UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

PADRÕES DE RIQUEZA E DIVERSIDADE DE CHRYSOMELIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) EM UMA MONTANHA NO SUDESTE DO BRASIL.

ANGELA MACHADO BOUZAN

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em ecologia da universidade federal do rio de janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em ciências biológicas (ecologia).

Orientador: Ricardo F. Monteiro
Co – Orientador: Margarete V. Macedo

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
ABRIL DE 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO/UFRJ
INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA-PPGE

CX.POSTAL 68.020 – ILHA DO FUNDÃO

CEP: 21941-590 – RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

TEL./FAX: (21) 3938-6320

PADRÕES DE RIQUEZA E DIVERSIDADE DE CHRYSOMELIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) EM UMA MONTANHA NO SUDESTE DO BRASIL.

ANGELA MACHADO BOUZAN

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em ecologia da universidade federal do rio de janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em ciências biológicas (ecologia).

APROVADA POR:

_____

Dr. Ricardo Ferreira Monteiro, UFRJ.

_____

Dr. Carlos Eduardo Viveiros Grelle, UFRJ.

_____

Dr. Mário Almeida-Neto, UFG.

FICHA CATALOGRÁFICA

BOUZAN, ANGELA MACHADO

Padrões de riqueza e diversidade de Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) em uma montanha no sudeste do Brasil. [Rio de Janeiro,2016]

xiii+46 p. 29,7 cm (Instituto de Biologia/UFRJ, M.Sc., Ecologia, 2016)

Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGE

1. Diversidade
2. Padrões de riqueza
3. Gradiente altitudinal
4. Chrysomelidae

I. IB/UFRJ II. Título (série)

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Paulo e Denise, por sempre me apoiarem nas minhas escolhas profissionais. Ser filha de biólogos sem dúvida me influenciou bastante, mas, ter o apoio e o suporte para seguir essa carreira fizeram toda a diferença. Obrigada por tudo! Eu não poderia desejar pais melhores.

Agradeço aos meus irmãos Anna Beatriz e Emilio por sempre estarem comigo. Eu não seria quem eu sou se não fosse a caçula dessa família fantástica, vocês tornam tudo muito melhor e fico muito feliz em dividir mais esse momento de conquista com vocês.

Agradeço aos meus orientadores Ricardo e Margarete por todo o apoio desde a iniciação cientifica! Muito obrigada pela paciência e por todos os ensinamentos.

Agradeço a todos os amigos do LEI, foram mais de 5 anos de laboratório e vocês foram extremamente importantes para que eu terminasse esse trabalho! Obrigada Abacaxi, Rubimar, Milena, Vivian, Behind, Dani, Vini, Raíssa, Carol, Thainá, André, Jéssica, Pimenta, Rodrigo, Clarice! Meu agradecimento especial vai pra Cristina e pra Simone! Cris, sem você essa dissertação não existia! Você como sempre me ajudou muito! E Si, sua companhia, as nossas conversas e o seu apoio fizeram toda a diferença! Muito obrigada!

Agradeço a todos os meus amigos que entenderam pelo que eu passei ao longo desses dois anos e me apoiaram! Obrigada #bionozes, a biologia foi muito melhor com vocês do meu lado! À Gabi, Bel, Ju, Verônica, Biomed, Alê, Nana, Aninha, Camilla, Nuno e Mazza!

Agradeço as minhas amigas Mari, Lou, Luh, Bia, Clara por, literalmente, sempre estarem do meu lado! Obrigada meninas! Amo vocês!

Agradeço ao Professor Jorge pelas sugestões na pré-banca. Agradeço também aos professores Carlos Eduardo Viveiros Grelle e Mário Almeida Neto por terem aceitado o convite de fazerem parte da minha banca. Aproveito para agradecer ao Professor Mário e a todos os membros do seu laboratório, por me receberem e me ajudarem muito em Goiânia.

Agradeço ao ICMBIO pela autorização de coleta, ao Léo, chefe de pesquisa do PNI por todo o apoio durante esse período e ao David que nos acompanhou todos os meses na trilha!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (UFRJ), aos funcionários e a todos os professores que ajudaram na minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço ao meu namorado, Gabriel, por todo o apoio, carinho e paciência! Conhecer você durante o mestrado só mostrou quanta coisa boa estava por vir! Eu te amo!

