

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Comunidade de Chrysomelidae (Coleoptera) de remanescentes
florestais de Dourados, MS: composição de espécies, relação com a
estrutura do habitat e diversidade beta

Thiago Silva Teles

Dourados, MS
Fevereiro, 2014

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Thiago Silva Teles

COMUNIDADE DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) DE
REMANESCENTES FLORESTAIS DE DOURADOS, MS: COMPOSIÇÃO
DE ESPÉCIES, RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DO HABITAT E
DIVERSIDADE BETA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Entomologia

Orientadora: Adelita Maria Linzmeier
Co-orientador: Josué Raizer

Dourados, MS
Fevereiro, 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

T269c Teles, Thiago Silva.
Comunidade de Chrysomelidae (Coleoptera) de remanescentes florestais de Dourados, Mato Grosso do Sul : composição de espécies, relação com a estrutura do habitat e diversidade beta / Thiago Silva Teles – Dourados, MS: UFGD, 2014.
48 f.

Orientadora: Profa. Dra. Adelita Maria Linzmeier.
Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Besouro (Chrysomelidae). I. Linzmeier, Adelita Maria. II. Título.

CDD: 595.76

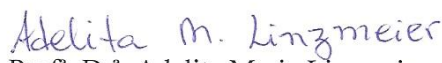
Responsável: Vagner Almeida dos Santos. Bibliotecário - CRB.1/2620


“COMUNIDADE DE CHRYSOMELIDAE DE REMANESCENTES FLORESTAIS DO
MUNICÍPIO DE DOURADOS, MATO GROSSO DO SUL: COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES,
RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DO HABITAT E DIVERSIDADE BETA”


Por

THIAGO SILVA TELES

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Entomologia


Prof^a. Dr^a. Adelita Maria Linzmeier
Orientadora - UFGD


Prof^a. Dr^a. Camila Aoki
Membro Titular – UEMS


Prof. Dr. Yzel Rondon Suárez
Membro Titular – UEMS

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2014.

Biografia do Acadêmico

Thiago Silva Teles, nascido na cidade de Lages, SC, em 19 de março de 1984 é filho de Silvia Silva Teles e Joair Zenere Teles. Em dezembro de 1993 mudou-se juntamente com sua família para a cidade de Rio Negrinho, SC, onde cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Professora Aurora Siqueira Jablonski e o ensino médio no Colégio Estadual Manuel da Nóbrega. No final do ano de 2005 foi aprovado no vestibular para Ciências Biológicas na Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC) na cidade de Lages, SC, retornando para sua cidade de origem e permanecendo lá até 2008, quando mudou-se para Dourados, MS. Nesta cidade concluiu a faculdade de Ciências Biológicas no Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN) no ano de 2011. No mesmo ano, foi aprovado no mestrado do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade.

Agradecimentos

À minha orientadora, Adelita Maria Linzmeier, pelos ensinamentos, carinho e dedicação. Agradeço também por incentivar-me em todas as decisões tomadas durante a execução deste trabalho e principalmente pela amizade adquirida durante este período.

Ao meu co-orientador, Josué Raizer, por ter me auxiliado sempre que precisei durante a execução deste trabalho, bem como pela amizade e carinho.

À Janaina Freitas Kögler, esposa, amiga e companheira, pela dedicação em estar diariamente ao meu lado. Pelo auxílio nas coletas, organização dos materiais e pelas reformas das armadilhas.

Ao meu pai, Joair Zenere Teles, e ao meu irmão, Juliano Silva Teles, por sempre acreditarem na minha capacidade. Também, por entenderem das distâncias.

Aos amigos Gimo Mazembe Daniel, Paulo Ricardo Barbosa de Souza, Emílio Colzani, Gabriela Schulz e Rodolfo Santos pelo auxílio nas coletas dos dados no campo e, principalmente à amizade que temos.

Aos alunos de graduação de Ciências Biológicas da UFGD, Natali de Oliveira Rodriguês Veron, Juliana Gomes Ribeiro Sobrinho e Frederico Cavalcanti Ogura pela dedicação que tiveram durante a triagem do material e também no auxílio das coletas no campo.

Aos proprietários das fazendas onde as coletas foram realizadas. À Mario Vardasca e Emanuel Feliz da Cruz, proprietário e administrados, respectivamente, da Fazenda Alto das Aroeiras; à Danilo Antonio Vazolin Zanato, proprietário da Fazenda Antolin; à Claudio Adelino Gali, proprietário da Fazenda Sonho Mágico; à Lídio Guerra, proprietário, e Volmir Domingos Silveira, administrador da EcoSystem Produção de Mudas; à Rosalvo de Andrade e Silva, proprietário do Sítio São Pedro; à Antonio Meurer e Nilson Oliveira da Silva, proprietário e administrador, respectivamente, do Sítio Castelo (Mudas Meurer); ao Sr. Acir, administrador da Fazenda Paradoiro; Fazenda Invernadinha; Sítio Santo Antônio; ao Sr. Heraldo administrador da Produção de Touros Nelores. Sem a autorização de vocês, nada deste trabalho poderia ter sido feito.

Ao Prof. Dr Jelly Makoto Nakagaki da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e Prof. Dr Emerson M. de Carvalho por disponibilizarem o espaço físico e os materiais de laboratório do Centro de Pesquisa em Biodiversidade – CPBio/UEMS.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos e pelos recursos financeiros necessários para a execução deste trabalho.

Dedicatória
Dedico este trabalho à Silvia
Silva Teles (*in memoriam*)
mãe e amiga que sempre me
incentivou a aprender.

Sumário

Biografia do Acadêmico	4
Agradecimentos	5
Resumo Geral	10
Abstract	11
Introdução Geral	12
Objetivos	13
Referências	14

Capítulo 1

A diversidade de Chrysomelidae (Coleoptera) no sub-bosque depende do dossel em fragmentos florestais	16
Resumo	17
Introdução	17
Material e Métodos	18
Análises estatísticas	20
Resultados	21
Discussão	22
Agradecimentos	24
Bibliografia	24
Figura 1	27
Figura 2	28
Figura 3	29
Figura 4	30
Tabela 1	31
Tabela 2	33

Capítulo 2

Em paisagens fragmentadas a diversidade beta de Chrysomelidae (Coleoptera) é devida ao turnover de espécies	35
Resumo	37
Introdução	38
Material e Métodos	38
Coleta dos dados	38
Análise dos dados	40
Resultado	41
Discussão	41
Conclusão	43
Agradecimentos	43
Referências	44
Figura 1	46
Conclusões Finais	47

COMUNIDADE DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) DE REMANESCENTES FLORESTAIS DO MUNICÍPIO DE DOURADOS, MS: COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES, RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DO HABITAT E DIVERSIDADE BETA.

Resumo geral

Buscando compreender o funcionamento em escala local e regional da comunidade de Chrysomelidae (Coleoptera) realizamos coletas em 16 remanescentes florestais do município de Dourados, MS, Brasil, entre agosto de 2012 a março de 2013. A paisagem da região apresenta resquícios de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e de Cerrado, distribuídos em uma paisagem dominada pela agricultura e pastagem plantada. Para conhecer o funcionamento em escala local, primeiramente realizamos um estudo onde o objetivo foi conhecer a relação destes insetos com a estrutura do habitat. Medimos três variáveis para caracterizar cada local de coleta: heterogeneidade do sub-bosque, altura e cobertura do dossel. Estas variáveis explicaram significativamente a variação dos dados da comunidade de Chrysomelidae, que respondeu positivamente com o aumento da heterogeneidade do sub-bosque e altura do dossel, e negativamente com a cobertura do dossel. Concluimos que estes fatos se devem a um aumento na abundância e na diversidade de plantas hospedeiras destes insetos em locais onde o dossel for mais alto e com menor porcentagem de cobertura. Dessa forma, há um aumento na luminosidade, permitindo que plantas pioneiras como herbáceas e arbustivas se desenvolvam, aumentando a oferta de recursos aos crisomelídeos. Em escala regional, buscamos compreender qual o processo que determina a diversidade beta destes besouros em paisagens fragmentadas, bem como saber se a diversidade beta está espacialmente estruturada. O processo determinante de diversidade beta foi atribuído quase que exclusivamente à substituição de espécies (turnover) e não apresentou uma estruturação espacial. Acreditamos que, por serem insetos dependentes de seus hospedeiros, a diversidade beta de crisomelídeos seja explicada pela distribuição destas plantas, apesar de não encontrarmos evidências de um padrão de distribuição espacial das mesmas.

