina as populações em manchas de habitats, muitas vezes sem conectividade com outras, afetando a viabilidade destas populações (Hanski & Gilpin, 1997; Baguette & Schtickzelle, 2006). Além disso, os fragmentos florestais remanescentes sofrem o chamado efeito de borda, que é caracterizado por apresentar limites súbitos entre dois ecossistemas adjacentes (Murcia, 1995), em que os microambientes das bordas de um fragmento apresentam um aumento no nível de radiação solar, temperatura, umidade e vento em relação ao interior da floresta (Kapos, 1989; Bierregaard *et al.*, 1992). O efeito de borda pode afetar diretamente a composição da fauna (Didham *et al.*, 1996), causando a extinção local de espécies que não estão adaptadas às novas condições ambientais (Primack & Rodrigues, 2002), agora favoráveis, ou toleráveis por outras espécies.

A criação de ferramentas que auxiliem no manejo e na conservação dos ecossistemas aquáticos e de suas áreas ripárias é de extrema importância para a resolução dos problemas sócio-ambientais decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos. A identificação de características ecológicas ou espécies indicadoras é uma importante ferramenta que pode contribuir com informações complementares para as atividades de conservação e de manejo de áreas naturais (Dufrene & Legendre, 1997). Assim, estudos ecológicos focados nas respostas biológicas das comunidades em relação às alterações ambientais, sejam elas de origem natural ou antrópica, podem auxiliar no manejo e avaliação de políticas conservacionistas (Lawton, 1997).

Os invertebrados, e entre estes predominantemente os insetos, correspondem ao grupo mais abundante e que apresenta a maior parte da biodiversidade global, estando presente em quase todos os ecossistemas (Erwin, 1982; Ruppert *et al.*, 2005), e compreendendo em torno de 94% da biomassa nos ecossistemas em que ocorrem (Fittkau & Klinge, 1973). Esses organismos atuam em muitos processos ecológicos nos ecossistemas naturais (Miller, 1993; Godfray *et al.*, 1999; Wall & Moore, 1999), são fundamentais componentes da dieta de uma grande parte da fauna (Main, 1987), estando envolvidos em uma grande quantidade de interações tróficas nos ecossistemas e, por isso, são importantes na transferência de energia ao longo das cadeias alimentares (Watts & Didham, 2006).

As comunidades de invertebrados terrestres são fortemente influenciadas por fatores físico-ambientais (Schoener, 1986), de forma que variações microclimáticas podem afetar a termo-regulação das espécies, a taxa de desenvolvimento, a sincronia em sistemas parasito-hospedeiro (Weiss *et al.*, 1988; Fleishman *et al.*, 2000; Hellmann, 2002), bem como outras interações ecológicas, favorecendo vários processos ecológicos dentro de florestas tropicais (Grimbacher & Stork, 2009). A presença de uma determinada composição de espécies desses organismos em um local conforme o grau de modificações estruturais a partir do estado original do ecossistema indica que as características ecológicas e biológicas das espécies presentes lhe permitem tolerar tais condições do ambiente, e assim respondem às mudanças e perturbações ambientais através da mudança na estrutura de suas comunidades (Reichman *et al.*, 1993). Nesse sentido, os invertebrados em geral são considerados sensíveis e importantes indicadores do estado de conservação dos ecossistemas naturais (DenBoer, 1977; Lindorth, 1992; Kremen *et al.*, 1993) e podem servir como uma ferramenta na elaboração de indicadores qualitativos do hábitat.

Os besouros da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) se alimentam do componente líquido de excretas de mamíferos (e menos comumente de outros vertebrados, como também frutos podres, fungos e carniça), que são ricas em microorganismos, e usam o material mais fibroso para o ninho de suas larvas (Hanski & Cambefort, 1991; mas veja também Nichols *et al.*, 2008), e por isso são importantes dentro do funcionamento dos ecossistemas terrestres por participarem ativamente da ciclagem dos nutrientes (Halffter & Matthews, 1966; Hanski & Cambefort, 1991; Halffter & Favila, 1993; Halffter & Arellano, 2002). Além disso, auxiliam no controle populacional de larvas de vários parasitas de vertebrados e na dispersão secundária de sementes presentes nas excretas utilizadas como recurso (Halffter & Edmonds, 1982; Andresen, 2002; 2003; Nichols *et al.*, 2008). A estrutura de sua comunidade é bastante sensível, sofrendo alterações em decorrência da extinção dos vertebrados que disponibilizam seu alimento (Nichols *et al.*, 2007) bem como pela alteração do ambiente (Gardner *et al.*, 2008), o que justifica seu uso como indicadores da qualidade dos habitats onde ocorrem. Os rola-bostas exibem uma larga variedade de peculiaridades morfológicas e comportamentais, e exibem respostas rápidas e graduais para vários tipos de distúrbios naturais e antrópicos (para uma revisão detalhada veja Nichols *et al.*, 2007; 2008). A estrutura física da floresta aparenta ser um importante fator determinante na composição e distribuição de suas comunidades (Davis *et al.*, 2001; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009), que são associadas à influência de fatores microclimáticos da fisionomia vegetal, tais como temperatura e intensidade de luz (Davis, 1996; Davis *et al.*, 2002; Davis & Philips, 2005).

Considerando que a perda e a alteração dos habitats florestais influenciam a riqueza, a abundância, e a composição de Scarabaeinae, assim como as interações entre eles e com outras espécies, o objetivo geral desse estudo foi analisar a estrutura e a



dinâmica da comunidade de besouros da subfamília Scarabaeinae em áreas que apresentam diferentes situações de conservação da vegetação ripária em uma bacia hidrográfica do Sul do Brasil. Os objetivos específicos desse estudo foram: 1) Avaliar a influência das diferentes condições de conservação da vegetação ripária na riqueza, abundância e composição de Scarabaeinae; 2) Verificar a influência de variáveis ambientais (acúmulo de serrapilheira e abertura de dossel) na riqueza e abundância de Scarabaeinae; e 3) Verificar a ocorrência de determinadas espécies de Scarabaeinae nas diferentes situações de conservação da vegetação ripária, no sentido de utilizá-las como indicadoras da qualidade dos habitats onde ocorrem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### **Área de Estudo**

A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, que se situa a nordeste no Estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 29° e 30° Sul. Essa bacia possui aproximadamente uma área de 4.000 km<sup>2</sup>, abrangendo 32 municípios. A vegetação original desta localidade compõe um mosaico na paisagem em que predominam formações florestais com espécies originárias principalmente da Mata Atlântica, mas com presença de espécies andinas e australoantárticas (Rambo, 1956). O Clima da região é considerado subtropical úmido e a precipitação média anual varia entre 1.200 e 2.000 mm/ano. O Rio dos Sinos é um dos principais rios do Rio Grande do Sul e foi o primeiro no Brasil a ter um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica (COMITESINOS, 2000).

O Rio dos Sinos tem aproximadamente 190 km de extensão, nasce a cerca de 900 m de altitude no município de Caraá e tem sua foz no delta do Jacuí (município de Canoas), a

5 m acima do nível do mar (Rolon *et al.*, 2003). O Rio dos Sinos está dividido em três cursos, classificados segundo sua declividade: curso superior, com 25 km de extensão da calha do rio principal, declividade de 840 m e alta velocidade da água superficial; curso médio, com 125 km de extensão e declividade de 55 m; e curso inferior, com 50 km de extensão, declividade praticamente nula e baixa velocidade da água superficial, com muitas planícies de inundação associadas.

O estudo foi realizado no curso superior em uma paisagem de matriz agrícola. Foram selecionadas quatro áreas ripárias com diferentes larguras da vegetação, distantes entre si por no mínimo 1 km, em três arroios de segunda ordem, sendo estes o arroio Padilha (município de Taquara), o arroio Areia e o arroio Chuvisqueiro (município de Rolante), totalizando doze áreas amostrais (Figura 1). Atualmente o uso da terra no entorno das áreas selecionadas é predominantemente representado por pequenas propriedades com cultivos variados, produção de gado leiteiro, silvicultura e piscicultura (Schulz *et al.*, 2006). As áreas em cada um dos arroios foram caracterizadas por no mínimo 100 m de comprimento de um entre as quatro situações da largura com vegetação arbórea na faixa ripária, sendo estas: fragmentos de vegetação com mais de 40 m de largura, em ambas as margens do arroio (Área 1); fragmentos de vegetação ripária representados por faixas entre 15 e 30 m de largura em ambas as margens do arroio (Área 2); fragmentos de vegetação ripária representados por faixas entre 5 e 15 m de largura em ambas as margens do arroio (Área 3); e fragmentos de vegetação ripária representados por faixas com até 5 m de largura em ambas as margens do arroio (Área 4).

## **Amostragem e Identificação de Scarabaeinae**

Os escaravelhos foram coletados em cada área amostral ao longo de um ciclo anual (outubro de 2010 a julho de 2011), correspondendo às quatro estações climáticas do ano. As amostragens de primavera ocorreram entre outubro e novembro de 2010, as de verão em janeiro de 2011, as de outono em maio e junho de 2011 e as de inverno em julho de 2011. A amostragem de indivíduos foi realizada através de armadilhas de queda (*pitfall trap*), método bastante comum para amostragem de invertebrados ativos sobre o solo (Southwood, 1994), e considerada a melhor técnica disponível para amostrar um conjunto de espécies em uma única área (Loreal, 1992). As armadilhas de queda foram confeccionadas utilizando potes plásticos com 30 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade, enterradas no solo até a linha da borda e protegida por uma cúpula de plástico, suspensas por palitos a uma altura aproximada de 10 cm e onde foram fixadas sob cada uma destas cúpulas, um de dois tipos de iscas: fezes humanas e carne suína em decomposição. As iscas eram compostas de aproximadamente 30g de um dos dois substratos, envolto por um tecido do tipo “voal” e atados com um barbante, que também era usado para suspender a isca no centro da cúpula de proteção. A escolha de fezes humanas como isca foi feita pelo fato dos invertebrados coprófagos serem atraídos principalmente por este tipo de substrato (Gardner *et al.*, 2008). No interior das armadilhas foi adicionado 300 ml de uma solução de água e detergente neutro a 2% (o detergente reduz a tensão superficial da água e faz com que os insetos capturados afundem). As armadilhas permaneceram ativas por 72 horas.