Não poderia esquecer também da Salomé minha vira-lata que chegou ano passado pra fazer a minha vida mais feliz ainda. Sem duvidas escrever a dissertação com ela do meu lado deixou tudo muito mais leve.

RESUMO

Existem muitos estudos sobre os padrões de riqueza e diversidade de insetos tropicais, mas ainda há pouca clareza sobre a influência dos fatores ambientais e estocásticos na formação desses padrões. Montanhas são excelentes para estudos de diversidade, pois, apresentam variação intrínseca de variáveis ambientais ao longo do espaço e do tempo. Este trabalho tem como objetivo geral descrever os padrões de riqueza e diversidade de Chrysomelidae em uma montanha no sudeste do Rio de Janeiro e determinar as suas causas proximais. Para isso, os objetivos específicos são: (i) Descrever os padrões de variação altitudinal e temporal na riqueza e diversidade de espécies de Chrysomelidae, (ii) discriminar a influência dos fatores ambientais e estocásticos no padrão de riqueza em uma montanha tropical e (iii) verificar como os componentes da diversidade beta (diferença de riqueza e substituição de espécies) explicam o padrão encontrado para a diversidade beta geral. Ao longo de um ano foram realizadas coletas mensais em 7 pontos com intervalos de altitude de 200 metros de 1100 até 2300 metros de altitude. Foram coletados 6.376 indivíduos pertencentes a 244 espécies de Chrysomelidae, sendo a subfamília Galerucinae a mais abundante. A estação úmida apresentou maior abundância e riqueza de espécies, possivelmente devido à maior abundância de recursos nessa época do ano para esses insetos essencialmente herbívoros. Além disso, nessa estação o padrão de riqueza encontrado apresentou um pico de riqueza em altitudes intermediárias em relação ao gradiente amostrado, sendo a sua distribuição aleatória e, aparentemente, sem muita influência de fatores ambientais. Isso pode estar relacionado com a maior disponibilidade de alimento e habitats para o grupo, o que causaria pouca restrição na distribuição das espécies ao longo do gradiente. Na estação seca os padrões de riqueza apresentaram-se diferentes daqueles gerados por efeitos estocásticos. A temperatura exerceu grande efeito na distribuição das espécies ao longo do gradiente,

gerando uma queda abrupta da riqueza nas altitudes mais elevadas. Em relação aos padrões de diversidade beta, na estação úmida foi observado que a substituição de espécies foi mais significativa para a variação na composição de espécies, do que a diferença de riqueza. A maior importância desse componente pode estar diretamente relacionada com a variação das espécies de plantas hospedeiras ao longo do gradiente altitudinal. Entretanto, na estação seca a diferença de riqueza foi mais determinante na diversidade beta da montanha do que a substituição de espécies. Nessa estação, devido às condições climáticas mais extremas em altitudes mais elevadas, há menor disponibilidade de plantas hospedeiras, levando a uma perda de espécies com o aumento na altitude. Além disso, os resultados das análises da diversidade beta apresentam uma diferença significativa entre os valores gerados entre as altitudes na estação úmida comparados com a estação seca, indicando fortemente efeito da sazonalidade na composição e riqueza de espécies. Esses resultados reforçam trabalhos anteriores que sugeriram a importância do clima na distribuição espacial e temporal de espécies de insetos, e demonstram como os processos que determinam os padrões de diversidade das espécies podem variar no espaço e no tempo.

Palavras-chave: Riqueza, Diversidade Beta, Gradiente Altitudinal, Coleoptera, Chrysomelidae.