Abstract

To understand how the Chrysomelidae (Coleoptera) community works at local and regional scale, we made collections in 16 forest remnants in Dourados city, MS, Brazil, from August 2012 to March 2013. The region has remnants of Semideciduous Alluvial Forest and Cerrado, distributed in a landscape dominated by agriculture and planted pasture. At local scale we first conducted a study where the goal was to understand the relationship of these insects with habitat structure. We measured three variables to characterize each collection site: understory heterogeneity, canopy height and canopy cover. These variables significantly explained the variation of Chrysomelidae community data, which responded positively to the increase in heterogeneity of understory and canopy height, and negatively to the increase in canopy cover. We conclude that these facts are due to an increase in the abundance and diversity of host plants of these insects in areas where the canopy is the highest and there is a lower percentage of coverage. Thus, there is an increase in brightness, allowing native plants as herbaceous and shrub to develop, increasing the supply of resources to chrysomelids. On a regional scale, we seek to understand the process that determines the beta diversity of these beetles in fragmented landscapes, as well as whether the beta diversity is spatially structured. The determinant beta diversity process was attributed almost exclusively to species replacement (turnover) and did not show a spatial structure. We believe that, being insects dependent on their hosts, chrysomelid beta diversity can be explained by the distribution of them, although we do not find evidence of a distributional plant spatial pattern.

Introdução Geral

Um dos principais objetivos da Ecologia como ciência, é descobrir e entender porque há tantas espécies no Mundo e como esta diversidade é mantida e organizada ao longo do espaço e do tempo. Com o passar dos anos, várias teorias e conceitos foram surgindo com o propósito de explicar o funcionamento da biodiversidade. Dentre estes, podemos destacar a influência que o ambiente gera sobre esta diversidade, bem como a diferença da composição de espécies em locais distintos.

Uma das principais explicações para a diversidade é a relação que as espécies têm com a estrutura do ambiente em que vivem. Em 1961 MacArthur e MacArthur propuseram a teoria de que os ambientes que apresentam uma maior heterogeneidade possuem um maior número de espécies. Este fato ocorre, porque os locais que apresentam uma maior heterogeneidade possuem uma maior disponibilidade de recursos, suportando assim um maior número de espécies por apresentarem diferenciação de nichos (Bazzaz, 1975). Porém, esta relação pode ser diferente nas mais variadas escalas espaciais, bem como depende do organismo na qual esta teoria é testada (Tews *et al.*, 2004).

A diferença na composição de espécies entre locais distintos é hoje conhecida como diversidade beta e tem atraído pesquisas que buscam compreender os fatores que levam à estas diferenças. Whittaker (1960; 1972) dividiu a biodiversidade em escalas e as denominou como diversidade alfa (α), diversidade gama (γ) e diversidade beta (β). A diversidade α é aquela que se refere à diversidade encontrada em um determinado local; a diversidade γ é a diversidade total encontrada em uma região; e a diversidade β é a diferença na composição de espécies entre comunidade locais (α) (Magurran, 2004).

Vários organismos são utilizados como modelo de teorias ecológicas, podendo destacar os Coleoptera e, dentro deste grupo, os Chrysomelidae a qual representa uma das mais diversas famílias de Coleoptera com aproximadamente 36.000 espécies descritas (Bouchard *et al.*, 2009) e estimativas de que existam mais de 60.000 espécies (Jolivet, 1988). Estes pequenos besouros, essencialmente herbívoros, são frequentes no estrato herbáceo-arbustivo e estão intimamente associados as suas plantas hospedeiras (Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2012). Por serem insetos de ampla distribuição ecológica, podem apresentar alta especificidade a seus hospedeiros e por possuírem uma elevada diversidade de espécies, estes besouros são considerados bons indicadores de biodiversidade (Hall & Barney, 2011).

Atualmente há uma crescente preocupação com a perda da biodiversidade. Um dos processos responsáveis por esta perda da biodiversidade, incluindo os crisomelídeos (Jolivet, 1988) é o processo de fragmentação de áreas naturais. Neste processo, extensas áreas de habitat são convertidas em pequenas manchas isoladas com área menor do que a original (Fahrig, 2003). Como resultado desta pressão antrópica, muitas populações animais e de plantas são isoladas em fragmentos de habitat cercados por uma matriz onde predomina a agricultura e a pecuária, muitas vezes inadequadas para a sobrevivência de espécies nativas (Fernández-Chacón *et al.*, 2014). Dessa forma, este fato exige que conheçamos os processos pelos quais a biodiversidade é gerada e mantida (Legendre *et al.*, 2005) para que não esgotemos os recursos naturais que ainda restam e que possamos aumentar/manter esta diversidade.

Apesar de haver grande interesse sobre a consequência do processo de fragmentação sobre as espécies animais, pouco se sabe sobre estes efeitos na comunidade de Chrysomelidae. No estado de Mato Grosso do Sul, por exemplo, há apenas pequenos relatos sobre a ocorrência de algumas espécies (Bello *et al.*, 2012), sem o enfoque na ecologia destes insetos.

Objetivos

Com o intuito de elucidar alguns aspectos ecológicos de Chrysomelidae em paisagens fragmentadas, esta dissertação teve o objetivo de avaliar a relação entre a comunidade de Chrysomelidae e a estrutura do habitat, levando em consideração a influência do dossel sobre os crisomelídeos do sub-bosque; e, determinar qual é o fator determinante na diversidade beta destes insetos em paisagens fragmentadas.

No primeiro capítulo será abordada a influência da estrutura do habitat na diversidade de Chrysomelidae. Este manuscrito será encaminhado para a editora Springer e comporá o livro “Biodiversity of leaf beetles: the contribution of the Chrysomelidae to a diverse world”. Já no segundo capítulo é explicado quais os fatores determinantes da diversidade beta destes insetos em paisagens fragmentadas e será encaminhado para publicação no periódico *Insect Science*. Dessa forma, a apresentação dos referidos capítulos seguem a formatação exigida pela editora Springer e pela *Insect Science*.

Referências

- Bazzaz F A (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* **56**: 485-488.
- Bello A de M, Aoki C, Vieira L (2012) Besouros (Coleoptera) da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista. Pp. 134-160. In: Rabelo A P C, Moreira V F, Bertassoni A, Aoki C (Eds). *Descobrimo o Paraíso: aspectos biológicos da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenheiro Eliezer Batista – Pantanal Sul*. Instituto Homem Pantaneiro.
- Bouchard P, Grebennikov V V, Smith A B T, Douglas H (2009) Biodiversity of Coleoptera [11]. Pp. 265-301. In: Footitt R G, Adler P H (Eds). *Insect biodiversity: science and society*. Blackwell Publishing.
- Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol S* **34**: 487-515.
- Fernández-Chacón A, Stefanescu C, Genovart M, Nichols J D, Hines J E, Páramo F, Turco M, Oro D (2014) Determinants of extinction-colonization dynamics in Mediterranean butterflies: the role of landscape, climate and local habitat features. *J Anim Ecol* **83**: 276-285.
- Hall S L, Barney R J (2011) Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Biodiversity within Isolated Remnant Grasslands in Kentucky State Nature Preserves. *J Ky Acad Sci* **72**(1): 24–38.
- Jolivet P (1988) Food habitats and food selection of Chrysomelidae: bionomic and evolutionary perspectives. Pp. 1-24. In: Jolivet P, Hsiao T H (Eds). *Biology of Chrysomelidae*. Klumer Academic Publishers.
- Legendre P, Bouchard D, Peres-Neto P R (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecol Monogr* **75**(4): 435-450.
- Linzmeier A M, Ribeiro-Costa C S (2012) Spatial-temporal composition of Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) communities in southern Brazil. *J. Nat. Hist.* **31-32** (46): 1921-1938.
- MacArthur R H, MacArthur J W (1961) On bird species diversity. *Ecology* **42**: 594-598.
- Magurran A E (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd, Oxford. 256p.

Tews J, Brose U, Grimm V, Tielborger K, Wichmann M C, Schwager M, Jeltsch F (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J Biogeogr* **31**: 79-92.

Whittaker R H (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol Monogr* **30**, 280–338.

_____ (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213-251.

Capítulo 1

A DIVERSIDADE DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) NO SUB-BOSQUE DEPENDE DO DOSSEL EM FRAGMENTOS FLORESTAIS

Thiago Silva Teles, Adelita Maria Linzmeier e Josué Raizer

RESUMO

Aqui nós mostramos que a cobertura e a altura do dossel influenciam a diversidade de Chrysomelidae independentemente da heterogeneidade espacial no sub-bosque. Com o auxílio de armadilhas Malaise amostramos a comunidade de crisomelídeos em 16 remanescentes florestais. Medimos três variáveis ambientais: altura e cobertura do dossel e heterogeneidade do sub-bosque. A diversidade de Chrysomelidae aumentou com a altura do dossel e heterogeneidade do sub-bosque e diminuiu com a cobertura do dossel. Locais com maior altura e menor cobertura do dossel, independentemente da heterogeneidade do sub-bosque, apresentaram maior diversidade de crisomelídeos. Tais locais são ambientes florestais mais abertos e, conseqüentemente, mais iluminados, o que favorece o crescimento de plantas herbáceas e arbustivas. Como os crisomelídeos geralmente apresentam especificidade com seus hospedeiros, concluímos que haverá uma maior diversidade destes insetos nestes locais por haver maior abundância e diversidade de plantas e por proporcionar um maior deslocamento destes insetos entre os estratos arbustivos.