Em cada uma das áreas selecionadas, foi colocado um bloco amostral com oito armadilhas. Este bloco amostral era composto por quatro armadilhas iscadas com fezes e afastadas 10 m entre si ao longo de um gradiente de distância da margem do arroio, e

quatro armadilhas iscadas com carne suína em decomposição 40 m afastadas das primeiras, acompanhando o mesmo gradiente de distância da margem do arroio. Contudo, a disposição das armadilhas foi diferenciada conforme a largura da faixa ripária com vegetação ciliar. Nas áreas com mais de 40 m de largura (Área 1) todas as armadilhas foram colocadas no interior da floresta; nas áreas com vegetação entre 15 e 30 m de largura (Área 2) os três pares de armadilhas mais próximos da margem do arroio foram colocados sob a cobertura da vegetação arbórea e o último par no campo adjacente; nas áreas com vegetação arbórea entre 5 e 15 m de largura (Área 3) apenas o par de armadilhas mais próximo da margem foi colocado no interior da faixa arborizada; e nas áreas com presença arbórea em uma faixa de até 5 m (Área 4) todas as armadilhas foram colocadas no campo adjacente ao fragmento.

Os Scarabaeinae coletados foram inicialmente conservados em etanol a 70% para o transporte do campo até o laboratório, onde os rola-bostas foram secos a 40° C em estufa por 48 horas e preservados em mantas entomológicas. Os escarabaeíneos foram identificados ao nível específico sempre que possível, visto que há poucos trabalhos para a região onde o estudo foi realizado. Foi montada uma coleção em duplicata, previamente identificada ao nível genérico através do uso de chave dicotômica para os gêneros de Scarabaeinae Neotropicais (Vaz-de-Mello *et al.*, 2011) e as espécies morfotipadas. Uma destas coleções foi enviada para o Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), tombados na coleção de Scarabaeoidea desta Universidade, e identificada pelo Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello. A outra coleção permaneceu no Laboratório de Ecologia e Conservação, pertencente à Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e foi utilizada como referência para a identificação dos demais indivíduos coletados.

### **Acúmulo de serrapilheira e abertura de dossel**

A cobertura de serrapilheira foi mensurada utilizando parcela quadrada de 50 cm de lado, com 25 quadrículas de 10 cm X 10 cm, ao longo de todo o ciclo sazonal, durante os mesmos eventos de captura dos besouros. Os pontos de amostragem foram estabelecidos ao lado de cada armadilha localizada no interior do fragmento e no ponto médio da distância entre as armadilhas com isca diferente, mas com a mesma distância da margem do arroio. No mesmo local onde foi amostrada a cobertura, também foi estimada a altura média da serrapilheira, que foi medida nos quatro vértices da parcela, bem como na quadrícula central, utilizando-se de uma régua com escala em centímetros.

A abertura de dossel foi mensurada através de fotografias hemisféricas na altura do peito, utilizando uma lente “olho de peixe” acoplada a uma máquina fotográfica, nos mesmos pontos onde foram obtidos os dados de acúmulo de serrapilheira. Entretanto, estes dados de abertura de dossel foram obtidos apenas nas amostragens de primavera e inverno. A porcentagem de abertura de dossel foi estimada a partir dessas fotografias utilizando o programa *Gap Light Analyzer 2.0* (Frazer *et al.*, 1999).

### **Análise de dados**

A variação da riqueza e abundância de Scarabaeinae ao longo do ciclo anual estudado entre as áreas ripárias com diferentes larguras de vegetação ciliar foi testada por meio de ANOVA para medidas repetidas, no programa SPSS (2002). A homogeneidade da variância foi verificada pelo teste de Levene e a premissa de esfericidade - a proporcionalidade entre a matriz de covariância e a matriz identidade - foi testada pelo teste de esfericidade de Mauchy. A influência da cobertura e altura da serrapilheira na riqueza e abundância de Scarabaeinae nas áreas ripárias com diferentes larguras de

vegetação ciliar ao longo do período estudado foi avaliada através de regressão linear múltipla. A variação e a influência da abertura de dossel na riqueza e abundância de rolobostas nas áreas estudadas durante a primavera e o inverno foram analisadas através de análise de variância fatorial e regressão linear simples, respectivamente.

As relações de dissimilaridade na composição de Scarabaeinae entre as áreas ripárias com diferentes larguras de vegetação ciliar e entre as diferentes estações climáticas do ano foram analisadas por meio da técnica de ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (*Non-Metric Multidimensional Scaling* - NMDS). As análises foram realizadas utilizando o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2009) no programa estatístico R versão 2.9.0 (R Development Core Team, 2009). Uma Análise de Variância Multivariada por Permutação (PERMANOVA) foi usada para comparar diferenças na composição das espécies de Scarabaeinae entre as áreas ripárias com diferentes larguras de vegetação ciliar e entre as diferentes estações climáticas do ano. Para avaliar a diferença na composição entre as áreas foi utilizada a matriz de distância de Bray-Curtis e 9.999 permutações para validar a significância do modelo. As análises foram realizadas utilizando o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2009) no programa estatístico R versão 2.9.0 (R Development Core Team, 2009). Posteriormente, foi realizada uma análise de espécies indicadoras (“*Indicator Species Analysis*”; Dufrene & Legendre, 1997) para determinar se a frequência e abundância de determinadas espécies de Scarabaeinae poderiam estar mais relacionadas às áreas ripárias com diferentes larguras de vegetação ciliar e às diferentes estações climáticas do ano, sendo validada pelo teste de Monte Carlo (5.000 permutações).

## RESULTADOS

### Riqueza e Abundância

Foram coletados 1.289 indivíduos de 29 espécies da subfamília Scarabaeinae ao longo de um ciclo anual (Tabela I). A riqueza de besouros variou entre as áreas com diferentes larguras da vegetação ripária ao longo do período estudado ( $F_{9;24}=7,626$ ;  $p<0,001$ ) (Figura 2a). Na primavera, a riqueza diferiu significativamente entre as Áreas 1 e 3 ( $p=0,028$ ), 1 e 4 ( $p=0,001$ ), 2 e 4 ( $p=0,003$ ), e entre as Áreas 3 e 4 ( $p=0,049$ ), mas não entre as Áreas 1 e 2, que apresentaram uma maior riqueza de Scarabaeinae quando comparada com as demais áreas estudadas. No verão, a riqueza de rola-bostas foi maior nas áreas com maiores larguras da vegetação ripária (principalmente as Áreas 1 e 2) do que na área com vegetação ripária arbórea praticamente ausente (Área 4:  $p=0,046$  e  $p=0,019$ , respectivamente), sendo que a Área 3 apresentou valores intermediários entre as Áreas 1 e 2 em relação a Área 4. A riqueza de Scarabaeinae não variou significativamente entre as áreas com diferentes condições da vegetação ripária tanto no outono quanto no inverno, devido à riqueza ter se mostrado muito baixa neste período. Entre os períodos de primavera e de verão foram constatadas as maiores riquezas neste estudo, principalmente observadas nas áreas com maior presença de vegetação arbórea. Houve grande redução da riqueza em todas as áreas estudadas no período de outono e de inverno, quando a temperatura diminuiu drasticamente na região.

A abundância de rola-bostas não variou significativamente entre as Áreas estudadas ( $F_{3;8}=3,182$ ;  $p=0,085$ ) (Figura 2b). Por outro lado, a abundância variou ao longo do ciclo anual ( $F_{3;24}=22,293$ ;  $p<0,001$ ) (Figura 2b). A abundância foi maior na primavera do que no outono ( $p<0,001$ ) e no inverno ( $p=0,003$ ). De forma semelhante, a abundância foi maior no

verão do que no outono ( $p < 0,001$ ) e no inverno ( $p = 0,001$ ). Entretanto, não foram observadas variações significativas na abundância tanto entre a primavera e o verão quanto entre o outono e o inverno ( $p > 0,05$ ).

Tanto a cobertura quanto a altura de serapilheira, ainda que com uma baixa relação, influenciaram positivamente a riqueza ( $R^2 = 0,359$ ;  $F_{1,34} = 20,575$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3). Entretanto, apenas a altura da serapilheira influenciou positivamente a abundância ( $R^2 = 0,136$ ;  $F_{1,34} = 6,524$ ;  $p = 0,015$ ) (Figura 4). A abertura de dossel não variou entre as áreas ripárias com diferentes larguras de vegetação ciliar ( $F_{2,12} = 1,470$ ;  $p = 0,268$ ), e nem entre as estações do ano ( $F_{1,12} = 3,911$ ;  $p = 0,071$ ), e conseqüentemente a abertura de dossel não influenciou a riqueza ( $R^2 = 0,123$ ;  $F_{1,16} = 2,237$ ;  $p = 0,154$ ) ou a abundância ( $R^2 = 0,073$ ;  $F_{1,16} = 1,264$ ;  $p = 0,278$ ) de Scarabaeinae.

### **Composição da fauna de Scarabaeinae**

A similaridade na composição de Scarabaeinae foi representada por três eixos da análise de ordenação (NMDS,  $\text{stress} = 12,74$ ) (Figura 5). A composição de Scarabaeinae variou entre os ambientes com diferentes condições de conservação da vegetação ripária ( $F_{1,38} = 3,342$ ;  $p < 0,001$ ). A maior variação na composição de Scarabaeinae ocorreu entre a área mais conservada e a mais alterada em relação à vegetação ciliar. As Áreas com faixa ripária inferior a 5 m de largura apresentaram as maiores dissimilaridades na composição da fauna em relação às Áreas com maior presença de vegetação ripária (Figura 5).

Algumas espécies foram mais freqüentes e abundantes nas áreas com faixa ripária mais conservada, tais como *Paracanthon* sp. ( $I_{NDV_{AL}} = 0,606$ ;  $p = 0,003$ ) e *Canthon aff. luctuosus* ( $I_{NDV_{AL}} = 0,413$ ;  $p = 0,014$ ) relacionadas à Área 1, e *Dichotomius assifer* ( $I_{NDV_{AL}} = 0,583$ ;  $p < 0,001$ ) mais relacionadas aos ambientes com faixa ripária de largura entre 15 e 30



m (Área 2). Por outro lado, *Dichotomius nisus* ( $I_{ND}V_{AL}=0,468$ ;  $p=0,005$ ), *Ontherus sulcator* ( $I_{ND}V_{AL}=0,446$ ;  $p=0,012$ ), *Canthon aff. podagricus* ( $I_{ND}V_{AL}=0,321$ ;  $p=0,022$ ) e *Canthon mutabilis* ( $I_{ND}V_{AL}=0,286$ ;  $p=0,013$ ) estiveram mais associadas às áreas com faixa ripária menor do que 5 m de largura (Área 4).

A composição da fauna de rola-bostas também variou entre as estações do ano ( $F_{1;38}=2,959$ ;  $p<0,001$ ) (Figura 6). Algumas espécies foram mais frequentes e abundantes durante a primavera, tais como *Coprophanaeus saphirinus*, *Canthon latipes*, *Deltochilum brasiliense*, *Dichotomius aff. affinis*, e *Canthon aff. chalybaeus*. *Dichotomius aff. sericeus*, *Canthon aff. quinquemaculatus*, *Canthidium dispar*, *Canthon mutabilis*, foram mais representativas no verão (Tabela II). Nenhuma espécie esteve mais associada ao outono ou ao inverno, mesmo porque nenhuma espécie ocorreu exclusivamente no período de menores temperaturas. Contudo, algumas espécies que ocorreram ao longo de todo o período deste estudo, tais como *Paracanthon* sp., que foi a espécie mais abundante nos períodos de outono e inverno, além desta, *Canthidium* sp e *C. aff. trinodosum*, também foram bastante representadas nas amostragens das época de menores temperaturas (Tabela II).