ABSTRACT

There are many studies on the patterns of richness and diversity of tropical insects, but there is still unclarity about the influence of environmental and stochastic factors in the formation of these patterns. Mountains presents intrinsic variation of environmental variables over space and time and, beucause of that, are excellent for studies with diversity. Therefore, this work has the general objective to describe the richness and diversity patterns of Chrysomelidae in a mountain in southeastern Rio de Janeiro and determine their proximate causes. For this, the specific objectives are: (i) describe the altitudinal and temporal patterns of variation in richness and diversity of species of Chrysomelidae, (ii) discriminate the influence of environmental and stochastic factors in the richness patterns in a tropical mountain and (iii) check how the components of beta diversity (species richness diferences.and species replacement) explain the pattern found for the general beta diversity. During a year collections were made monthly in 7 points with altitude ranges from 200 meters from 1100 to 2300 meters. We collected 6.376 individuals belonging to 244 species of Chrysomelidae and the subfamily Galerucinae was most abundant. The wet season presented more abundance and richness of species, possibly due to greater abundance of resources at this time of year for these essentially herbivorous insects. In addition, in this season the richness pattern presents a peak at intermediate altitudes of collection, probably because of a random distribution and apparently without much influence of environmental factors. This may be related to the increased availability of habitats and food for the group at that station, which would cause a few restrictions on the species distribution along the gradient. In the dry season the richness patterns presented themselves different from those generated by stochastic effects. The temperature has great effect on the distribution of species along the gradient, causing a sudden drop in the richness in higher elevations. Regarding beta

diversity patterns in the wet season it was observed that the species replacement was more significant for the variation in species composition than the species richness diferences. The greatest importance of this component may be directly related to the change of host plant species along the altitudinal gradient. However, in the dry season the species richness diferences was more decisive in the mountain beta diversity than species replacement. In this season, due to extreme weather conditions at high altitudes, there are less host plants, leading to a loss of species with increasing altitude. In addition, the results of beta diversity analyzes show a significant difference between the values generated between the elevations in the wet season compared to the dry season, indicating strongly effect of seasonality in the composition and species richness. These results support previous studies that suggested the importance of climate in spatial and temporal distribution of insects species, and demonstrates how the processes that determine the patterns of diversity of species can vary in space and time.

Keywords: Richness, Beta Diversity, Altitudinal Gradient, Coleoptera, Chrysomelidae.

SUMÁRIO

Índice de figuras.....xi

Índice de tabelas.....xii

1. Introdução.....1

2. Metodologia.....5

2.1. Área de estudo.....5

2.2. Amostragem.....6

2.2.1. Coleta dos insetos.....7

2.2.2. Temperatura.....7

2.2.3. Cobertura do dossel.....8

2.3. Análise dos dados.....9

3. Resultados.....11

3.1. Fatores abióticos, abundância, riqueza e distribuição temporal de Chrysomelidae.11

3.2. Riqueza de espécies de Chrysomelidae no gradiente altitudinal.....15

3.3. Diversidade beta de Chrysomelidae.....19

4. Discussão.....24

4.1. Abundância, riqueza e distribuição temporal de Chrysomelidae.....24

4.2. Riqueza de espécies de Chrysomelidae no gradiente altitudinal.....27

4.3. Diversidade beta de Chrysomelidae.....29

Referências bibliográficas.....34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Armadilha do tipo Malaise instalada em um dos pontos de coleta ao longo do gradiente altitudinal no Parque Nacional do Itatiaia.....7

Figura 2. Valores de temperatura ao longo de um gradiente altitudinal no Parque Nacional do Itatiaia. Linha cheia – Temperatura média; Linha tracejada – Temperatura média das máximas; Linha pontilhada – Temperatura média das mínimas; Linha vermelha – Amplitude de temperatura. (A = Janeiro de 2015 e B = Agosto de 2012)...13

Figura 3. Número de espécies de Chrysomelidae em relação às abundâncias de indivíduos amostrados nos 12 meses no Parque Nacional do Itatiaia.....14

Figura 4. Curva de riqueza de espécies (linha com os pontos) e curvas previstas por um intervalo de confiança de 95% amostradas sem substituição pelo programa Mid-Domain Null (1000 simulações cada) em um gradiente altitudinal (A= Dados de todos os meses de coleta; B= Dados da estação úmida; C= Dados da estação seca.).....18

Figura 5. Variação da diversidade beta de pares sequenciais no Parque Nacional do Itatiaia. βtotal - linha cheia; βturn – linha tracejada e βrich – linha pontilhada. (A= Dados de todos os meses de coleta; B= Dados da estação úmida; C= Dados da estação seca).....21

Figura 6. Contraste entre valores de diversidade beta dos pares adjacentes de altitudes entre a estação úmida e a estação seca no Parque Nacional de Itatiaia.....23

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Abundância e riqueza de espécies das sete subfamílias de Chrysomelidae e valores totais para a família.....14

Tabela 2. Abundância e riqueza de espécies das sete subfamílias de Chrysomelidae e riqueza de espécies exclusivas para a família na estação seca e úmida.....15