Palavras-chave: diferenciação de nicho, diversidade de espécies, especificidade inseto-planta, intolerância à sombra.

INTRODUÇÃO

Ambientes mais heterogêneos possuem maior diversidade de espécies por apresentarem maior diferenciação de nichos favorecendo a coexistência de espécies. Em florestas o dossel é um importante fator que determina a heterogeneidade destes ambientes, pois afeta diretamente sua dinâmica, interferindo na quantidade de luz disponível, na disposição de nutrientes químicos essenciais (Anderson et al. 1969; Shaw & Bible 1996; Prescott 2002), na cobertura de arbustos e herbáceas e na composição de espécies do sub-bosque (Anderson et al. 1969; Chávez & Macdonald 2010). Dessa forma, pode-se considerar

que o dossel é a principal estrutura física de florestas e remanescentes florestais determinando toda dinâmica do sub-bosque.

Os efeitos que o dossel pode exercer nas comunidades de animais que utilizam o sub-bosque como local de forrageio podem ser diretos ou indiretos. Como citado acima, o dossel pode determinar a dinâmica do sub-bosque afetando indiretamente os animais que vivem abaixo dele. Por outro lado, pode afetar diretamente a diversidade destes animais, principalmente insetos, tendo em vista que muitos deles preferem locais mais iluminados para acasalamento, oviposição e alimentação (e.g. Grundel et al. 1998).

Chrysomelidae é uma das mais diversas famílias de Coleoptera com aproximadamente 36.000 espécies descritas (Bouchard et al. 2009) e estimativas de que existam mais de 60.000 espécies (Jolivet 1988). Estes pequenos besouros, essencialmente herbívoros, que são frequentes no estrato herbáceo-arbustivo, estão intimamente associados as suas plantas hospedeiras (Linzmeier & Ribeiro-Costa 2012), respondem às alterações no ambiente (Smith & Whittaker 1980) e, possivelmente, à heterogeneidade do hábitat (Ohsawa & Nagaike 2006).

Apesar de haver grande consenso sobre a influência do dossel na estrutura e na dinâmica de ambientes florestais, não encontramos evidências fortes sobre o efeito dessa estrutura na comunidade de Chrysomelidae que ocupa o estrato herbáceo-arbustivo (sub-bosque). Caracterizamos a comunidade de Chrysomelidae e determinamos qual o efeito da heterogeneidade espacial do sub-bosque, da altura e da cobertura do dossel na riqueza deste grupo em remanescentes florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos 60 coletas (subamostras) de crisomelídeos com auxílio de armadilhas Malaise (Townes 1972) em 16 remanescentes florestais (Fig. 1) no período de agosto de 2012

a março de 2013. Os remanescentes florestais na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, são resquícios de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e de Cerrado, distribuídos em uma paisagem dominada pela agricultura e pastagem plantada (Mato Grosso do Sul/ SEMAC 2011).

Instalamos cada armadilha a uma distância mínima de 30 m a partir da borda em direção ao centro do remanescente, deixando-a neste local por 14 dias consecutivos. Posteriormente, transferimos a armadilha para outro local distante, pelo menos, 30 m do ponto anterior. Após cada período de exposição das armadilhas recolhemos e preparamos os insetos para identificação e depósito dos espécimes *vouchers* no Museu da Biodiversidade da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (Universidade Federal da Grande Dourados). Separamos os crisomelídeos em morfotipos e identificamos por comparação àqueles depositados na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, Universidade Federal do Paraná. Dessa forma, caracterizamos a comunidade quanto ao número e composição de espécies coletadas e geramos uma curva de acumulação de espécies por randomização com 1000 permutações para sabermos a efetividade das coletas. Em adição, utilizamos os estimadores não paramétricos Chao, Jackknife de primeira ordem e Bootstrap para estimar o número de espécies que podem ocorrer nesta região.

Medimos três variáveis ambientais para a caracterização do habitat: heterogeneidade do sub-bosque, cobertura do dossel e altura do dossel. Um mesmo observador obteve todas as medidas a uma distância de 10 m perpendiculares a cada um dos quatro lados das armadilhas. Posteriormente, calculamos a média para cada uma das variáveis, caracterizando assim cada um dos locais de coleta.

Para medir a heterogeneidade do sub-bosque utilizamos uma haste com dois metros de altura subdividida em quatro classes de alturas (0-50 cm, 51-100 cm, 101-150 cm e 151-200 cm). Posicionamos a haste verticalmente e contamos o número de vezes que a vegetação

tocava cada uma das classes. O valor de heterogeneidade para cada local foi o inverso do índice de Shannon para diversidade em classes de alturas.

O observador utilizava a mesma haste como baliza para estimar a altura do dossel. Já para a cobertura do dossel utilizou uma placa transparente marcada com um quadrado de 10cm X 10 cm, subdividido em 100 quadrículas de 1 cm². O observador, com os braços estendidos, direcionava esta placa verticalmente em direção ao dossel e, olhando através dela, contava o número de quadrículas com 50% ou mais preenchidas com a imagem do dossel, representando a proporção de cobertura.

Análises estatísticas

Para evitar autocorrelação espacial e temporal, rearranjamos aleatoriamente as 60 subamostras em 15 amostras (cada amostra composta por 4 subamostras), considerando-se os valores médios das variáveis ambientais e valores totais do número de espécies nas análises. Transformamos as variáveis em uma escala com média zero e desvio padrão um, para que apresentassem o mesmo tamanho e mesma variabilidade em uma escala comum entre elas (Legendre & Legendre 2012).

Para saber o efeito direto de cada uma das variáveis sobre a riqueza de Chrysomelidae, submetemos os dados a uma análise de regressão múltipla. Já para avaliar os efeitos indiretos e gerais destas variáveis sobre a diversidade de crisomelídeos, realizamos uma análise de caminhos considerando-se os coeficientes de inclinação padronizados desta análise de regressão múltipla e de uma regressão múltipla para os efeitos da altura e da cobertura do dossel sobre a heterogeneidade do sub-bosque. A diferença entre as duas análises é que na regressão múltipla assume-se que ambas as variáveis independentes afetam diretamente a variável dependente, enquanto que na análise de caminhos o modelo analítico é construído em torno de um conjunto específico de relações entre as variáveis (Scheiner et al. 2000).

RESULTADOS

Coletamos 450 besouros Chrysomelidae de 99 espécies e cinco subfamílias (identificamos 11 espécies taxonomicamente e agrupamos os demais crisomelídeos em 88 morfotipos; Tabela 1). As espécies mais frequentes, tanto nas armadilhas quanto nos remanescentes foram *Wanderbiltiana* sp. 1 ocorrendo em 19 das 60 subamostras (~32%) e *W. sujuncta* com ocorrência em 18 subamostras (~18%). Estas duas espécies estiveram presentes em nove dos 16 remanescentes florestais (56,2% das áreas). A maioria das demais espécies ocorreu em apenas uma (60 espécies) ou duas (20 espécies) armadilhas. A riqueza de crisomelídeos teve um valor mínimo de duas espécies e máximo de 20 (12 ± 6 ; média \pm erro padrão) por amostra.

A curva de acumulação de espécies por amostras não alcançou a assíntota com as 99 espécies registradas neste estudo (Fig. 2). Em média os métodos de re-amostragem Chao, Jacknife 1 e Bootstrap estimaram que a comunidade é composta por aproximadamente 157 espécies, indicando que amostramos cerca de 63% da riqueza de espécies (Tabela 2).

Nas amostras, dentre as variáveis ambientais, a cobertura do dossel variou entre 81% e 99% ($90,4\% \pm 5,8$; média \pm erro padrão), a altura entre 7 m e 12,8 m ($10,13 \text{ m} \pm 1,6$) e a heterogeneidade do sub-bosque entre -1,34 e -0,98 ($-1,18 \pm 0,11$).

No modelo de regressão linear múltipla estas variáveis explicaram significativamente a variação no número de espécies ($n = 15$; $R^2 = 0,61$; $P = 0,004$). A riqueza de espécies de Chrysomelidae variou positivamente com a altura do dossel ($b = 0,5$; $P = 0,04$, Fig. 3A) e com a heterogeneidade do sub-bosque ($b = 0,73$; $P = 0,004$, Fig. 3B), e negativamente com a cobertura do dossel ($b = -0,85$; $P = 0,001$; Fig. 3C).