## DISCUSSÃO

Neste estudo, a riqueza de rola-bostas foi influenciada positivamente pelo acúmulo de serapilheira, sendo maior nas áreas ripárias com a maior largura de vegetação arbórea presente. Este resultado também foi encontrado em trabalhos prévios que demonstraram haver uma relação positiva entre a riqueza de espécies de rola-bostas com a área de cobertura arbórea em florestas tropicais no Neotrópico (e. g., Klein, 1989; Andresen, 2003; Marinoni & Ganho, 2006; Nichols *et al.*, 2007; Navarrete & Halffter, 2008; Qie *et al.*,

2011). Navarrete & Halffter (2008) observaram que há uma relação direta entre a extensão da floresta e a riqueza de Scarabaeinae, de forma que a cobertura do dossel é considerada como uma das variáveis mais importantes na determinação da riqueza e composição de espécies da comunidade. Apesar de não termos constatado a variações na abertura de dossel entre as áreas estudadas, contrariando nossas expectativas, as variações no acúmulo de serrapilheira demonstraram influenciar principalmente a riqueza, mas também a abundância, de forma similar ao observado por estes autores em relação à cobertura de dossel.

Na região Neotropical, a redução da cobertura arbórea tem um efeito negativo na riqueza de espécies de rola-bostas (Klein, 1989; Halffter & Arellano, 2002), bem como nos processos ecossistêmicos. Fragmentos florestais pequenos e isolados têm baixa riqueza de espécies (Hanski & Cambefort, 1991). Silva (2011), estudando fragmentos florestais no bioma Pampa (RS), encontrou uma maior riqueza de rola-bostas em fragmentos florestais maiores e mais conservados. Além destes trabalhos, outros apontam para variações nas comunidades de Scarabaeinae conforme as modificações ambientais, tanto em relação ao tamanho dos fragmentos (e. g., Navarrete & Halffter, 2008; Nyeko, 2009; Qie *et al.*, 2011), como em relação à estrutura do hábitat (e. g., Davis *et al.*, 2001; Halffter & Arellano, 2002; Barlow *et al.*, 2007; Nichols *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2008; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009).

Nyeko (2009) demonstrou que fragmentos florestais em terras agrícolas, especialmente fragmentos de tamanho médio (100–150 ha) quando comparados com fragmentos menores (10–50 ha), apresentaram assembléias de rola-bostas bastante ricas, podendo contribuir com a conservação do grupo. Contudo, esta conclusão deve ser considerada com certa cautela, visto que florestas secundárias e plantadas apresentam

apenas uma parcela das espécies de contínuos florestais, com a exclusão das espécies mais sensíveis às modificações do hábitat (Gardner *et al.*, 2008). Além disso, Qie *et al.* (2011) verificaram que em fragmentos menores de 35,8 ha, padrões estocásticos têm maior influência na composição da comunidade, mantendo principalmente espécies comuns, de hábitos alimentares mais generalistas e capazes de forragear em borda de floresta, bem como aquelas com maior capacidade de dispersão, que são menos suscetíveis à extinção. Apesar de não terem sido obtidas as medidas dos fragmentos estudados neste trabalho, as áreas amostrais apresentaram um gradiente conforme o grau de fragmentação da paisagem, sendo que as áreas mais conservadas estavam situadas em matriz com maior presença de floresta e menor área de uso agropecuário.

Por outro lado, estudos prévios mostraram resultados muito distintos relacionados à riqueza e à abundância de Scarabaeinae entre os ambientes de floresta e áreas abertas, principalmente devido a características climáticas e à história evolutiva do grupo para cada região. Enquanto que no “Velho Mundo”, Scarabaeinae parece ser mais representativo em habitats de Savana, ou ao menos, com representatividade similar ao ambiente florestal (Davis *et al.*, 2001; Davis & Philips, 2005; Davis & Philips, 2009; Nyeko, 2009; Davis *et al.*, 2010), no “Novo Mundo” os rola-bostas parecem estar mais relacionados ao ambiente florestal, sendo melhor representados na floresta do que nos campos adjacentes, tanto em abundância como em riqueza de espécies (Klein, 1989; Andresen, 2003; Marinoni & Ganho, 2006; Nichols *et al.*, 2007; Navarrete & Halfpeter, 2008; Lopes *et al.*, 2011). A exceção parece ser encontrada nas regiões mais agrestes da região Neotropical (Endres *et al.*, 2007; Hernández, 2007; Silva *et al.*, 2007), onde a representatividade destes besouros assemelha-se com o observado para as Savanas Africanas. Klein (1989), na Amazônia Central, observou que escaravelhos copro-necrófagos foram praticamente inexistentes em

áreas totalmente desmatadas. Em oposição, Silva *et al.* (2010), em estudo na Caatinga do nordeste brasileiro, observou que, apesar de o número de indivíduos ter sido maior no hábitat de floresta, a diversidade total de Scarabaeinae foi maior no hábitat aberto. Endres *et al.* (2007) discutem que as espécies de Tabuleiro, na Caatinga, podem ser mais resistentes às mudanças ambientais, já que evoluíram sob a pressão de grandes variações térmicas e de grande incidência solar.

A composição de Scarabaeinae variou entre os ambientes com diferentes condições de conservação da vegetação ripária. Navarrete & Halffter (2008) observaram que a diversidade alfa de Scarabaeinae é altamente correlacionada com a cobertura do dossel e com a temperatura do solo. Silva *et al.* (2008), estudando ambiente de borda de fragmentos florestais, verificaram uma composição de espécies distinta entre os ambientes de campo e mata, com uma abundância crescente do campo para o interior da mata na região do Pampa sul brasileiro (aproximadamente na mesma latitude em que foi conduzido este trabalho). Lopes *et al.* (2011) estudando estes mesmos tipos de gradiente entre campo e mata, porém em Floresta Ombrófila Mista, no Paraná, encontraram baixa similaridade, com grandes diferenças no padrão de distribuição da composição de espécies para cada ambiente. Apesar de não termos estudado diretamente o efeito de borda neste trabalho, podemos inferir que fragmentos mais estreitos possuem condições microclimáticas bastante similares aos ambientes de borda de florestas (Primack & Rodrigues, 2002), o que pode explicar parcialmente as mudanças na composição da fauna de Scarabaeinae entre os ambientes com diferentes larguras ripárias. De acordo com Navarrete & Halffter, (2008), conforme a floresta contínua é fragmentada ou aberta em seu interior, as espécies de rolobosta exclusivamente residentes de florestas desaparecem e são substituídas por outras que podem tolerar altas temperaturas e alta exposição à luz solar.

A riqueza, a abundância e a composição de rola-bostas variaram ao longo do ciclo anual estudado. Esses resultados demonstraram uma forte sazonalidade das espécies de Scarabaeinae em clima subtropical, em especial na região do estudo, corroborando os resultados de outros estudos (Lumaret *et al.*, 1992; Endres *et al.*, 2005; Hernández, 2007; Silva *et al.*, 2007; Hernández & Vaz-de-Mello, 2009; Lopes *et al.*, 2011; Silva, 2011), com presença marcadamente mais conspícua nas épocas mais quentes do ano, em especial no período de verão. A maioria das espécies ocorreu ao longo de todo o período de elevação da temperatura (primavera-verão). Algumas outras poucas, em particular *Canthidium aff. trinodosum* e *Paracanthon* sp., ocorreram ao longo do ciclo anual completo. Lopes *et al.* (2011) observaram uma distribuição sazonal de indivíduos, com mais espécimes capturados entre dezembro e março, e poucos besouros coletados durante o inverno (junho a agosto) quando é seco e frio. Silva (2011) verificou que a temperatura esteve positivamente correlacionada com a abundância e a riqueza de Scarabaeinae no período de amostragem. Hernández & Vaz-de-Mello (2009) constataram que a riqueza variou conforme o ambiente estudado, com um maior reflexo da sazonalidade nos ambientes conservados (e de maior riqueza), com significativa redução da riqueza durante o inverno, e menos marcada nas áreas degradadas, com a riqueza, embora menor, mas mais constante ao longo do ano nestas áreas. Em nosso estudo, a variação da riqueza e abundância de Scarabaeinae ao longo do ciclo anual foi mais acentuada nas áreas com faixa ripária mais conservada, corroborando o estudo desenvolvido por Hernández & Vaz-de-Mello (2009).

A comunidade como um todo variou entre os ambientes, com mudanças principalmente na frequência das espécies conforme as modificações na vegetação ripária entre as áreas estudadas. Assim, apesar de a composição de Scarabaeinae como um todo refletir as mudanças estruturais do ambiente, direcionar a atenção para estas espécies que

mais fortemente representam estas mudanças da composição em relação às mudanças na estrutura do hábitat, pode contribuir facilitando as observações e conclusões em trabalhos futuros, principalmente de manejo adaptativo e análises da qualidade do ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRESEN, E. 2002. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. **Ecological Entomology**. 27: 257-270.
- ANDRESEN, E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**. 26: 87-97.
- BAGUETTE, M. & SHTICKZELLE, N. 2006. Negative relationship between dispersal distance and demography in butterfly metapopulations. **Ecology**. 87: 648-654.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T.C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; DA SILVA, M. N. F.; DA SILVA MOTTA, C. & PERES, C. A. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **PNAS**. 104 (47): 18555-18560.
- BIERREGAARD, R. O. JR.; LOVEJOY, T. E.; KAPOS, V.; SANTOS, A. A. & HUTCHINGS, R. W. 1992. The biological dynamics of tropical forest fragments. A prospective comparison of fragments and continuous forest. **Bioscience**. 42: 859-866.
- CAUGHLEY, G. & SINCLAIR, A. R. E. 1994. **Wildlife Ecology and Management**. Cambridge: Blackwell Science.
- COMITESINOS. 2000. **Enquadramento das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Impresul, São Leopoldo.
- DAVIS, A. L. V. 1996. Habitat associations in a South African, summer rainfall, dung beetle community (Coleoptera: Scarabaeidae, Aphodiidae, Staphylinidae, Histeridae, Hydrophilidae). **Pedobiologia**. 40: 260-280.
- DAVIS, A. J.; HOLLOWAY, J. D.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A. H. & SUTTON, S. L. 2001. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**. 38: 593-616.
- DAVIS, A. L. V.; VAN AARDE, R. J.; SCHOLTZ, C. H. & DELPORT, J. H. 2002. Increasing representation of localized dung beetles across a chronosequence of regenerating vegetation and natural dune forest in South Africa. **Global Ecology and Biogeography**. 11: 191-209.