Tabela 3. Coeficientes, significância e regressão parcial dos diferentes parâmetros avaliados na estação úmida. (R^2 ajustado: 0,956; F: 21,725; p: <0,001; AICc: 109,329) Valores significativos (p<0,05) em negrito.....17

Tabela 4. Coeficientes e significâncias das diferentes variáveis avaliadas na estação seca. (R^2 ajustado: 0,816; F 4,431; p: <0,001; AICc: 104,7).....19

Tabela 5. Valores e significância do teste t pareado, realizado entre a estação seca e úmida, para cada componente da diversidade beta de espécies de Chrysomelidae no Parque Nacional do Itatilia. Valores significativos (p>0,05) em negrito.....24

1. INTRODUÇÃO:

Estudos em gradientes altitudinais são uma ferramenta extremamente importante para determinar os fatores responsáveis pela variação espacial na diversidade (Lomolino, 2001). O fato de ocorrerem em menor escala espacial do que amostragens em latitude, e de existir uma grande quantidade de montanhas no mundo, tornam esses estudos mais viáveis e com possibilidade de um maior número de réplicas independentes, o que permite testar a generalidade dos padrões e de suas causas.

Anteriormente acreditava-se que existia um padrão prevalente de variação na riqueza de espécies, sendo esse o de decréscimo da riqueza com o aumento da altitude, refletindo o gradiente latitudinal da riqueza de espécies (Sanders & Rahbek, 2012). Rahbek (1995) foi o primeiro a revisar a literatura para testar se os dados suportavam esta hipótese, concluindo que na maior parte dos estudos a diversidade de espécies atingia seu pico em altitudes intermediárias. Atualmente, sabe-se que a riqueza de espécies ao longo de um gradiente altitudinal geralmente pode se apresentar de duas formas: decréscimo da riqueza com o aumento da altitude, pico de riqueza em elevações intermediárias. (Rahbek, 1995 e 2005).

Padrões em gradientes geográficos na variação da riqueza de espécies sempre foram de grande interesse para biogeógrafos (Von Humboldt, 1807; Walace, 1878), ecólogos (Waeming, 1909) e evolucionistas (Dobzahnsky, 1950). Diversos fatores, que, de uma maneira geral, podem ser agrupados em ecológicos (clima e interações), históricos (dispersão e extinção) e restrições geométricas (efeitos estocásticos) vêm sendo discutidos com

possíveis responsáveis pelos padrões de riqueza em gradientes altitudinais (Mccoy, 1990; Rahbek 1995 e 2005), sendo que as restrições geométricas vem ganhando maior importância dentro desse contexto (Colwell & Hurtt, 1994; Willing & Lyons, 1998; Colwell & Lees, 2000; Colwell *et al*., 2004).

A influência da restrição geométrica (ou espacial) em gradientes altitudinais na riqueza de espécies é avaliada por um modelo nulo quantitativo conhecido como "efeito do domínio médio" ou "MDE" (do inglês *Mid Domain Effect*). O MDE prevê que as fronteiras de uma área, como oceanos e topos de montanha, limitam o alcance de algumas espécies e a simples sobreposição da distribuição de muitas delas cria um pico de riqueza nas elevações intermediárias (Colwell & Hurtt, 1994; Colwell & Lees, 2000, McCain, 2003). Em 2004, Colwell *et al*. definiram de uma forma mais acurada que o padrão encontrado no modelo do MDE era causado por processos estocásticos operando juntamente com as fronteiras das restrições geométricas. No mesmo trabalho, os autores afirmam que padrões de riqueza são raramente causados por um único fator, fazendo-se necessário incorporar os outros possíveis fatores para se entender a contribuição relativa do MDE e das outras causas nos dados empíricos do padrão de riqueza.

Sabendo-se que a composição e distribuição das espécies mudam ao longo da montanha, uma medida que quantifica essa mudança é a diversidade beta. Whittaker introduziu o termo diversidade beta em 1960, definindo-a como "a extensão da mudança na composição da comunidade ao longo de um gradiente". Assim, esta pode ser vista como uma medida que compara o inventário de comunidades entre duas escalas diferentes: diversidade Alfa (local) e Gama (regional) (Whittaker, 1960). Desde então, o termo tem sido utilizado para se referir a uma variedade de fenômenos, apesar de todos englobarem algum tipo de heterogeneidade na composição ou diferenciação entre os locais (ver Anderson *et al*., 2011).