Uma análise de caminhos (Fig. 4) revelou uma relação negativa entre a cobertura do dossel e a heterogeneidade do sub-bosque ($b_4 = -0,58$) e relação positiva entre a altura do

dossel e a heterogeneidade do sub-bosque ($b_5 = 0,35$). Considerando-se efeitos diretos e indiretos (via heterogeneidade do sub-bosque), a cobertura do dossel exerceu influência negativa na diversidade de Chrysomelidae (coeficiente de caminho $p_1 = -1,27$) e a altura positiva (coeficiente de caminho $p_2 = 0,76$).

DISCUSSÃO

Apesar da grande fragmentação e isolamento dos remanescentes florestais na área de estudo registramos uma riqueza de Chrysomelidae comparável às encontradas em regiões em bom estado de conservação (e.g. Linzmeier & Ribeiro-Costa 2012, 2013). Em nosso estudo realocamos as armadilhas a cada 14 dias entre remanescentes, diferentemente de muitos estudos nos quais este período é de aproximadamente um ano (e.g. Marinoni & Dutra 1997; Ganho & Marinoni 2005). Assim, apesar do curto período em que nossas armadilhas ficaram no campo conseguimos revelar uma riqueza de espécies similar.

A relação positiva entre a riqueza de Chrysomelidae e a heterogeneidade do sub-bosque, bem como com a altura do dossel, está diretamente relacionada a um incremento na complexidade estrutural do habitat. O aumento da altura das árvores favorece ao desenvolvimento de espécies vegetais, tal como lianas, permitindo a coexistência de mais espécies em função da diferenciação de nichos. Dessa forma, assim como o aumento da heterogeneidade no sub-bosque, o incremento em altura cria um ambiente mais complexo e, conseqüentemente, com maior número de espécies de Chrysomelidae (Ohsawa & Shimokawa 2011).

A diminuição da diversidade de Chrysomelidae com o aumento da cobertura do dossel pode estar relacionada à composição de espécies de plantas herbáceas e arbustivas encontradas em locais com coberturas menos densas. Esta variação em densidade do dossel ocorre naturalmente ou por intervenção antrópica criando clareiras em ambientes florestais.

Dessa forma, apesar de haver uma diminuição de estrutura vertical, estas aberturas proporcionam um incremento na complexidade do ambiente, neste caso representado pela variação na abundância (Berger & Puettmann 2000) e na composição de espécies vegetais (Schnitzer & Carson 2001). Estas aberturas favorecem o crescimento e desenvolvimento de várias espécies de plantas pioneiras, como herbáceas e arbustivas, aumentando assim a disponibilidade de recursos para os insetos fitófagos, incluindo os Chrysomelidae. Como relatado por Linzmeier & Ribeiro-Costa (2012) estes insetos são frequentemente encontrados em herbáceas e arbustivas havendo uma grande especificidade entre estes insetos e suas plantas hospedeiras. Sendo assim, com o aumento da diversidade de plantas haverá um aumento na diversidade destes insetos.

Outra hipótese que pode explicar o aumento da diversidade de Chrysomelidae em ambientes florestais mais altos e com cobertura menos densa, pode ser o fato de que estes locais podem favorecer o deslocamento destes insetos entre os estratos arbóreos. Os crisomelídeos apresentam uma clara estratificação vertical em ambientes florestais úmidos, sendo esta estratificação menos evidente em ambientes mais secos (Charles & Basset 2005). Dessa forma, nas clareiras dos remanescentes florestais esta estratificação pode ser menos intensa favorecendo que espécies exclusivas do dossel possam deslocar-se para os estratos mais baixos aumentando a diversidade destes besouros nestes locais.

Em adição ao incremento em diversidade nos locais com cobertura do dossel menos densa é o fato da intolerância de muitos insetos à sombra. Muitos grupos de insetos têm mostrado preferência por locais mais iluminados do que aqueles mais sombreados (Grundel et al. 1998; Wu et al. 2013) incluindo os Chrysomelidae (Greatorex-Davies et al. 1994). Esta preferência, entretanto, pode ser influenciada pelo ambiente onde se desenvolvem a maioria das espécies de plantas hospedeiras dos crisomelídeos.

Portanto, concluímos que a comunidade de crisomelídeos responde positivamente à heterogeneidade encontrada no sub-bosque dos remanescentes florestais, sendo que em locais onde o dossel for mais alto e tiver menor cobertura, haverá maior riqueza destes insetos. Isto ocorre provavelmente devido à maior luminosidade nestes locais, o que propicia o estabelecimento de várias espécies de plantas pioneiras, entre elas herbáceas e arbustivas, bem como pelo incremento em complexidade vertical gerado pela altura das árvores além de permitir um maior deslocamento destes insetos entre os estratos arbustivos.

AGRADECIMENTOS

À Cibele Stramare Ribeiro-Costa (Universidade Federal do Paraná) e à equipe do *Taxon line* (Rede Paranaense de Coleções Biológicas) pela permissão ao acesso à Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure. Ao Dr. Jelly Makoto Nakagaki (Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul) por disponibilizar os equipamentos e o espaço físico do laboratório do Centro de Pesquisas em Biodiversidade. À Capes (Ministério da Educação – Brasil) pela bolsa de estudos ao primeiro autor, bem como pelo apoio financeiro à execução do projeto de dissertação do mesmo.

BIBLIOGRAFIA

Anderson RC, Loucks OL, Swain AM (1969) Herbaceous response to canopy cover, light intensity, and throughfall precipitation in coniferous forests. *Ecology* 50(02): 255-263

Berger AL, Puettmann KJ (2000) Overstory composition and stand structure influence herbaceous plant diversity in the mixed aspen forest of northern Minnesota. *Am Midl Nat* 143: 111-125

- Bouchard P, Grebennikov VV, Smith ABT, Douglas H (2009) Biodiversity of Coleoptera. In: Foottit RG, Adler PH (eds) *Insect biodiversity: science and society*, Blackwell Publishing, p 265-301
- Charles E, Basset Y (2005) Vertical stratification of leaf-beetle assemblages (Coleoptera: Chrysomelidae) in two forest types in Panama. *J Trop Ecol* 21(3): 329-336
- Chávez V, Macdonald SE (2010) The influence of canopy patch mosaics on understory plant community composition in boreal mixed wood forest. *Forest Ecol Manag* 259: 1067-1075
- Ganho NG, Marinoni RC (2005) A diversidade inventarial de Coleoptera (Insecta) em uma paisagem antropizada do Bioma Araucária. *Rev Bras Entomol* 49(4): 535-543
- Greatorex-Davies JN, Sparks TH, Hall ML (1994) The response of Heteroptera and Coleoptera species to shade and aspect in rides of coniferised lowlands woods in southern England. *Biol Conserv* 67: 255-273
- Grundel R, Pavlovic NB, Sulzman CL (1998) Habitat use by the endangered Karner blue butterfly in oak woodlands: the influence of canopy cover. *Biol Conserv* 85: 47-53
- Jolivet P (1988) Food habitats and food selection of Chrysomelidae: bionomic and evolutionary perspectives. In: Jolivet P, Hsiao TH (eds) *Biology of Chrysomelidae*, Klumer Academic Publishers, p 1-24
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical Ecology: third English edition*. Elsevier
- Linzmeier AM, Ribeiro-Costa CS (2012) Spatial-temporal composition of Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) communities in southern Brazil. *J Nat Hist* 31-32(46): 1921-1938
- Linzmeier AM, Ribeiro-Costa CS (2013) Seasonal pattern of Chrysomelidae (Coleoptera) in the state of Paraná, southern Brazil. *Biota Neotrop* 13(1): 1-10
- Marinoni RC, Dutra RRC (1997) Famílias de Coleoptera capturadas com armadilha Malaise em oito localidades do Estado do Paraná, Brasil. *Diversidade alfa e beta. Rev Bras Zool* 14(3): 751-770

Mato Grosso do Sul, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento e de Ciência e Tecnologia (2011) Estudo da dimensão territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de planejamento, Campo Grande, MS.