- DAVIS, A. L. V. & PHILIPS, T. K. 2005. Effect of Deforestation on a Southwest Ghana Dung Beetle Assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the Periphery of Ankasa Conservation Area. **Environmental Entomology**. 34 (5):1081-1088.
- DAVIS, A. L. V. & PHILIPS, T. K. 2009. Regional Fragmentation of Rain Forest in West Africa and Its Effect on Local Dung Beetle Assemblage Structure. **Biotropica**. 41 (2): 215–220.
- DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ, C. H.; KRYGER, U.; DESCHODT, C. M. & STRÜMPHER, W. P. 2010. Dung Beetle Assemblage Structure in Tswalu Kalahari Reserve: Responses to a Mosaic of Landscape Types, Vegetation Communities, and Dung Types. **Environmental Entomology**. 39 (3): 811-820.
- DENBOER, P. J. 1977. Dispersal power and survival carabids in a cultivated countryside. **Miscellaneous papers**. Landbouwhogeschool Wageningen 14: 1-192.
- DIDHAM, R. K., J. GHAZOUL, N. E. STORK, & A. J. DAVIS. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution**. 11: 255-260.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. **Ecological Monographs by the Ecological Society of America**. 67 (3): 345-366
- ENDRES, A. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. & CREÃO-DUARTE, A. J. 2005. Considerações sobre *Coprophanaeus ensifer* (Germar) (Coleoptera, Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 49 (3): 427-429.
- ENDRES, A. A.; CREÃO-DUARTE, A. J. & HERNÁNDEZ, M. I. M. 2007. Diversidade de Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordeste. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51 (1): 67-71
- ERWIN, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **The Coleopterist's Bulletin**. 36: 74-75.
- FITTKAU, E. J. & KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**. 5: 2-14.
- FLEISHMAN, E.; LAUNER, A. E.; WEISS, S. B.; REED, J. M.; BOGGS, C. L.; MURPHY, D. D. & EHRLICH, P. R. 2000. Effects of microclimate and oviposition timing on prediapause larval survival of the Bay checkerspot butterfly, *Euphydryas editha bayensis* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Journal of Research on the Lepidoptera**. 36: 41-44.
- FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D. & LERTZMAN, K. P. 1999. **Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-color fisheye photographs**. Copyright 1999: Simon Frazer University, Burnaby, BC, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

- GARDNER, T. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; BARLOW, J. & PERES, C. A. 2008. Understanding the Biodiversity Consequences of Habitat changes: the Value of Secondary and Plantation Forest for Neotropical Dung Beetles. **Journal of Applied Ecology**. 45: 883-893.
- GODFRAY, H. C. J.; LEWIS, O. T. & MEMMOTT, J. 1999. Studying insect diversity in the tropics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological**. 354: 1811-1824.
- GRIMBACHER, P. S. & STORK, N. E. 2009. Seasonality of a Diverse Beetle Assemblage Inhabiting Lowland Tropical Rain Forest in Australia. **Biotropica**. 41 (3): 328-337.
- HALFFTER, G. & MATTHEWS, E. G. 1966. **The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae)**. Folia Entomológica Mexicana 12/14: 1-312.
- HALFFTER, G & EDMONDS, W. D. 1982. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach**. Man and the Biosphere Program UNESCO. México D. F. 177 p.
- HALFFTER, G. & FAVILA, M. E. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biology International**. 27: 15-21.
- HALFFTER, G. & ARELLANO, L. 2002. Response of Beetle Diversity to Human-Induced in a Tropical Landscape. **Biotropica**. 34: 144-154.
- HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. 1991. **Dung Beetle Ecology**. Princeton University Press. Princeton, NJ. 520 p.
- HANSKI, I. A. & GILPIN, M. E. 1997. **Metapopulation Biology – Ecology, Genetics, and Evolution**. Academic press. 1<sup>a</sup> ed. 512 pp.
- HELLMANN, J. J. 2002. The effect of an environmental change on mobile butterfly larvae and the nutritional quality of their hosts. **Journal of Animal Ecology**. 71: 925-936.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. 2007. **Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. Oecologia Brasiliensis**. 11 (3): 356-364.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. & VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2009. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 53 (4): 607-613
- KAPOS, V. 1989. Effect of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**. 5: 173-185.
- KLEIN, B. C. 1989. Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. **Ecology**. 70 (6): 1715-1725.
- KREMEN, C.; COLWELL, R. K.; ERWIN, T. L.; MURPHY, D. D.; NOSS, R. F. & SANJAYAN, M. A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**. 7: 796-808.



- LAWTON, J. H. 1997. The science and non-science of conservation biology. **Oikos**. 79: 3-5.
- LINDORTH, C. H. 1992. **Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. 111. A zoogeographical study**. Intercept, Andover, Massachusetts, USA.
- LOPES, J.; KORASAKI, V.; CATELLI L. L.; MARÇAL, V. V. M. & NUNES M. P. B. P. 2011. A comparison of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Paraná, Brazil. **Zoologia**. 28 (1): 72-79.
- LOREAL, M. 1992. Species abundance patterns and the structure of ground-beetle communities. **Annales Zoologici Fennici**. 28: 49-56.
- LUMARET, J. P.; KADIRI, N. & BERTRAND, M. 1992. Changes in Resources: Consequences for the Dynamics of Dung Beetle Communities. **Journal of Applied Ecology**. 29 (2): 349-356.
- MAIN, B.Y. 1987. **Persistence of invertebrates in small areas: Case studies of trapdoor spiders in Western Australia**. In: SAUNDERS, D.A.; G. W. ARNOLD; A. A. BURBIDGE & A. J.M. HOPKINS (ed.). Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation. Surrey Beatty, Chipping Norton. 29-39.
- MARINONI, R. C. & GANHO, N. G. 2006. A diversidade diferencial beta de Coleoptera (Insecta) em uma paisagem antropizada do Bioma Araucária. **Revista Brasileira de Entomologia**. 50 (1): 64-71.
- MILLER, J. C. 1993. Insect natural history, multi-species interactions and biodiversity in ecosystems. **Biodiversity and Conservation**. 2: 233-241.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**. 10: 58-62.
- NAVARRETE, D. & HALFFTER, G. 2008. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, Mexico: the effects of anthropogenic changes. **Biodiversity and Conservation**. 17: 2869-2898.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FLAVIA, M. & VULINEC, K. 2007. Global Dung Beetle Response to Tropical Forest Modification and Fragmentation: A Quantitative Literature Review and Meta-Analysis. **Biological Conservation**. 137: 1-19.
- NICHOLS, E.; S. SPECTOR; J. LOUZADA; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S. & FAVILA, M. E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141: 1461-1474.
- NYEKO, P. 2009. Dung Beetle Assemblages and Seasonality in Primary Forest and Forest Fragments on Agricultural Landscapes in Budongo, Uganda. **Biotropica**. 41 (4): 476-484.

- OKSANEN J.; KINDT R.; LEGENDRE P.; O'HARA B.; SIMPSON G. L.; SOLYMOS P.; STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. 2009. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 1.15-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. 2002. **Biologia da Conservação**. Londrina:Vida. 327 p.
- QIE, L.; LEE, T. M.; SODHI, N S. & LIM, S. L.-H. 2011. Dung beetle assemblages on tropical land-bridge islands: small island effect and vulnerable species. **Journal of Biogeography**. 38: 792-804.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>
- RAMBO, B. 1956. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. Porto Alegre. Selbach de selbach. 2 ed. 456 p.
- ROLON, A. S., OLIVA, T. D & MALTCHIK, L. 2003. **Bacia do Rio dos Sinos**. In: Leonardo Maltchik. (Org.). Biodiversidade e conservação de áreas úmidas da bacia do rio dos Sinos. 1º ed. São Leopoldo: Unisinos, p. 27-30.
- REICHMAN, O. J.; BENEDIX, J. H. & SEASTEDT, T. R. 1993. Distinct animal-generated edge effects in a tallgrass prairie community. **Ecology**. 74: 1281-1285.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S. & BARNES, R. D. 2005. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo. Ed: Roca. 873 p.
- SCHULZ, U. H.; NABINGER, V.; GOMES, L. P. 2006. **Relatório final do Projeto Monalisa**. São Leopoldo, RS. Comitê de gerenciamento da bacia do Rio dos Sinos - COMITESINOS, 18p.
- SCHOENER, T. W. 1986. **Patterns in terrestrial vertebrate versus arthropod communities: do systematic differences in regularity exist?** P. 556-586 in J. Diamond and T. J. Case, editors. Ecology. Harper & Row, New York, New York, USA.
- SILVA, P. G., GARCIA, M. A. R. & VIDAL, M. B. 2008. Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae *stricto sensu*) coletados em ecótono natural de campo e mata em Bagé, RS. **Ciência e Natura, UFSM**. 30 (2): 71-91.
- SILVA, P. G. 2011. **Espécies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Santa Maria.
- SILVA, F. A. B.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; IDE, S. & MOURA, R. C. 2007. Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51 (2): 228-233.

- SILVA, F. A. B.; COSTA, C. M. Q.; MOURA, R. C. & FARIAS, A. I. 2010. Study of the dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) community at two sites: Atlantic Forest and Clear-Cut, Pernambuco, Brazil. **Environmental Entomology**. 39 (2): 359-367.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1994. **Ecological Methods: With Particular Reference to the Study of Insect Populations**. Chapman & Hall, London.
- SPSS (Statistical Package for Social Sciences). 2002. **Software package**. SPSS, Chicago.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z.; EDMONDS, W. D.; OCAMPO, F. C. & SCHOOLMEESTERS, P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**. 2854: 1-73.
- WALL, D. H., & MOORE, J. C. 1999. Interactions underground—Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. **Bioscience**. 49: 109-117.
- WATTS, C. H. & DIDHAM, R. K. 2006. Influences of Habitat Isolation on Invertebrate Colonization of *Sporodanthus ferrugineus* in a Mined Peat Bog. **Restoration Ecology**. 14 (3): 12-419.
- WEISS, S. B.; MURPHY, D. D. & WHITE, R. R. 1988. Sun, slope, and butterflies: topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*. **Ecology**. 69: 1486-1496.