Um número considerável de abordagens metodológicas vem sendo usado nos estudos dos padrões de diversidade beta (Magurran, 2004; Legendre *et al*., 2005). Os mais populares dividem a diversidade beta em diferentes componentes que representam processos ecológicos distintos: diferença de riqueza (perda ou ganho de espécies de um sítio para outro), "turnover" de espécies (substituição de espécies em um local por diferentes espécies em outros) e aninhamento (diferença de riqueza ocorrendo de forma ordenada). Diversos índices foram propostos para quantificar esses componentes (Baselga, 2010 e 2012; Podani & Schmera, 2011), entretanto, alguns problemas foram gerados por conta da interpretação ecológica ambígua dos mesmos (para mais detalhes ver Carvalho *et al*., 2012). Recentemente medidas da diferença de riqueza, substituição de espécies (Carvalho *et al*., 2012) e do aninhamento (Almeida-Neto *et al*., 2008 e 2012) foram claramente definidas, gerando a possibilidade de se quantificar simultaneamente esses componentes.

Os padrões de diversidade e riqueza de espécies podem sofrer alterações quando os dados são analisados não só espacialmente, mas também temporalmente (e.g. Linzmeier & Ribeiro-Costa 2008 e 2013). A variação temporal da ocorrência de espécies é uma das características mais importantes no estudo da estruturação das comunidades (Schoener, 1974). O padrão produzido pela variabilidade temporal é um produto de diversos fatores, incluindo, principalmente, os bióticos e abióticos. Entre esses fatores que influenciam a variação temporal, temperatura, umidade e oferta de alimentos, têm provado ser boas estimativas, uma vez que estas são medidas correlacionadas com o desenvolvimento de organismos (Tauber *et al*., 1986).

O conhecimento sobre padrões de riqueza e diversidade de artrópodes tropicais ainda é muito pobre. Grande parte dos estudos nessa área são voltados para plantas em regiões temperadas (Marini *et al*., 2013). Poucos trabalhos, por sua vez, utilizam insetos

em montanhas tropicais por conta da dificuldade metodológica encontrada por parte dos pesquisadores na triagem e identificação do material (Novotny & Basset, 2000; Longino *et al*., 2002). A família Chrysomelidae, uma das maiores famílias dentro da ordem Coleoptera com mais de 35.000 espécies descritas (Jolivet *et al*., 2009), já vem sendo utilizada em trabalhos em gradientes altitudinais em diferentes regiões do mundo (*e.g.* Carneiro *et al*., 1995; Flinte *et al*., 2009; Furth, 2009; Flinte *et al*., 2011; Sánchez-Reyes *et al*., 2014; Bouzan *et al*., 2015; Flinte *et al*., 2015). Esses trabalhos, até agora, mostram que a diversidade, abundância e padrões de riqueza desses besouros variam com a altitude, mas ainda não se sabe ao certo qual é o padrão predominante para a família. Nesses estudos, as variáveis climáticas são apontadas como possíveis causadoras da variação na distribuição de insetos em cada estação e ao longo de uma montanha, não dando tanta importância aos fatores estocásticos.

Diversas características tornam os crisomelídeos um grupo interessante para se estudar os padrões em gradientes altitudinais. Além de serem facilmente coletados por diversos métodos (Wagner, 2000) e ocorrerem em grande abundância e riqueza de espécies em diversas altitudes (*e.g*. Flinte *et al*., 2009; Sánchez-Reyes *et al*., 2014; Bouzan *et al*., 2015) o fato de a maioria das espécies ser fitófaga (Jolivet & Hawkeswood, 1995) os torna um componente importante das cadeias alimentares e um dos principais componentes das guildas de herbívoros tropicais (Farrell & Erwin, 1988; Basset & Samuelson, 1996). Essas características fazem da família Chrysomelidae um grupo bastante adequada a estudos sobre padrões altitudinais de riqueza e diversidade de espécies.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo geral descrever os padrões de riqueza e diversidade de Chrysomelidae em uma montanha no estado do Rio de Janeiro,

região sudeste do Brasil e determinar suas causas proximais. Como objetivos específicos este trabalho pretende:

- Descrever os padrões de variação altitudinal e temporal na riqueza e diversidade de espécies de Chrysomelidae;
- Discriminar a influência dos fatores ambientais e estocásticos no padrão de riqueza em uma montanha tropical;
- Verificar como os componentes da diversidade beta (diferença de riqueza e substituição de espécies) explicam o padrão encontrado para a diversidade beta geral no espaço e no tempo.