<http://www.imasul.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=&show=6521> Accessed 21 Oct 2013

Ohsawa M, Nagaike T (2006) Influence of forest types and effects of forestry activities on species richness and composition of Chrysomelidae in the central mountainous region of Japan. *Biodivers Conserv* 15: 1179-1191

Ohsawa M, Shimokawa T (2011) Extending the rotation period in larch plantations increases canopy heterogeneity and promotes species richness and abundance of native beetles: implications for the conservation of biodiversity. *Biodivers Conserv* 144: 3106-3116

Prescott CE (2002) The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiol* 22: 1193-1200

Scheiner SM, Mitchell RJ, Callahan HS (2000) Using path analysis to measure natural selection. *J Evolution Biol* 13: 423-433

Schnitzer SA, Carson WP (2001) Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* 82(4): 913-919

Shaw DC, Bible K (1996) An overview of forest canopy ecosystem functions with reference to urban and riparian systems. *Northwest Sci* 70 (special issue): 1-6

Smith RW, Whittaker JB (1980) The influence of habitat type on the population dynamics of *Gastrophysa viridula* Degeer (Coleoptera: Chrysomelidae). *J Animal Ecology* 49(1): 225-236

Townes H (1972) A light-weight malaise trap. *Entomol News* 83: 239-247

Wu J, Pan H, Yang S, Niu X (2013) Tree species and elevation influence the assemblage composition of saproxylic beetles in subtropical forest of east China. *Forest Ecol Manag* 292: 29-38

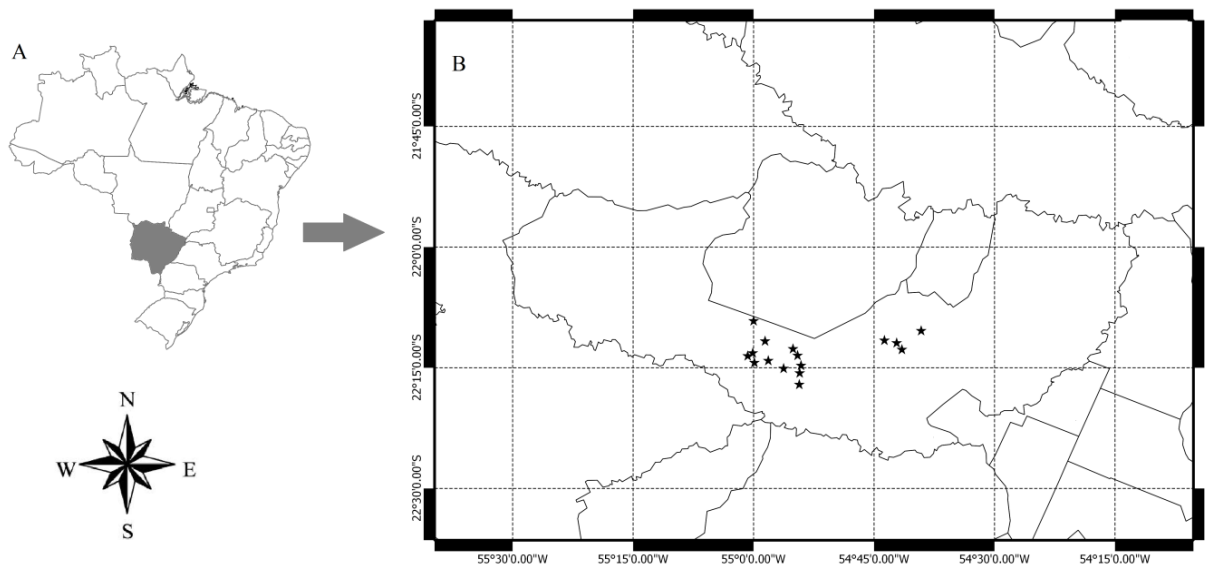


Fig. 1. Locais de coleta de Chrysomelidae. A: Mapa do Brasil destacando o Estado de Mato Grosso do Sul; B: Município de Dourados, MS, com os pontos de coletas (estrelas).

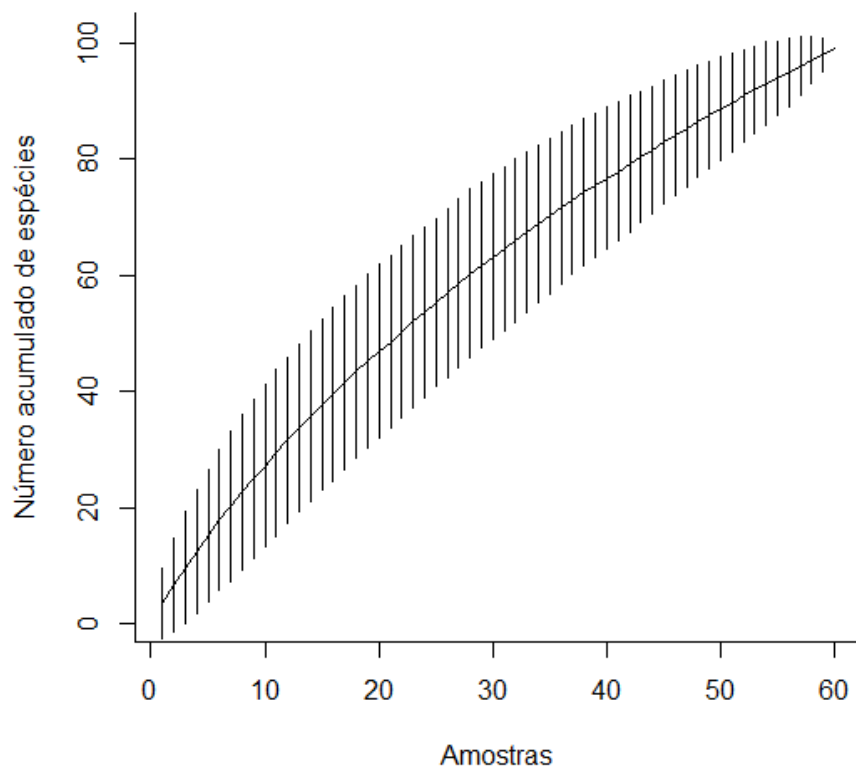


Figura 2. Curva de acumulação de espécies por randomização com 1000 permutações das amostras para Chrysomelidae coletados em remanescentes florestais semidecíduais de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. As barras verticais representam o erro padrão.

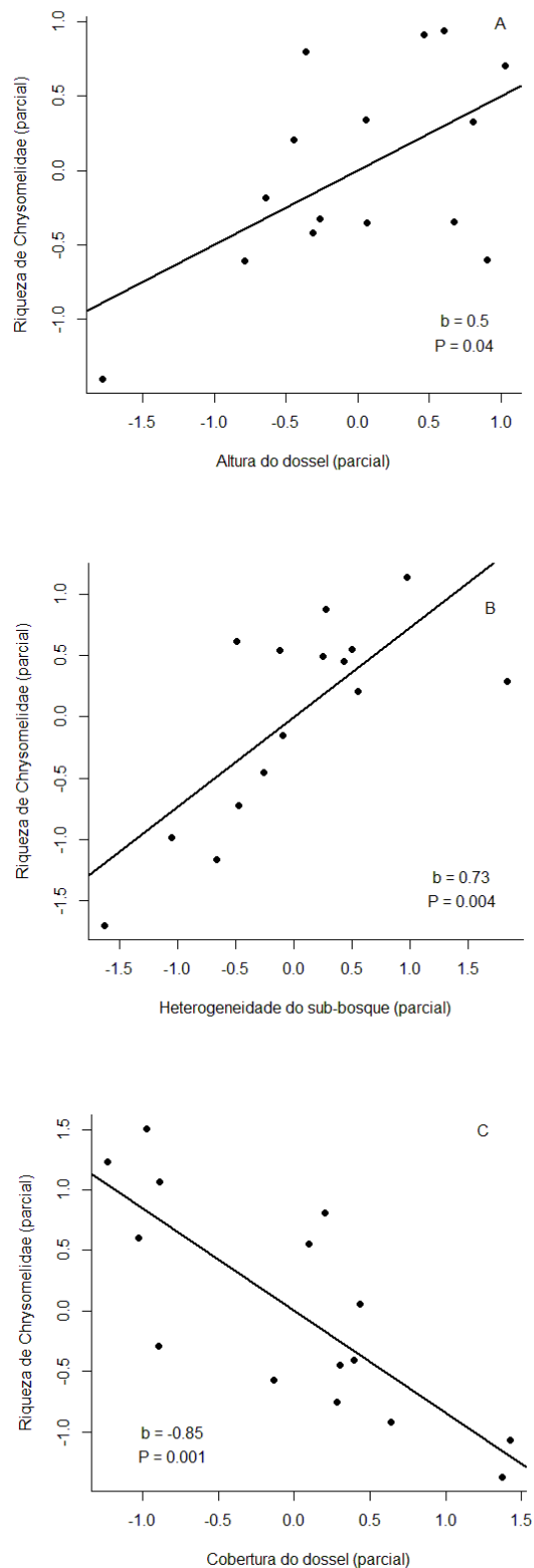


Figura 3. Parciais de um modelo de regressão múltipla ($n = 15$, $P = 0,004$, $R^2 = 0,61$) para os efeitos da altura do dossel (A), heterogeneidade do sub-bosque (B) e cobertura do dossel (C) sobre a riqueza de espécies de besouros Chrysomelidae.