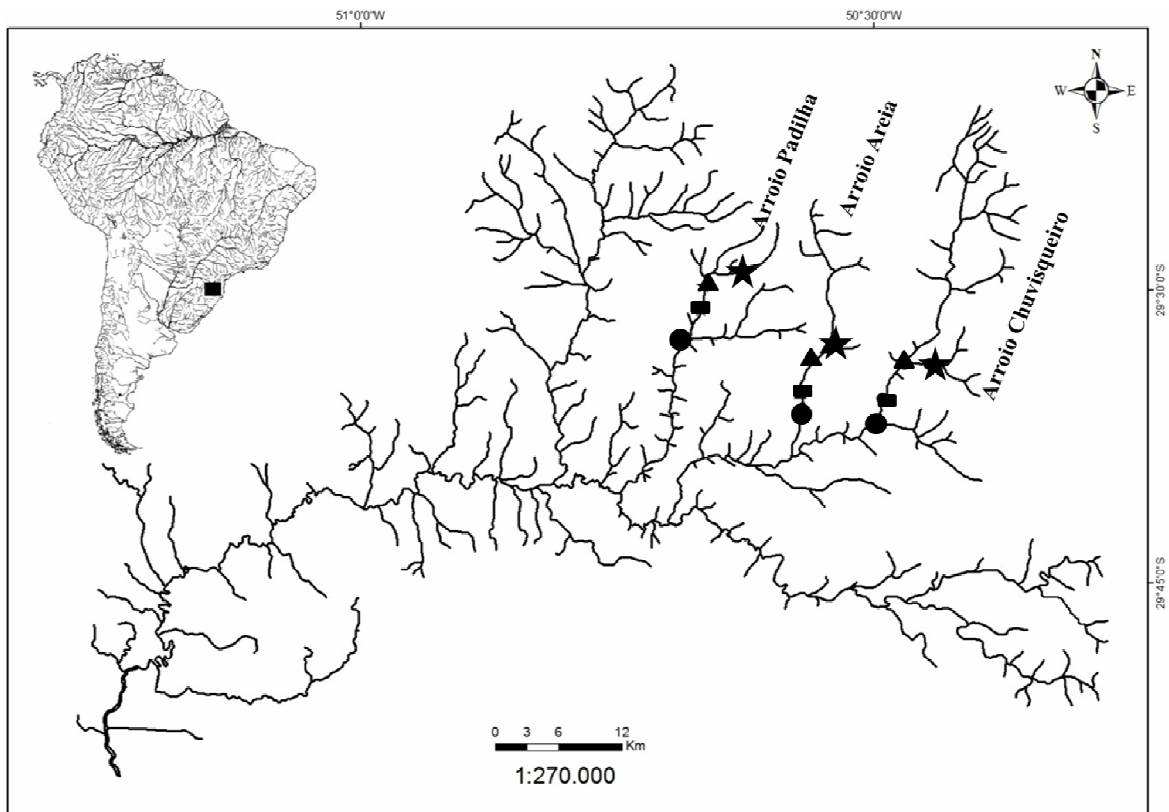


Figura 1: Mapa da localização das áreas amostradas, com a disposição geográfica dos arroios e das áreas amostrais, em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. Os símbolos representam as áreas amostrais: ★: Faixa ripária com mais de 40 m; ▲: Faixa ripária entre 15 m e 30 m de largura; ■: Faixa ripária entre 5 m e 15 m de largura; e ●: Faixa ripária com menos de 5 m de largura.

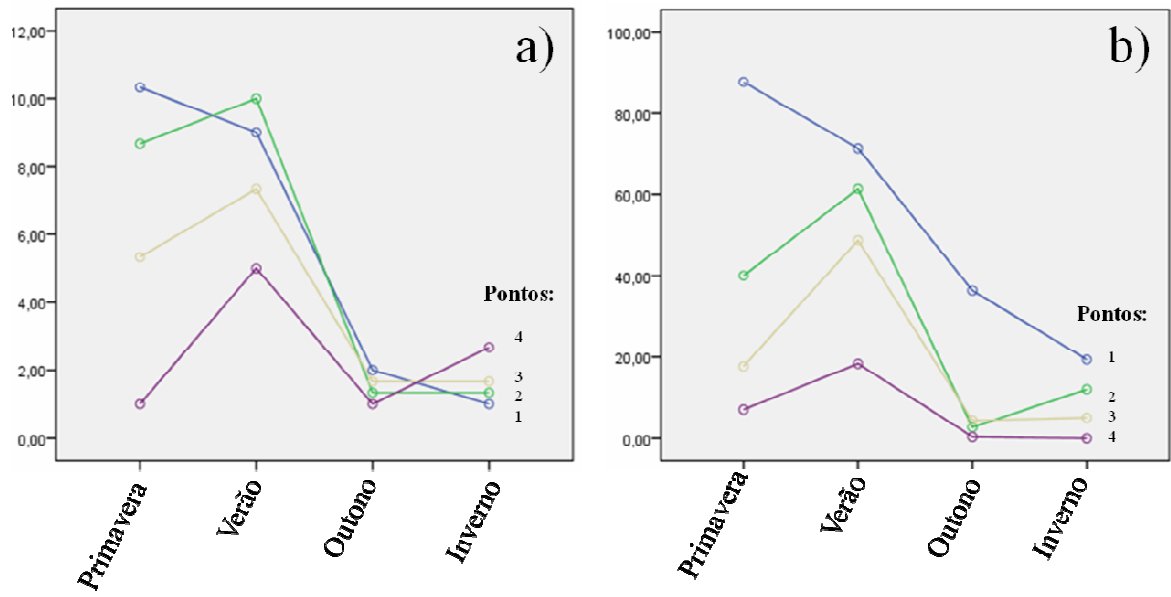


Figura 2: Variações da comunidade de Scarabaeinae ao longo de um ciclo sazonal completo entre as áreas amostradas em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. a) riqueza de espécies; e b) abundância (transformada em raiz quadrada).

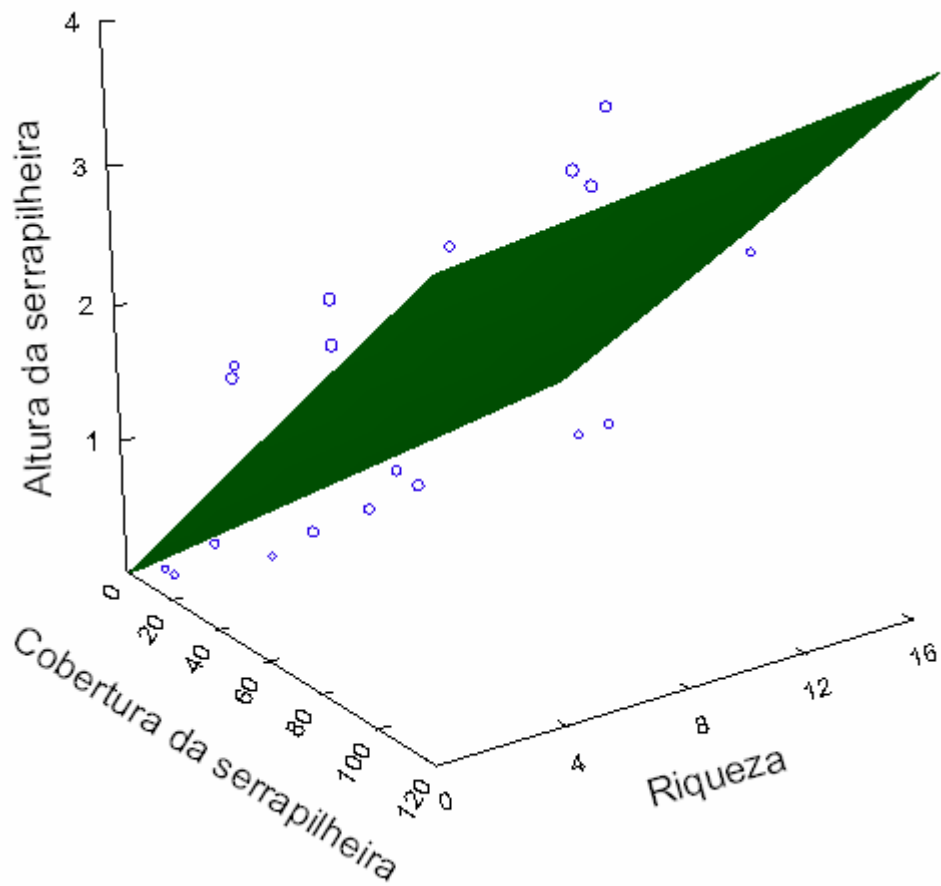


Figura 3: Variações da riqueza de Scarabaeinae em relação à cobertura e a altura de serrapilheira entre as áreas, obtidos ao longo de um ciclo sazonal completo em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS.

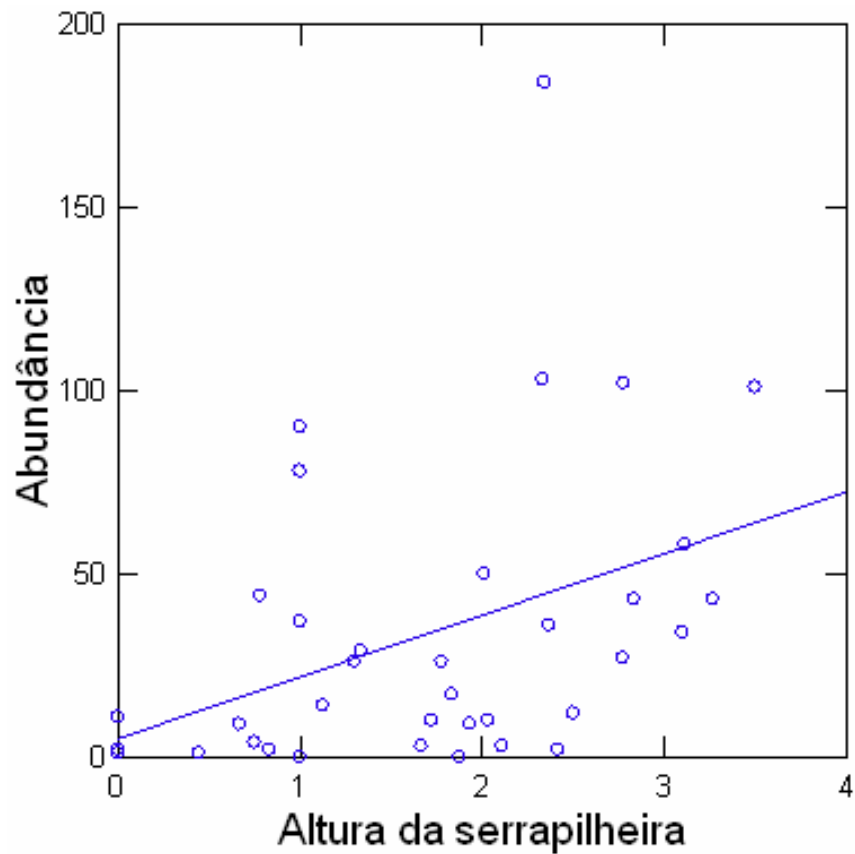


Figura 4: Variações da abundância de Scarabaeinae em relação à altura de serrapilheira entre as áreas, obtidas ao longo de um ciclo sazonal completo em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS.