2. METODOLOGIA:

2.1. Área de estudo:

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), criado em 1937, foi o primeiro Parque Nacional brasileiro. O PNI se localiza na Serra da Mantiqueira entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (22°15' e 22°30'S; 44°30' e 44°45'W) e possui uma área de aproximadamente 30.000 ha (IBAMA, 1997). Além disso, apresenta uma das maiores amplitudes altitudinais do Brasil, desde 500 m até 2787 m de altitude, no Pico das Agulhas Negras, ponto mais alto do estado do Rio de Janeiro (Silva *et al*., 2009).

O Maciço do Itatiaia apresenta zonas climáticas e bandas de vegetação bem definidas (Segadas-Viana & Dau, 1965) e pode ser classificado em quatro tipos de vegetação com base na altitude: florestas sub-montana (400-499 m), montana (500-1499 m), alto montana (1500-2000 m) e campos de altitude (acima de 2000 m). A vegetação como um todo do PNI é classificada como floresta ombrófila densa montana

(Ururahy *et al*., 1983). Os campos de altitude são um conjunto dominado por comunidades gramíneas e arbustivas que variam com a topografia, microclima e solo, resultando em várias fisionomias (Vasconcelos, 2011).

O período de chuva ocorre entre outubro e abril e o período mais seco ocorre entre maio e setembro. A precipitação anual chega em torno de 2600 mm na parte alta do parque e 1800 mm na parte baixa (Tomzhinski *et al.*, 2012).

O Parque é considerado uma Reserva da Biosfera de Mata atlântica devido a sua localização e à grande variação na altitude (CIB, 2000). Além disso, a presença de campos de altitude aumenta o isolamento das espécies e propicia um alto grau de endemismo dentro do Parque (Martinelli, 1996), o que estimula estudos sobre variação geográfica de biodiversidade e possíveis impactos de mudanças climáticas.

2.2. Amostragem:

As amostragens foram feitas em sete altitudes diferentes, com um intervalo de 200 m de altitude entre elas, durante 12 meses seguidos, entre março de 2014 e fevereiro de 2015. As amostras referentes aos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro de 2014 foram usadas para caracterizar a estação seca e a estação úmida foi caracterizada pelas amostras de março, novembro e dezembro de 2014 e janeiro e fevereiro de 2015. O primeiro ponto está localizado próximo à estrada principal dentro da parte baixa do Parque a 1100 m de altitude (22º26’03,5”S-044º37’37,5”W). Os outros seis pontos foram marcados ao longo da trilha Rui Braga, nas altitudes de 1300 m (22º25’44,1S-044º37’43,7”W), 1500 m (22º25’44,0”S-044º37’43,5”W), 1700 m (22º25’03,1”S-044º38’33,9”W), 1900 m (22º24’12,2”S-044º38’29,8”W), 2100 m (22º24’12,1”S-044º38’29,8”W) e 2300 m (22º23’15”S-44º40’30”W”).

2.2.1. Coleta dos insetos:

Para a coleta do material foram usadas armadilhas de interceptação de voo do tipo Malaise (Figura 1). Uma armadilha foi montada em cada ponto selecionado e a cada mês eram realizadas as trocas dos frascos coletores contendo álcool 98%. Em laboratório o material foi separado quanto às ordens de insetos e, posteriormente, conservado em álcool 98º. Os coleópteros foram identificados no nível de família e a família Chrysomelidae separada em subfamílias. Ao final, cada subfamília foi separada morfoespécies (Derraik *et al*., 2002). O material foi depositado na coleção do Laboratório de Ecologia de Insetos, UFRJ.

Figura 1: Armadilha do tipo Malaise instalada em um dos pontos de coleta ao longo do gradiente altitudinal no Parque Nacional do Itatiaia.