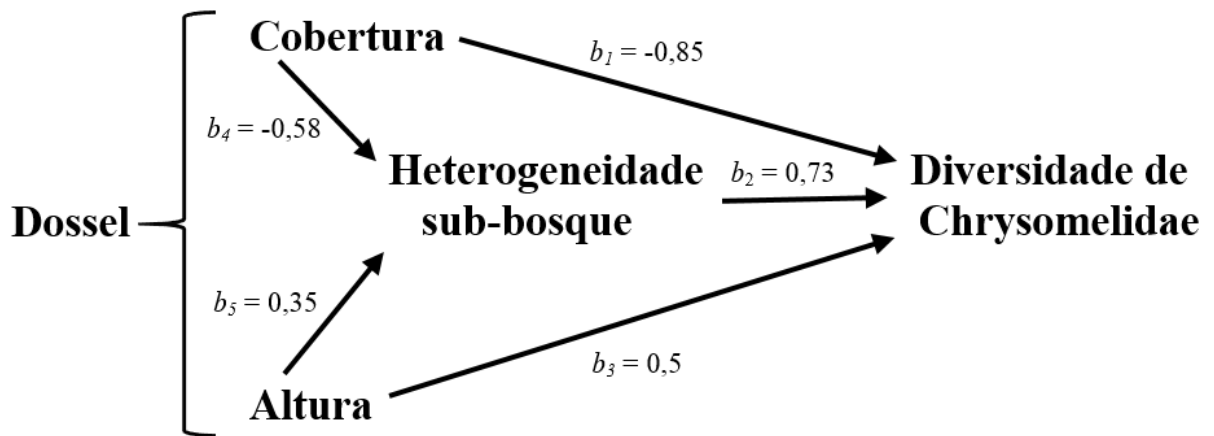


Figura 4. Fluxograma de uma análise de caminhos para o efeito hipotético do dossel (reduzido as variáveis altura e cobertura) sobre a heterogeneidade do sub-bosque e o número de espécies de Chrysomelidae. O efeito geral estimado da altura do dossel sobre a diversidade de crisomelídeos foi 0,76 e da cobertura -1,27.

Tabela 1 – Lista das (morfo) espécies de Chrysomelidae e número de indivíduos coletados com armadilhas Malaise instaladas em 16 remanescentes de floresta semidecídua em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Os taxa estão organizados por subfamílias e as espécies estão designadas taxonomicamente ou como morfotipos. Sítios: número de remanescentes florestais em que a espécie ocorreu; Arm: número de armadilhas em que a espécie ocorreu.

Taxa	Sítios	Arm	Abundância
Galerucinae			
<i>Acanthonycha adusta</i> (Bechyné, 1959)	2	2	4
<i>Acanthonycha</i> sp.	2	2	3
<i>Asphaera</i> sp.	1	2	2
<i>Brasilaphtona</i> sp. 1	2	2	3
<i>Brasilaphtona</i> sp. 2	1	1	4
<i>Diphaulaca viridipennis</i> Clark, 1865	1	2	2
<i>Heikertingerella</i> sp. 1	1	1	1
<i>Heikertingerella</i> sp. 2	2	2	3
<i>Hypolampsis</i> sp. 1	3	3	4
<i>Paracacoscelis</i> sp.	1	1	1
<i>Systema</i> sp. 1	5	9	32
<i>Systema</i> sp. 2	2	2	2
<i>Systema</i> sp. 3	1	1	1
<i>Systema</i> sp. 4	1	1	1
<i>Trichaltica micros</i> Bechyné, 1954	2	3	8
<i>Wanderbiltiana sejuncta</i> (Harold, 1880)	9	17	36
<i>Wanderbiltiana</i> sp.	9	19	35
Galerucinae sp. 1	4	4	53
Galerucinae sp. 2	2	4	14
Galerucinae sp. 3	3	3	3
Galerucinae sp. 4	3	4	32
Galerucinae sp. 5	1	1	1
Galerucinae sp. 6	1	1	1
Galerucinae sp. 7	1	1	1
Galerucinae sp. 8	1	1	1
Galerucinae sp. 9	1	1	1
Galerucinae sp. 10	1	1	2
Galerucinae sp. 11	2	2	2
Galerucinae sp. 12	1	1	1
Galerucinae sp. 13	1	1	1
Galerucinae sp. 14	1	1	1
Galerucinae sp. 15	1	1	1
Galerucinae sp. 16	1	1	1
Galerucinae sp. 17	1	1	1
Galerucinae sp. 18	1	1	1
Galerucinae sp. 19	1	1	1
Galerucinae sp. 20	1	1	1
Galerucinae sp. 21	1	1	1
Galerucinae sp. 22	2	2	3
Galerucinae sp. 23	2	2	2
Galerucinae sp. 24	2	1	2

Galerucinae sp. 25	1	2	2
Galerucinae sp. 26	1	1	1
Bruchinae			
<i>Caryobruchus</i> sp.	1	1	1
<i>Meibomeus</i> sp.	1	1	1
Acanthoscelidini sp.	1	1	1
Cassidinae			
<i>Charidotella (Metrionaspis) rubincuda</i> (Guerin, 1844)	1	1	1
<i>Charidotis auroguttata</i> (Boheman, 1855)	1	1	1
<i>Charidotis furunculus</i> (Boheman, 1855)	1	1	1
<i>Charidotis</i> sp. 1	1	1	2
<i>Charidotis</i> sp. 2	1	1	1
<i>Hybosa</i> sp. 1	4	6	7
<i>Hybosa</i> sp. 2	1	1	1
<i>Ischnochodia annulus</i> (Fabricius, 1781)	3	3	3
Cassidinae sp. 1	1	1	2
<i>Chalipus</i> sp. 1	3	4	4
<i>Octhispa</i> sp. 1	2	2	2
<i>Octhispa</i> sp. 2	1	1	1
Hispini sp. 1	2	1	1
Hispini sp. 2	1	1	1
Hispini sp. 3	1	1	1
Cryptocephalinae			
<i>Urodera</i> sp.	1	1	1
Cryptocephalinae sp. 1	2	2	3
Cryptocephalinae sp. 2	1	1	1
Cryptocephalinae sp. 3	1	1	1
Cryptocephalinae sp. 4	1	1	1
Cryptocephalinae sp. 5	1	1	1
Cryptocephalinae sp. 6	2	2	9
Cryptocephalinae sp. 7	1	1	2
Cryptocephalinae sp. 8	2	2	2
Eumolpinae			
<i>Colaspoide</i> sp.	1	2	3
<i>Costalimaita ferruginea</i> (Fabricius, 1801)	3	3	24
<i>Endocephalus bigatus</i> Germar, 1824	2	3	4
<i>Endocephalus</i> sp. 1	1	2	11
<i>Endocephalus</i> sp. 2	1	1	1
<i>Maecolaspis laeta</i> (Germar)	1	1	1
<i>Maecolaspis</i> sp. 1	5	7	15
<i>Maecolaspis</i> sp. 2	1	1	1
<i>Maecolaspis</i> sp. 3	3	3	3
<i>Maecolaspis</i> sp. 4	1	1	1
<i>Maecolaspis</i> sp. 5	1	1	1
Megascelidini sp. 1	1	1	5
<i>Neoiphimeis</i> sp. 1	1	1	4
Eumolpinae sp. 1	1	1	1
Eumolpinae sp. 2	2	2	2

Eumolpinae sp. 3	3	3	3
Eumolpinae sp. 4	4	4	9
Eumolpinae sp. 5	1	1	2
Eumolpinae sp. 6	1	2	2
Eumolpinae sp. 7	1	1	1
Eumolpinae sp. 8	1	1	1
Eumolpinae sp. 9	1	1	1
Eumolpinae sp. 10	1	1	1
Eumolpinae sp. 11	2	2	19
Eumolpinae sp. 12	1	1	1
Eumolpinae sp. 13	3	4	4
Eumolpinae sp. 14	1	1	1
Eumolpinae sp. 15	1	1	1
Eumolpinae sp. 16	1	1	1
Total: 99 espécies			450

Tabela 2 – Riquezas de espécies de Chrysomelidae de sub-bosque estimadas para remanescentes florestais semidecíduais de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Obtivemos as estimativas com 1000 randomizações para cada método de re-amostragem (estimadores).

Estimadores	Riqueza estimada \pm Erro padrão
Chao	189 \pm 32
Jacknife 1	158 \pm 14
Bootstrap	124 \pm 7
Média	157

Capítulo 2

EM PAISAGENS FRAGMENTADAS A DIVERSIDADE BETA DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) É DEVIDA AO TURNOVER DE ESPÉCIES

Thiago Silva Teles, Adelita Maria Linzmeier, Josué Raizer

Título curto: Diversidade beta de Chrysomelidae

Correspondência: Thiago Silva Teles, Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação de Biodiversidade, Rodovia Dourados – Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970; Tel: +55 67 3410-2500; e-mail: tsteles@gmail.com

Título: Em paisagens fragmentadas a diversidade beta de Chrysomelidae (Coleoptera) é devida ao turnover de espécies.