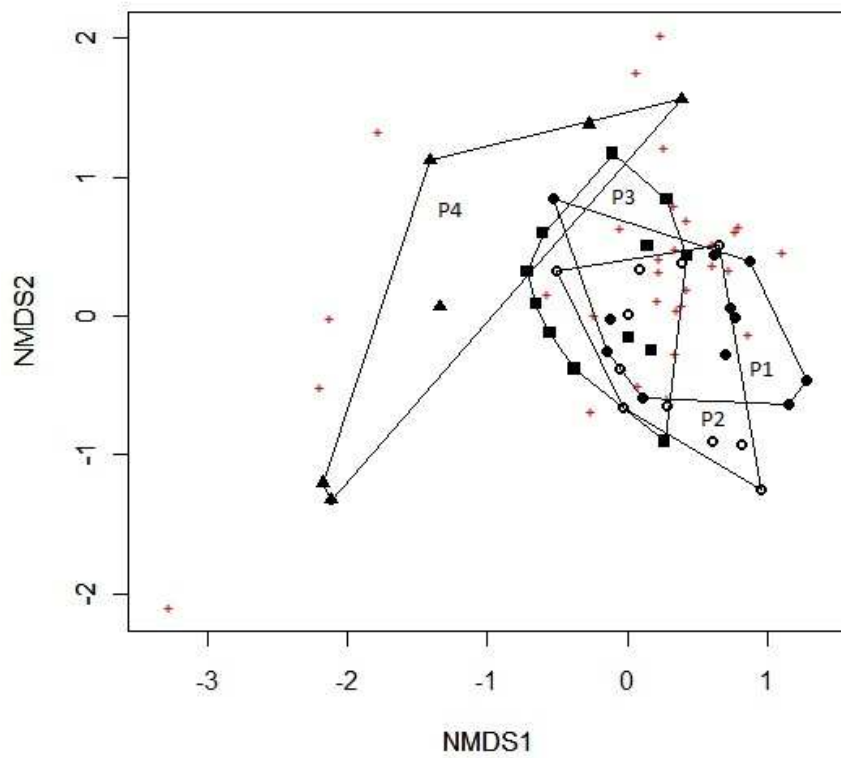


Figura 5: Variação da composição de rola-bostas em relação às áreas amostradas em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. Os polígonos representam as áreas estudadas conforme a largura da sua faixa ripária (**P1** (●): >40m; **P2** (○): entre 15 e 30m; **P3** (■): entre 5 e 15m; **P4** (▲): <5m).



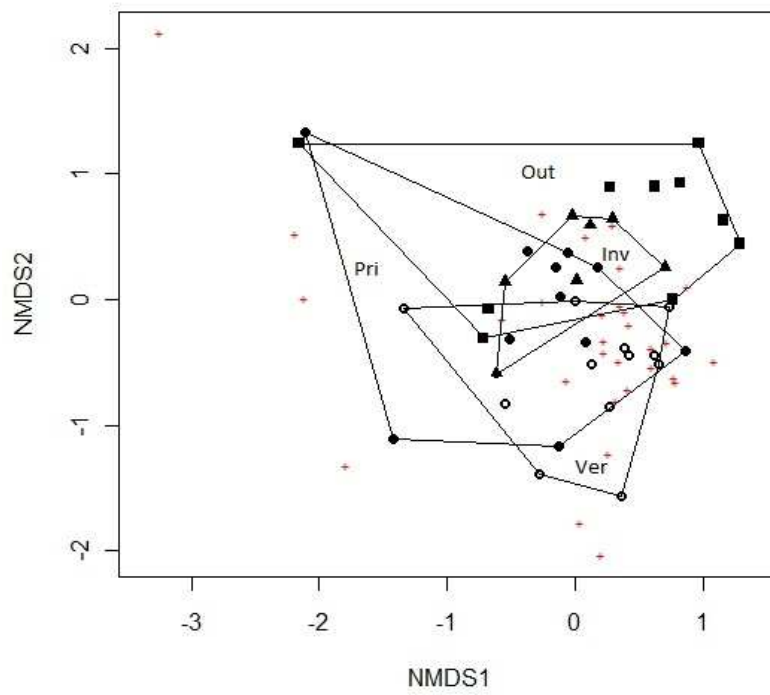


Figura 6: Variação da composição de rola-bostas em relação às estações do ano em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. Os polígonos representam a ocorrência das espécies conforme a época de amostragem (**Pri** (●): Primavera; **Ver** (○): Verão; **Out** (■): Outono; **Inv** (▲): Inverno).

Tabela I: Total de rola-bostas coletados ao longo de um ciclo anual em fragmentos ripários com diferentes situações de conservação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. A numeração representa a largura da cobertura ripária arbórea presente (**A:** Área Amostral; **P1:** >40m; **P2:** entre 15 e 30m; **P3:** entre 5 e 15m; **P4:** <5m). Os traços substituem os zeros onde não houve registro de Scarabaeinae nas coletas.

<i>Espécies</i>	Arroio Padilha				Sub- total	Arroio Areia				Sub- total	Arroio Chuvisqueiro				Sub- total	Total
	A1	A2	A3	A4		A1	A2	A3	A4		A1	A2	A3	A4		
<i>Canthidium aff. breve</i>	-	-	1	-	<b>1</b>	1	-	2	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>4</b>
<i>Canthidium dispar</i>	-	1	-	-	<b>1</b>	-	7	-	-	<b>7</b>	1	-	7	-	<b>8</b>	<b>16</b>
<i>Canthidium moestum</i>	-	-	3	-	<b>3</b>	1	2	-	-	<b>3</b>	-	16	-	-	<b>16</b>	<b>22</b>
<i>Canthidium aff. trinodosum</i>	14	25	31	-	<b>70</b>	14	17	2	-	<b>33</b>	58	30	3	-	<b>91</b>	<b>194</b>
<i>Canthidium sp.1</i>	10	8	26	1	<b>45</b>	25	28	9	-	<b>62</b>	17	3	21	-	<b>41</b>	<b>148</b>
<i>Canthidium sp.2</i>	-	1	-	-	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Canthon aff. chalybaeus</i>	4	1	38	-	<b>43</b>	26	23	29	6	<b>84</b>	1	21	12	11	<b>45</b>	<b>172</b>
<i>Canthon latipes</i>	7	1	2	-	<b>10</b>	98	19	5	1	<b>123</b>	5	4	-	-	<b>9</b>	<b>142</b>
<i>Canthon aff. luctuosus</i>	3	1	-	-	<b>4</b>	21	1	-	-	<b>22</b>	4	-	1	-	<b>5</b>	<b>31</b>
<i>Canthon oliverioi</i>	-	-	1	-	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Canthon mutabilis</i>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	1	<b>1</b>	-	-	1	2	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Canthon aff. podagricus</i>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	2	<b>2</b>	1	-	-	12	<b>13</b>	<b>15</b>
<i>Canthon aff. quinquemaculatus</i>	-	-	2	1	<b>3</b>	-	1	2	-	<b>3</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>6</b>
<i>Coprophanaeus saphirinus</i>	14	4	-	-	<b>18</b>	29	17	2	-	<b>48</b>	4	1	1	-	<b>6</b>	<b>72</b>
<i>Coprophanaeus milon</i>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	2	<b>2</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>2</b>
<i>Deltochilum brasiliense</i>	1	-	-	-	<b>1</b>	3	-	-	-	<b>3</b>	1	1	-	-	<b>2</b>	<b>6</b>
<i>Deltochilum morbillosum</i>	-	7	1	-	<b>8</b>	8	3	-	-	<b>11</b>	9	4	-	-	<b>13</b>	<b>32</b>
<i>Dichotomius aff. affinis</i>	2	-	5	-	<b>7</b>	3	-	-	-	<b>3</b>	5	6	1	-	<b>12</b>	<b>22</b>
<i>Dichotomius assifer</i>	-	5	2	-	<b>7</b>	1	3	-	-	<b>4</b>	2	4	-	-	<b>6</b>	<b>17</b>
<i>Dichotomius nisus</i>	-	-	-	8	<b>8</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	1	-	-	-	<b>1</b>	<b>9</b>
<i>Dichotomius aff. sericeus</i>	-	2	5	-	<b>7</b>	2	11	-	-	<b>13</b>	31	29	1	-	<b>61</b>	<b>81</b>
<i>Eurysternus sp.</i>	1	-	-	-	<b>1</b>	1	-	-	-	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>2</b>
<i>Eurysternus parallelus</i>	-	-	-	-	<b>0</b>	2	-	-	-	<b>2</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>2</b>
<i>Ontherus sulcator</i>	-	2	-	1	<b>3</b>	-	2	-	21	<b>23</b>	-	-	1	-	<b>1</b>	<b>27</b>
<i>Ontherus sp.</i>	-	-	-	1	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Onthophagus catharinensis</i>	1	10	2	-	<b>13</b>	-	19	-	-	<b>19</b>	2	2	-	-	<b>4</b>	<b>36</b>
<i>Paracanthon sp.</i>	-	-	5	-	<b>5</b>	181	-	-	-	<b>181</b>	28	6	-	-	<b>34</b>	<b>220</b>
<i>Sucophanaeus menelas</i>	-	-	-	1	<b>1</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	-	-	-	-	<b>0</b>	<b>1</b>
<i>Uroxys sp.</i>	-	-	-	-	<b>0</b>	1	-	-	-	<b>1</b>	-	2	-	-	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Total de Indivíduos</b>					<b>262</b>					<b>654</b>					<b>373</b>	<b>1.289</b>

Tabela II: Total de indivíduos das espécies de Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) de cada Área amostral coletados em cada estação. A numeração representa a largura da cobertura arbórea presente (**Área 1:** >40m; **Área 2:** entre 15 e 30m; **Área 3:** entre 5 e 15m; **Área 4:** <5m) e as siglas representam a estação do ano (**Prim:** primavera de 2010; **Ver:** verão de 2011; **Out:** outono de 2011; **Inv:** inverno de 2011). Os traços substituem os zeros onde não houve registro de Scarabaeinae nas coletas.