2.2.2. Temperatura:

Medidas de temperatura foram realizadas nos sítios de coleta em todos os dias dos meses de janeiro e fevereiro de 2015. Ao lado de cada armadilha foi instalado um datalogger HOBOware que media a temperatura do ambiente a cada uma hora. A partir dos dados obtidos foi calculada a temperatura média, a máxima média e a mínima média em cada altitude referente à estação úmida.

As medidas de temperatura da estação seca foram obtidas a partir das temperaturas do mês de agosto, obtidas da estação meteorológica do “Posto Marcão” (localizado a 14 km da Garganta do Registro na estrada Rio-Caxambú) a 2400 m de altitude. Foram feitas estimativas das temperaturas das altitudes dos sítios de amostragem usando-se o fator de redução de 0,6ºC a cada 100 m de altitude (Holdridge, 1967; Sarmiento, 1986). Para avaliar a validade da estimativa de temperatura a partir deste método, comparamos as temperaturas realizadas com medidores ao longo da mesma trilha em agosto de 2012 obtidas por Araújo (2014). O padrão das duas curvas foi similar. O mesmo foi feito com os dados obtidos em janeiro de 2015, a partir dos dataloggers, e janeiro de 2012, por Araújo (2014), e os dois também apresentaram um padrão similar. Dessa forma, optamos por utilizar os dados de Araújo (2014), para representar o mês de agosto de 2014 por apresentar, além dos valores de temperatura média do mês, os valores de máxima média e mínima média (calculadas a partir das médias das temperaturas de cada dia).

2.2.3. Cobertura do dossel:

Dados de cobertura vegetal foram obtidos através de imagens fotográficas do dossel. Para as fotografias foi usada uma câmera Panasonic FZ18 com lente Vivitar HD 0.21X Fisheye - SERIES 1 - 180°. A câmera foi posicionada a 1 m do solo, perpendicular ao mesmo, e três fotografias foram tiradas em torno de cada ponto de armadilhagem. As imagens foram analisadas com o auxílio do programa GLA (Gap Light Analyzer, versão 2.0; Frazer *et al.*, 1999) onde foram obtidos os valores de abertura da copa, pelo cálculo da porcentagem de área branca (sem cobertura) em relação à parte escura da imagem (com cobertura). Os dados foram analisados com os

valores de porcentagem de cobertura. Foi feita a média dos três valores obtidos em cada altitude para obtenção de um valor de cobertura da copa para cada altitude estudada.

2.3. Análise dos dados:

Para descrever o padrão geral de riqueza e abundância de Chrysomelidae e de cada subfamília foram consideradas todas as amostras de todas as armadilhas nos 12 meses de coleta. O padrão de riqueza e abundância para as estações úmida e seca considerou apenas os dados referentes aos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (úmida) e os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro (seca).

O padrão de riqueza de Chrysomelidae no gradiente altitudinal foi avaliado pelo total acumulado de todas as espécies amostradas em cada altitude ao longo dos 12 meses e nas estações úmida e seca. Os dados de riqueza obtidos foram comparados com a riqueza de espécies esperada pelo efeito do domínio médio. Dessa forma, um intervalo de confiança de 95% foi gerado a partir de 1000 simulações de Monte Carlo, que aleatorizaram a distribuição das espécies ao longo do gradiente altitudinal, usando o software Mid-Domain Null (McCain, 2004 e 2005). O ajuste para as previsões do modelo nulo foi demonstrado a partir de uma regressão entre a média dos valores gerados pelas simulações e os valores empíricos.

Uma regressão múltipla foi feita, utilizando o programa SAM 4.0 (Rangel *et al*., 2010), para avaliar quais fatores poderiam determinar a variação de riqueza de espécies de Chrysomelidae no gradiente altitudinal. Os fatores ambientais avaliados foram temperatura e cobertura do dossel. Além disso, o valor de riqueza esperada gerada pelo modelo nulo do efeito do domínio médio também foi incluído na análise. Para definir os valores de temperatura (temperatura média, temperatura média das máximas e temperatura média das mínimas) utilizados na regressão, foi feita uma seleção de

modelos também no programa SAM 4.0 (Rangel *et al*., 2010), utilizando o critério de seleção de akaike (Akaike, 1973).