Autores: Thiago Silva Teles, Adelita Maria Linzmeier e Josué Raizer

Afiliações: Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Resumo: Explicar a diferença na composição de espécies entre locais distintos (diversidade beta) tem sido tema de vários trabalhos em ecologia. Neste estudo nós mostramos que a diversidade beta de Chrysomelidae de paisagens fragmentadas se deve ao processo de substituição de espécies (turnover). Com base em dados de presença e ausência de 16 áreas de remanescentes florestais, nós dividimos os valores da diversidade beta em valores de aninhamento (nestedness) e substituição de espécies (turnover) e realizamos uma análise espacial para saber se o padrão de diversidade beta está espacialmente organizado. Evidencia-se em nossos resultados que a diversidade beta é quase que exclusivamente devida à substituição de espécies (turnover, $\beta_{sim} = 0,96$; nestedness, $\beta_{nes} = 0,02$) e que não se encontra espacialmente estruturada. Acreditamos que o principal fator que gerou este padrão é o fato de os crisomelídeos apresentarem uma grande dependência de seus hospedeiros. Ou seja, crisomelídeos apresentam uma relação de dependência funcional com seus hospedeiros e que, estes últimos, também não se encontram espacialmente estruturados.

Palavras-chave: distribuição espacial, indução espacial, remanescentes florestais

Introdução

Um dos assuntos de maior interesse ecológico é explicar a diferença da diversidade de espécies entre diferentes locais. Esta diferença foi chamada de diversidade beta por Whittaker (1960) e pode ser explicada como sendo a diferença na composição de espécies entre locais distintos. Esta diversidade é devida à dois fatores: o aninhamento (nestedness) ou turnover de espécies (Baselga, 2010). O aninhamento de espécies ocorre quando a diversidade de locais com menor número de espécies é um subconjunto das espécies encontradas em um local com maior diversidade. Já o turnover ocorre quando há uma substituição de espécies por outras.

Grande parte dos estudos ecológicos foi realizada em ambientes com grandes áreas de habitat natural, entretanto, atualmente muitas espécies estão isoladas em pequenos remanescentes de áreas naturais, cercadas por uma matriz inadequada para sua sobrevivência (Fernández-Chacón et al., 2014). Sendo assim, é de extrema importância que conheçamos os fatores determinantes na manutenção da diversidade biológica e, dessa forma, possamos criar estratégias para a conservação e uso desta diversidade sem esgotá-la (Legendre et al., 2005).

Neste trabalho, objetivamos definir qual o processo (nestedness ou turnover) que determina a diversidade beta de Chrysomelidae, e encontrar algum padrão de distribuição espacial que explique esta diversidade em uma paisagem fragmentada. Por serem insetos de ampla distribuição ecológica e por possuírem uma alta diversidade de espécies, estes besouros são excelentes organismos que podem servir como bons indicadores de biodiversidade (Hall & Barney, 2011).

Materiais e Métodos

Coleta dos dados

Amostramos a comunidade de Chrysomelidae em 16 remanescentes florestais com o auxílio de armadilhas Malaise no município de Dourados, estado de Mato Grosso do Sul,

Brasil (Fig. 1), no período de agosto de 2012 a março de 2013. Os remanescentes florestais desta região são resquícios de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e de Cerrado, distribuídos em uma paisagem dominada pela agricultura e pastagem plantada (Mato Grosso do Sul/ SEMAC, 2011). Instalamos as armadilhas a uma distância mínima de 30 m da borda em direção ao centro do fragmento, deixando-a neste local por 14 dias consecutivos. Após este período transferíamos as armadilhas para outro local, distante no mínimo 30 m do ponto anterior.

Preparamos os insetos coletados e separamos em morfotipos e, posteriormente, identificamos por comparação àqueles depositados na Coleção Entomológica Pe Jesus Santiago Moure, Universidade Federal do Paraná. Os exemplares testemunhos estão depositados no Museu da Biodiversidade (MuBio) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados.

Medimos três variáveis ambientais, a heterogeneidade do sub-bosque, a cobertura e a altura do dossel para caracterizar cada um dos pontos de coleta. Estas variáveis ambientais foram selecionadas por terem sido responsáveis pela variação da diversidade de Chrysomelidae em escala local (Teles et al. em preparação).

Medimos as variáveis ambientais perpendicularmente a cada lado das armadilhas a uma distância de 10 m de cada lado, sempre por um mesmo observador. Posteriormente calculamos a média para cada uma das variáveis caracterizando cada um dos pontos de coleta.

Para obtermos a heterogeneidade do sub-bosque utilizamos uma haste com dois metros de altura subdividida em quatro classes de alturas (0-50 cm, 51-100 cm, 101-150 cm e 151-200 cm). Posicionávamos a haste verticalmente e contávamos o número de vezes que a vegetação tocava cada uma das classes. O valor de heterogeneidade para cada local foi o inverso do índice de Shannon para diversidade em classes de alturas.

A altura do dossel foi estimada com o auxílio da mesma haste, onde o observador utilizava-a para balizar a altura. Obtivemos os valores da cobertura do dossel com uma placa transparente marcada com um quadrado de 10 cm x 10 cm, subdividido em 100 quadrículos de 1 cm x 1 cm. O observador direcionava esta placa, com os braços esticados, em direção ao dossel e contava o número de quadrículas com 50% ou mais ocupadas pela variável em questão. O número de quadrículos representou a porcentagem da cobertura do dossel.

Análise dos dados

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Development Core Team, 2013). Para saber qual processo determina a diversidade beta de crisomelídeos nós dividimos o valor da diversidade beta entre aninhamento e turnover, seguindo as orientações de Baselga (2010). Para isso utilizamos o pacote betapart (Baselga *et al.*, 2013). Calculamos duas medidas de diversidade beta para dividi-la em aninhamento e turnover, sendo o índice de dissimilaridade de Simpson (β_{sim}) e o índice de aninhamento (β_{nes}). O primeiro índice calcula a parte da diversidade beta atribuída ao turnover, enquanto o segundo calcula a parte relacionada ao aninhamento. Maiores detalhes sobre o pacote betapart e suas funções podem ser obtidos em Baselga e Orme (2012). Utilizamos os dados de presença-ausência das espécies encontradas em cada área de remanescente.

Obtivemos as variáveis espaciais através da análise de Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas (PCNM) (Borcard & Legendre, 2002; Borcard *et al.*, 2004; Legendre & Legendre, 2012) utilizando o pacote PCNM (Legendre *et al.*, 2013). Utilizamos na PCNM a distância limiar (threshold) obtida através de um procedimento de árvore de abrangência mínima que manteve todos os locais conectados.

Após obtermos as variáveis espaciais (20 variáveis espaciais com I de Moran significativo), submetemos os dados a uma análise de redundância parcial (pRDA, Peres-Neto

et al., 2006; Legendre & Legendre, 2012) utilizando os dados das variáveis ambientais e da comunidade de Chrysomelidae previamente transformados utilizando a transformação de Hellinger (Legendre & Legendre, 2012). Dessa forma, podemos obter as frações da variação explicadas unicamente pelos dados ambientais (componente [a]), pelas variáveis espaciais (componente [c]), pela fração compartilhada entre os dados ambientais e espaciais (componente [b]) e a variação residual não explicada (d).

Resultados

No total, coletamos 450 espécimes de 99 espécies de Chrysomelidae distribuídas em cinco subfamílias, sendo Galerucinae a que teve o maior número de espécies (43 espécies), seguido por Eumolpinae (29 espécies), Cassidinae (15 espécies), Cryptocephalinae (nove espécies) e Bruchinae (três espécies).

A análise da partição da diversidade beta mostrou que o processo gerador desta diversidade é quase que exclusivamente devido à substituição de espécies (turnover; $\beta_{sim}=0,96$) havendo apenas uma pequena fração devida ao aninhamento de espécies (nestedness; $\beta_{nes} = 0,02$).

A análise de redundância parcial (pRDA) revelou que nenhuma das frações foram representativas frente à variação dos dados da comunidade de Chrysomelidae ([a] = 0,037; [b]= -0,018, [c] = 0,027, [d] = 0,953).

Discussão

Com base em nossos resultados, fica evidente que a diversidade beta da comunidade de Chrysomelidae em paisagens fragmentadas é devida à substituição de espécies (turnover) ao longo da paisagem. Este padrão de diversidade beta (turnover) também foi encontrado por Baselga (2010) para cerambicídeos (Coleoptera: Cerambycidae) do sul da Europa. Neste caso,

o isolamento das áreas foi ocasionado por glaciações que isolaram áreas de refúgio para estes insetos bem como os eventos de especiações relacionados aos grandes períodos de isolamento das espécies. No caso de paisagens fragmentadas, o curto período em que as áreas foram isoladas, ainda não foi capaz de gerar especiação.