Espécies	Área 1			Área 2			Área 3			Área 4					
	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv			
<i>Canthidium aff. breve</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
<i>Canthidium dispar</i>	-	1	-	-	-	8	-	-	-	6	-	1	-	-	-
<i>Canthidium moestum</i>	1	-	-	-	10	8	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Canthidium aff. trinodosum</i>	31	42	2	11	14	29	5	24	15	12	7	2	-	-	-
<i>Canthidium sp.1</i>	28	16	1	7	8	27	-	4	14	30	2	10	-	1	-
<i>Canthidium sp.2</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Canthon aff. chalybaeus</i>	8	23	-	-	12	33	-	-	7	70	-	2	-	17	-
<i>Canthon latipes</i>	100	10	-	-	17	7	-	-	5	2	-	-	-	1	-
<i>Canthon aff. luctuosus</i>	11	17	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Canthon oliverioi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Canthon mutabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-
<i>Canthon aff. podagricus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
<i>Canthon aff. quinquemaculatus</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	1	-
<i>Coprophanaeus saphirinus</i>	42	5	-	-	15	7	-	-	1	2	-	-	-	-	-
<i>Coprophanaeus milon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Deltochilum brasiliense</i>	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Deltochilum morbillosum</i>	9	8	-	-	6	8	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Dichotomius aff. affinis</i>	6	-	3	1	6	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-
<i>Dichotomius assifer</i>	1	-	1	1	4	3	3	2	2	-	-	-	-	-	-
<i>Dichotomius nisus</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	1
<i>Dichotomius aff. sericeus</i>	-	33	-	-	1	41	-	-	-	6	-	-	-	-	-
<i>Eurysternus sp.</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurysternus parallelus</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ontherus sulcator</i>	-	-	-	-	2	2	-	-	1	-	-	-	19	3	-
<i>Ontherus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Onthophagus catharinensis</i>	2	1	-	-	23	8	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Paracanthos sp.</i>	13	57	102	37	-	-	-	6	1	2	2	-	-	-	-
<i>Sucophanaeus menelas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Uroxys sp.</i>	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## CONCLUSÕES

Junto com outros grupos de invertebrados, os rola-bostas podem prover uma representação taxonômica mais ampla no desenvolvimento de práticas e políticas conservacionistas (Nichols *et al.*, 2007). A ciência da conservação pode ajudar a construção de decisões políticas a respeito das estratégias no uso da terra, principalmente por providenciar respostas claras para questões a respeito do valor da biodiversidade para diferentes habitats (Barlow *et al.*, 2007). No presente estudo, tanto a riqueza quanto a abundância de Scarabaeinae mostraram-se gradualmente maiores nos fragmentos com vegetação ripária mais conservada, especialmente nas estações mais quentes do ano, sendo que algumas espécies distintamente preferiram um tipo de habitat a outro. Esta característica sustenta o uso de Scarabaeinae como indicadores da qualidade destes ambientes em trabalhos de monitoramento para o manejo ambiental, desempenhando assim um papel bastante importante para a conservação da biota terrestre.

Uma vez que os rola-bostas apresentam uma alta sensibilidade a vários tipos de atividades humanas e distúrbios do habitat, é imperativo entender e proteger os processos ecológicos desenvolvidos por esse grupo de insetos (Nichols *et al.*, 2008). Scarabaeinae parece indicar grande variabilidade ambiental, e por isso, conhecer as espécies características de cada tipo de ambiente, bem como obter o entendimento das ligações entre as funções ecológicas de Scarabaeinae e os serviços ecossistêmicos executados por eles é de vital importância para manejos futuros dos ecossistemas, sendo que o declínio ou a extinção local dos rola-bostas provavelmente acarreta em implicações nos processos do ecossistema à curto e longo prazos (Nichols *et al.*, 2008). Este estudo contribuiu com informações sobre a estrutura, distribuição e ecologia de Scarabaeinae na região Sul do

Brasil, ampliando estes conhecimentos para a região Neotropical, em especial para áreas subtropicais, ainda tão pouco estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRESEN, E. 2000. **The role of dung beetles in the regeneration of rainforest plants in Central Amazonia**. PhD dissertation, University of Florida, Gainesville, U. S. A.
- ANDRESEN, E. 2003. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**. 26: 87-97.
- ANDRESEN, E. & FEER, F. 2005. **The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. Seed Fate: Predation, Dispersal and Seedling Establishment** (eds P .M. Forget, J .E. Lambert, P.E. Hulme & S.B. Vander Wall). CABI International, Wallingford, UK. 331-349.
- ARMSWORTH, P. R.; CHAN, K. M. A.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; KREMEN, C.; RICKETTS, T. H. & SANJAYAN, M. A. 2007. Ecosystem-service science and the way forward for conservation. **Conservation Biology**. 21: 1383-1384.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; DA SILVA, M. N. F.; DA SILVA MOTTA, C. & PERES, C. A. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **PNAS**. 104 (47): 18555-18560.
- BENSON, T. J.; DINSMORE, J. J. & HOHMAN, W. L. 2007. Responses of Plants and Arthropods to Burning and Disking of Riparian Habitats. **Journal of Wildlife Management**. 71 (6): 1949-1957.
- BROOKS, T. & BALMFORD, A. 1996. Atlantic forest extinctions. **Nature**. 380: 115.
- BROWN, K. S. JR. & BROWN, G. G. 1992. **Habitat alteration and species loss in Brazilian forest. In: Tropical deforestation and species extinction** (eds. T. C. Whitmore & J. A. Sayer). Chapman and Hall, London. 119-142.
- BUTCHART, S.; AKCAKAYA, H. R.; KENNEDY, E. & HILTON-TAYLOR, C. 2005. Biodiversity indicators based on trends in conservation status: strengths of the IUCN red list index. **Conservation Biology**. 20: 579-581.
- CHIN, K. & GILL, B. D. 1996. Dinosaurs, dung beetles, and conifers: participants in a Cretaceous food web. **Palaios**. 11: 280-285.

- CÓDIGO FLORESTAL. 2001. **Código Florestal Brasileiro. LeiNo 4.771/1965**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Ministerio da Agricultura, Brasília.
- DAVIS, A. J.; HOLLOWAY, J. D.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A. H. & SUTTON, S. L. 2001. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**. 38: 593-616.
- DAVIS, A. L. V. 1996. Habitat associations in a South African, summer rainfall, dung beetle community (Coleoptera: Scarabaeidae, Aphodiidae, Staphylinidae, Histeridae, Hydrophilidae). **Pedobiologia**. 40: 260-280.
- DAVIS, A. L. V.; SCHOLTZ, C. H.; DOOLEY, P. W.; BHAM, N. & KRYGER, U. 2004. Dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. **South African Journal of Science**. 100: 415-424.
- DAVIS, A. L. V. & PHILIPS, T. K. 2005. Effect of Deforestation on a Southwest Ghana Dung Beetle Assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the Periphery of Ankasa Conservation Area. **Environmental Entomology**. 34 (5): 1081-1088.
- DAVIS, A. L. V. & PHILIPS, T. K. 2009. Regional Fragmentation of Rain Forest in West Africa and Its Effect on Local Dung Beetle Assemblage Structure. **Biotropica**. 41 (2): 215-220.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A. & BOUMANS, R. M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**. 41: 393-408.
- DENBOER, P. J. 1977. Dispersal power and survival carabids in a cultivated countryside. **Miscellaneous papers**. Landbouwhogeschool Wageningen 14: 1-192.
- DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E. & DAVIS, A. J. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution**. 11: 255-260.
- DUELLI, P. & OBRIST, M. K. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 98: 87-98.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. **Ecological Monographs by the Ecological Society of America**. 67 (3): 345-366
- ENDRES, A. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. & CREÃO-DUARTE, A. J. 2005. Considerações sobre *Coprophanæus ensifer* (Germar) (Coleoptera, Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 49 (3): 427-429.
- ENDRES, A. A.; CREÃO-DUARTE, A. J. & HERNÁNDEZ, M. I. M. 2007. Diversidade de Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape,

- Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordestino. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51 (1): 67-71.
- ERWIN, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **The Coleopterist's Bulletin**. 36: 74-75.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R.; DADDA, A. A. & CAMMARANO, P. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**. 14: 577-593.
- ESTRADA, A.; ANZURES, A. & COATES-ESTRADA, R. 1999. Tropical rain forest fragmentation, Howler Monkeys (*Alouata palliata*) and Dung Beetles at Los Tuxtlas, Mexico. **American Journal of Primatology**. 48: 253-262.
- FAVILA, M. E. & HALFFTER, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. **Acta Zoológica Mexicana**. 72: 1-25.
- FAZEY, I.; FISCHER, J. & LINDENMAYER, D. B. 2005. **Biological Conservation**. 124: 63-73.
- FITTKAU, E. J. & KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**. 5: 2-14.
- FLEISHMAN, E.; LAUNER, A. E.; WEISS, S. B.; REED, J. M.; BOGGS, C. L.; MURPHY, D. D. & EHRLICH, P. R. 2000. Effects of microclimate and oviposition timing on prediapause larval survival of the Bay checkerspot butterfly, *Euphydryas editha bayensis* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Journal of Research on the Lepidoptera**. 36: 41-44.
- GARAY, I. E. G. & DIAS, B. F. S. 2001. **Conservacao da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avancos conceituais e revisao de novas metodologias de avaliacao e monitoramento**. Editoras Vozes, Petropolis, RJ, 430 p.
- GARDNER, T. A., HERNÁNDEZ, M. I. M., BARLOW, J. & PERES, C. A. 2008. Understanding the Biodiversity Consequences of Habitat changes: the Value of Secondary and Plantation Forest for Neotropical Dung Beetles. **Journal of Applied Ecology**. 45: 883-893.
- GILL, B. D. 1991. **Dung Beetles in American Tropical Forest**. 211-229. In: I. Hanski & Cambefort, Y. (eds.). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton. 520 p.
- GODFRAY, H. C. J.; LEWIS, O. T. & MEMMOTT, J. 1999. Studying insect diversity in the tropics. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological**. 354: 1811-1824.
- GRIMBACHER, P. S. & STORK, N. E. 2009. Seasonality of a Diverse Beetle Assemblage Inhabiting Lowland Tropical Rain Forest in Australia. **Biotropica**. 41 (3): 328-337.

- HALFFTER, G. & MATTHEWS, E. G. 1966. **The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae).** Folia Entomológica Mexicana 12/14: 1–312.
- HALFFTER, G & EDMONDS, W. D. 1982. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach.** Man and the Biosphere Program UNESCO. México D. F. 177 p.
- HALFFTER, G. & HALFFTER, V. 1989. Behavioral evolution of the non-rolling roller beetles coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Acta Zoologica Mexicana.** (ns): 32.
- HALFFTER, G. & FAVILA, M. E. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15–21.
- HALFFTER, G. & ARELLANO, L. 2002. **Response of Beetle Diversity to Uman-Induced in a Tropical Landscape.** *Biotropica* 34: 144-154.
- HANSKI, I. & CAMBEFORT Y. 1991. **Dung Beetle Ecology.** Princeton University Press, NJ.
- HANSKI, I. A. & GILPIN, M. E. 1997. **Metapopulation Biology – Ecology, Genetics, and Evolution.** Academic press. 1ª ed. 512 p.
- HELLMANN, J. J. 2002. The effect of an environmental change on mobile butterfly larvae and the nutritional quality of their hosts. **Journal of Animal Ecology.** 71: 925-936.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. 2002. The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. **Revista Brasileira de Entomologia.** 46 (4): 597-600.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. & VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2009. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae *s. str.* (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia.** 53 (4): 607-613.
- HILTY, J. & MERENLENDER, A. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation.** 92: 185-197.
- HUGHES, R. M.; WHITTIER, T. R.; THIELE, S. A.; POLLARD, J. E.; PECK, D. V.; PAULSEN, S. G.; MCMULLEN, D.; LAZORCHAK, J.; LARSEN, D. P.; KINNEY, W. L.; KAUFMANN, P. R.; HEDTKE, S.; DIXIT, S. S.; COLLINS, G. B. & BAKER, J. R. 1992. **Lake and stream indicators for the United States Environmental Protection Agency's environmental monitoring and assessment program.** In: McKenzie, D. H., Hyatt, D. E., McDonald, V. J. (Eds.), *Ecological Indicator*, I. Elsevier Applied Science, London. 305-335.
- JOHNSON, R. K.; WIDERHOLM, T. & ROSENBERG, D. M. 1993. **Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates.** In: Rosenberg, D. M., Resh, V. H. (Eds.),



Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. 40-158.

- KELLER, C. M. E.; ROBBINS, C. S. & HATFIELD, J. S. 1993. Avian communities in riparian forests of different widths in Maryland and Delaware. **Wetlands**. 13: 137-144.
- KLEIN, B. C. 1989. Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. **Ecology**. 70 (6): 1715-1725.
- KREMEN, C.; COLWELL, R. K.; ERWIN, T. L.; MURPHY, D. D.; NOSS, R. F. & SANJAYAN, M. A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. **Conservation Biology**. 7: 796-808.
- LANDRES, P. B.; VERNER, J. & THOMAS, J. W. 1988. Critique of vertebrate indicator species. **Conservation Biology**. 2: 316-328.
- LAWTON, J. H.; BIGNELL, D. E.; BOLTON, B.; BLOEMERS, G. F.; EGGLETON, P.; HAMMOND, P. M.; HODDA, M.; HOLT, R. D.; SRIVASTAVA, D. S. & WATT, A. D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. **Nature**. 39: 72-76.
- LEE, P.; SMYTH, C. & BOUTIN, S. 2004. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United States. **Journal of Environmental Management**. 70: 165-180.
- LINDORTH, C. H. 1992. **Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. 111. A zoogeographical study**. Intercept, Andover, Massachusetts, USA.
- LOBO, J. M.; LUMARET, J. P. & JAY-ROBERT, P. 1998. Sampling dung beetles: effects of abiotic factors and farm practices. **Pedobiologie**. 42: 252-266.
- LOYOLA, R. D.; BRITO, S. L. & FERREIRA, R. L. 2006. Ecosystem disturbances and diversity increase: implications for invertebrate conservation. **Biodiversity and Conservation**. 15: 25-42.
- LUMARET, J. P.; KADIRI, N. & BERTRAND, M. 1992. Changes in Resources: Consequences for the Dynamics of Dung Beetle Communities. **Journal of Applied Ecology**. 29 (2): 349-356.
- MACE, G.; MASUNDIRE, H. & BAILLIE, J. 2005. In: **Ecosystems and Human Well Being, Current State and Trends**. Millenium Ecosystem Assessment, eds Hassan R, Scholes R, Ash N (Island Press, New York), Vol 1.
- MAGURRAN, A. E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Oxford, Blackwell Science Ltd. 256 p.
- MAIN, B. Y. 1987. **Persistence of invertebrates in small areas: Case studies of trapdoor spiders in Western Australia**. In: SAUNDERS, D.A.; G. W. ARNOLD;

- A. A. BURBIDGE & A. J.M. HOPKINS (ed.). Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation. Surrey Beatty, Chipping Norton. 29-39.
- MARCZAK, L. B. & Richardson, J. S. 2007. Spiders and subsidies: results from the riparian zone of a coastal temperate rainforest. **Journal of Animal Ecology**. 76: 687-694.
- MARCZAK, L. B.; SAKAMAKI, T.; TURVEY, S. L.; DEGUISE, I.; WOOD, S. L. R. & RICHARDSON, J. S. 2010. Are forested buffers an effective conservation strategy for riparian fauna? An assessment using meta-analysis. **Ecological Applications**. 20 (1): 126-134.
- MEA, 2005: REID, W.; MOONEY, H. A.; CROPPER, A.; CAPISTRANO, D.; CARPENTER, S. R.; CHOPRA, K.; DASGUPTA, P.; DIETZ, T.; DURAIAPPAH KUMAR, A.; HASSAN, R.; KASPERSON, R.; LEEMANS, R.; MAY, R. M.; MCMICHAEL, T. A. J.; PINGALI, P.; SAMPER, C.; SCHOLLES, R.; WATSON, R. T.; ZAKRI, A. H.; SHIDONG, Z.; ASH, N. J.; BENNETT, E.; KUMAR, P.; LEE, M. J.; RAUDSEPP-HEARNE, C.; SIMONS, H.; THONELL, J. & ZUREK, M. B. (Eds.), **Millennium Ecosystem Assessment Synthesis**, United Nations. 1-219.
- MILLER, J. C. 1993. Insect natural history, multi-species interactions and biodiversity in ecosystems. **Biodiversity and Conservation**. 2: 233-241.
- MORENO, C. E. & G. HALFFTER. 2001. Spatial and temporal analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape. **Biodiversity and Conservation**. 10: 367-382.
- MYERS, J. P. 1997. In: **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**, ed Daily GC (Island Press, Washington, DC). 215-237.
- NAKANO, S. & MURAKAMI, M. 2001. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. **Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)**. 98: 166-170.
- NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H. & MCCLAIN, M. E. 2005. **Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities**. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. **Alternative agriculture**. National Academy Press, Washington, D. C. USA.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2002. **Riparian areas: functions and strategies for management**. National Academy Press, Washington, D. C. USA.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A. L.; ESCOBAR, F.; FLAVIA, M. E. & VULINEC, K. 2007. Global Dung Beetle Response to Tropical Forest Modification and Fragmentation: A Quantitative Literature Review and Meta-Analysis. **Biological Conservation**. 137: 1-19.

- NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S. & FAVILA, M. E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141: 1461-1474.
- NICHOLS, E.; GARDNER, T. A.; PERES, C. A.; SPECTOR, S. & THE SCARABAEINAE RESEARCH NETWORK. 2009. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. **Oikos**. 118: 481-487.
- NOSS, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**. 4: 355-364.
- NYEKO, P. 2009. Dung Beetle Assemblages and Seasonality in Primary Forest and Forest Fragments on Agricultural Landscapes in Budongo, Uganda. **Biotropica**. 41 (4): 476-484.
- OWENS, L. B.; EDWARDS, W. M. & VAN KEUREN, R. W. 1996. Sediment losses from a pastured watershed before and after streamfencing. **Journal of Soil and Water Conservation**. 51: 90-94.
- QIE, L.; LEE, T. M.; SODHI, N. S. & LIM, S. L.-H. 2011. Dung beetle assemblages on tropical land-bridge islands: small island effect and vulnerable species. **Journal of Biogeography**. 38: 792-804.
- RAMBALDI, D. M. & OLIVEIRA, D. A. S. 2003. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a Biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. MMA/SBF, Brasília, DF, Brazil.
- RAPPORT, D. J. 1995. Ecosystem health: more than a metaphor. **Environmental Values**. 4: 287-387.
- REICHMAN, O. J.; BENEDIX, J. H. & SEASTEDT, T. R. 1993. Distinct animal-generated edge effects in a tallgrass prairie community. **Ecology**. 74: 1281-1285.
- RICHARDS, B. N. 1974. **Introduction to the Soil Ecosystem**. Longman Group Ltd., New York. 266 p.
- RICHARDSON, J. S.; NAIMAN, R. J.; SWANSON, F. J. & HIBBS, D. E. 2005. Riparian communities associated with Pacific Northwest headwater streams: assemblages, processes, and uniqueness. **Journal of the American Water Resources Association**. 41: 935-947.
- RICHARDSON, J. S. & DANEHY, R. J. 2007. A synthesis of the ecology of headwater streams and their riparian zones in temperate forests. **Forest Science**. 53: 131-147.
- RUPPERT, E. E. FOX, R. S. & BARNES, R. D. 2005. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo. Ed: Roca. 873 p.
- SCHOENER, T. W. 1986. **Patterns in terrestrial vertebrate versus arthropod communities: do systematic differences in regularity exist?** 556-586. In: J.

Diamond and T. J. Case, editors. *Ecology*. Harper & Row, New York, New York, USA.

- SCHOWALTER, T. D. & SABIN, T. E. 1991. Serrapilheira microarthropod responses to the canopy herbivory, season and decomposition in serrapilheira bags in a regenerating conifer ecosystem in Western Oregon. **Biology and Fertility of Soils**. 11: 93-96.
- SILVA, L. F. 1996. **Solos tropicais: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo**. Terra Brasilis, Sao Paulo, 137p.
- SINCLAIR, A. R. E.; FRYXELL, J. M. & CAUGHLEY, G. 2006. **Wildlife Ecology, Conservation, and Management**. Blackwell Publishing. 2<sup>a</sup> ed. 469 p.
- SUTTON, S. L. & COLLINS, N. M. 1991. **Insects and tropical forest conservation**. The Conservation of Insects and Their Habitats (eds N.M. Collins & J.A. Thomas), 405-422. Academic Press, London, UK.
- TRIMBLE, S. W. & MENDEL, A. C. 1995. The cow as a geomorphic agent - a critical review. **Geomorphology**. 13: 233-253.
- TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: A review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**. 33: 200-209.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. 2000. **Estado atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabaeoidea) do Brasil**. 183-195. In: Martín-Piera, F.; J.J. Morrone & A. Melic (eds.), Hacia un Proyecto CyTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000, SEA, Zaragoza. 326 p.
- VIANA, V. M. & PINHEIR, L. A. F. V. 1988. Conservação da Biodiversidade em Fragmentos Florestais. **Série Técnica IPEF**. 32: 25-42.
- VULINEC, K. 2002. Dung beetle communities and seed dispersal in primary forest and disturbed land in Amazonia. **Biotropica**. 34: 297-309.
- WALL, D. H. & MOORE, J. C. 1999. Interactions underground—Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. **Bioscience**. 49: 109-117.
- WATTS, C. H. & DIDHAM, R. K. 2006. Influences of Habitat Isolation on Invertebrate Colonization of *Sporadanthus ferrugineus* in a Mined Peat Bog. **Restoration Ecology**. 14 (3): 12-419.
- WEISS, S. B., MURPHY, D. D., WHITE, R. R. 1988. Sun, slope, and butterflies: topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*. **Ecology**. 69: 1486-1496.
- WHITMORE, T. C. 1997. **Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss**. In: Laurance, W. F. and Bierregaard, R. O. Jr (eds), Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities. Univ. of Chicago Press. 3-12.