Este padrão não apresenta nenhuma orientação espacial, como evidenciado pela pRDA, onde a variação dos dados não foi representada nem pelas variáveis ambientais nem pelas variáveis espaciais. Estes resultados sugerem duas hipóteses possíveis para explicar a variação espacial de Chrysomelidae. Primeiro, ou uma situação nula onde a comunidade está distribuída de forma aleatória entre as manchas de hábitat não apresentando nenhuma relação com as variáveis ambientais. Ou segundo, uma relação de dependência funcional entre a comunidade e outro fator ambiental que não foi mensurado neste estudo.

A primeira hipótese, apesar das evidências mostradas aqui, não se torna plausível, uma vez que sabemos que crisomelídeos apresentam uma grande especificidade por seus hospedeiros (Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2012). Ou seja, dependem da distribuição de suas plantas hospedeiras. Dessa forma, a segunda explicação torna-se mais aceitável, pois como mencionado por Jolivet (1988) a distribuição dos crisomelídeos dependem da distribuição de suas plantas hospedeiras.

Em nossos resultados, não conseguimos encontrar indícios que nos façam acreditar que a composição vegetal destes remanescentes apresentem um padrão de distribuição espacial. Como evidenciado, nenhuma das variáveis espaciais foram responsáveis por determinar a distribuição dos crisomelídeos. Caso encontrássemos um padrão de distribuição espacial que estivesse sendo explicado apenas, ou em grande maioria, pelas variáveis espaciais poderíamos acreditar que a composição vegetal está espacialmente organizada. Ou seja, quando há uma relação positiva entre as variáveis espaciais e os dados de distribuição de

espécies, geralmente isso indica a existência de um processo biótico ou abiótico relacionado ao componente espacial (Landeiro et al., 2011).

Conclusão

Portanto concluímos que em paisagens fragmentadas, a diversidade beta de Chrysomelidae é devida a substituição espacial de espécies (turnover), possivelmente ocasionado pela distribuição das plantas hospedeiras. Porém, apesar de haver grandes indícios de que sejam estes os fatores que explicam esta diversidade beta, devemos incluir em nossas futuras pesquisas uma análise levando em consideração a composição de espécies vegetais, uma vez que esta se apresenta como sendo um fator importante na determinação de assembleias de artrópodes (Schaffers et al., 2008).

Agradecimentos

À Cibele Stramare Ribeiro-Costa (Universidade Federal do Paraná) e à equipe do *Taxon line* (Rede Paranaense de Coleções Biológicas) pela permissão ao acesso à Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure. Ao Dr. Jelly Makoto Nakagaki (Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul) por disponibilizar os equipamentos e o espaço físico do laboratório do Centro de Pesquisas em Biodiversidade, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. À Capes (Ministério da Educação – Brasil) pela bolsa de estudos ao primeiro autor, bem como pelo apoio financeiro à execução do projeto de dissertação do mesmo.

Divulgação

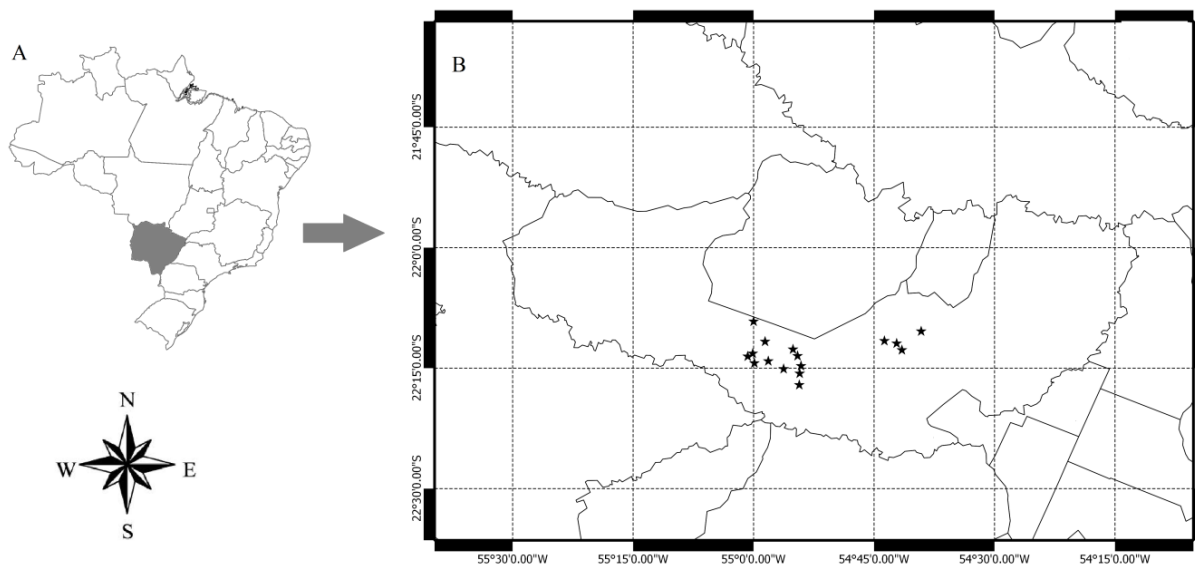
Este manuscrito e seus autores não estão envolvidos em quaisquer potenciais conflitos de interesse, incluindo o interesse financeiro, relacionamentos e afiliações.

Referências

- Baselga, A. (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134-143.
- Baselga, A. and Orme, D. (2012) betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 808–812.
- Baselga, A., Orme, D., Vileger, S., De Bortoli, J., Leprieur, F. (2013) betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components. R package version 1.3. <http://CRAN.R-project.org/package=betapart>.
- Borcard, D. and Legendre, P. (2002) All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, 153, 51–68.
- Borcard, D., Legendre, P., Avois-Jacquet, C., Tuomisto, H. (2004) Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. *Ecology*, 85, 1826-1832.
- Fernández-Chacón, A., Stefanescu, C., Genovart, M., Nichols, J.D., Hines, J.N., Páramo, F., Turco, M., Oro, D. (2014) Determinants of extinction-colonization dynamics in Mediterranean butterflies: the role of landscape, climate and local habitat features. *Journal of Animal Ecology*, 83, 276-285.
- Hall, S.L. and Barney, R.J. (2011) Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Biodiversity within Isolated Remnant Grasslands in Kentucky State Nature Preserves. *Journal of the Kentucky Academy of Science*, 72(1), 24–38.
- Jolivet, P. (1988) Food habitats and food selection of Chrysomelidae: bionomic and evolutionary perspectives. *Biology of Chrysomelidae* (eds. P. Jolivet & T.H. Hsiao), pp. 1-24. Klumer Academic Publishers.
- Landeiro, V.L., Magnusson, W.E., Melo, A.S., Espírito-Santo, H.M.V., Bini, L.M. (2011) Spatial eigenfunction analysis in stream networks: do watercourse and overland distances produce different results? *Freshwater Biology*, 56, 1184-1192.

- Legendre, P., Borcard, D., Blanchet, F.G., Dray, S. (2013) PCNM: MEM spatial eigenfunction and principal coordinate analyses. R package version 2.1-2/r109. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>
- Legendre, P., Borcard, D., Peres-Neto, P.R. (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, 75(4), 435-450.
- Legendre, P. and Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology: third English edition*. Elsevier. 990pp.
- Linzmeier, A.M. and Ribeiro-Costa, C.R. (2012) Spatial-temporal composition of Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) communities in southern Brazil. *Journal of Natural History*, 31-32(46), 1921-1938.
- Mato Grosso do Sul, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento e de Ciência e Tecnologia. 2011. *Estudo da dimensão territorial do Estado de Mato Grosso do Sul: Regiões de planejamento*. Campo Grande – MS. <http://www.imasul.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=&show=6521>.
- Peres-Neto, P.R., Legendre, P., Dray, S., Borcard, D. (2006) Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87(10), 2614-2625.
- R Development Core Team. (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Schaffers, A.P., Raemakers, I.P., Sýcora, K.V., teer Braak, C.J.F. (2008) Arthropod assemblages are best predict by plant species composition. *Ecology*, 89(3), 782-794.
- Whittaker, R.H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 280–338.

Fig. 1 Locais de coleta de Chrysomelidae. A: Mapa do Brasil destacando o Estado de Mato Grosso do Sul; B: Município de Dourados, MS, com os pontos de coletas (estrelas).



Conclusões finais

Portanto concluo que em remanescentes florestais, haverá maior número de espécies em locais onde o dossel apresentar uma maior altura e uma menor cobertura. Esse fato é devido à composição e densidade florística de espécies pioneiras, como herbáceas e arbustivas, sendo estes os principais recursos aos crisomelídeos.

Concluo também que a diversidade beta de Chrysomelidae, em paisagens fragmentadas, é devida a substituição de espécies (turnover), possivelmente ocasionado pela distribuição das plantas hospedeiras. Por serem insetos fitófagos, extremamente dependentes de seus hospedeiros, apresentam uma dependência funcional com estas plantas e estão espacialmente distribuídos, conforme a distribuição espacial destes hospedeiros.