Para quantificar a variação na composição de espécies entre altitudes foi realizada uma análise de diversidade beta para a família Chrysomelidae a partir do método proposto por Carvalho *et al*., (2012) para decompor a beta diversidade em dois processos: substituição (turnover) de espécies e diferença de riqueza, sendo esses valores calculados a partir do índice de dissimilaridade de Jaccard. Quando comparamos locais, podemos decompor o número total de espécies em três valores: o número de espécies comuns a ambos os locais (a) e o número de espécies únicas para cada local, (b) e (c). A partir disso, podemos calcular a diversidade beta total (b + c) e avaliar os papéis relativos da substituição de espécies ou "turnover" (2 min (b, c)) e da diferença de riqueza de espécies (|bc|) na formação de padrões de diversidade beta. Ao definir esses valores em relação ao total de espécies no sistema (a + b + c), que poderíamos chamar de diversidade gama, obtém-se a seguinte equação:

$$(b + c) / (a + b + c) = 2 \min (b, c) / (a + b + c) + |b - c| / (a + b + c)$$

Essa fórmula algébrica pode ser resumida em:

$$\beta total = \beta turn + \beta rich$$

Onde, βtotal representa a variação total de espécies da comunidade, βturn a variação que ocorre devido à substituição ("turnover") de espécies e βrich representa a variação por conta da diferença de riqueza de espécies em cada local (Carvalho *et al*., 2013).

Para a diversidade beta foram feitas análises dos valores médios de dissimilaridade entre todos os pontos amostrados ao longo do ano e das estações seca e

úmida. Além disso, também foi realizada uma análise sequencial onde cada ponto amostrado era comparado com o seguinte. Dessa forma, apenas pontos próximos em 200 m de altitude foram comparados. Com esses valores, foi possível calcular a variação da diversidade beta em relação à altitude para o período de um ano e também nas duas estações climáticas estabelecidas.

Por último, foram realizados uma correlação de Spearman, para ver a relação entre altitude e valores de diversidade beta, e um teste t pareado para contrastar os valores de diversidade beta gerados nas mesmas faixas de altitude nas duas estações climáticas diferentes. Todas as análises referentes aos valores de diversidade beta foram feitas no Programa R (R Development Core Team, 2015/2016).

3. RESULTADOS:

3.1. Fatores abióticos, abundância, riqueza e distribuição temporal de Chrysomelidae

A partir dos dados de temperatura obtidos pelos dataloggers (metodologia – seção 2.2.2) algumas características sobre as estações climáticas em relação à altitude foram definidas. A estação úmida apresentou valores de temperatura média mais amenos ao longo do gradiente altitudinal (Figura 2A) Em 1100 m a temperatura média foi de 19°C, caindo, gradativamente, até chegar a 15°C em 1900 m. Em 2100 m a temperatura média subiu para 16,7°C, mas no ponto mais alto (2300 m) houve novamente uma queda, levando a temperatura média para 15,8°C. Na estação seca a variação na temperatura média ao longo do gradiente altitudinal foi maior, mas com valores inferiores aos da estação úmida. Em 1100 m a temperatura média foi de 14,5°C e em 1700 m esse valor sofreu uma queda chegando a 8°C. Em 2100 m a temperatura subiu para 11°C, mas em

2300 m caiu novamente chegando a uma temperatura média de 7,6°C (Figura 2B). Além disso, a média das temperaturas mínimas da estação úmida foi de 17 °C em 1100 m e foi reduzindo até chegar a, aproximadamente, 9°C em 2300 m (Figura 2A). Já na estação seca os valores das médias das temperaturas mínimas foram mais extremos, com 10,5°C em 1100 m, reduzindo até 1,4°C em 1900 m e, novamente, aumentando para 5,2°C em 2100 m, mas, no ponto mais alto da amostragem (2300 m) apresentou um valor negativo de, aproximadamente, -3°C (Figura 2.B). Apesar da média das temperaturas máximas ser mais alta na estação úmida as duas estações apresentaram uma variação alta deste valor ao longo do gradiente altitudinal (Figura 2). Na estação úmida a média das temperaturas máximas variou de 21°C em 1100 m a 19°C em 1900 m e chegou a seus maiores valores nas altitudes de 2100 m e 2300 m com 28°C e 30°C, respectivamente. Já na estação seca, esse valor caiu de 20,7°C em 1100 m para 13°C em 1700. A partir desse ponto a média das temperaturas máximas só aumentou chegando a 26,7°C em 2300 m.

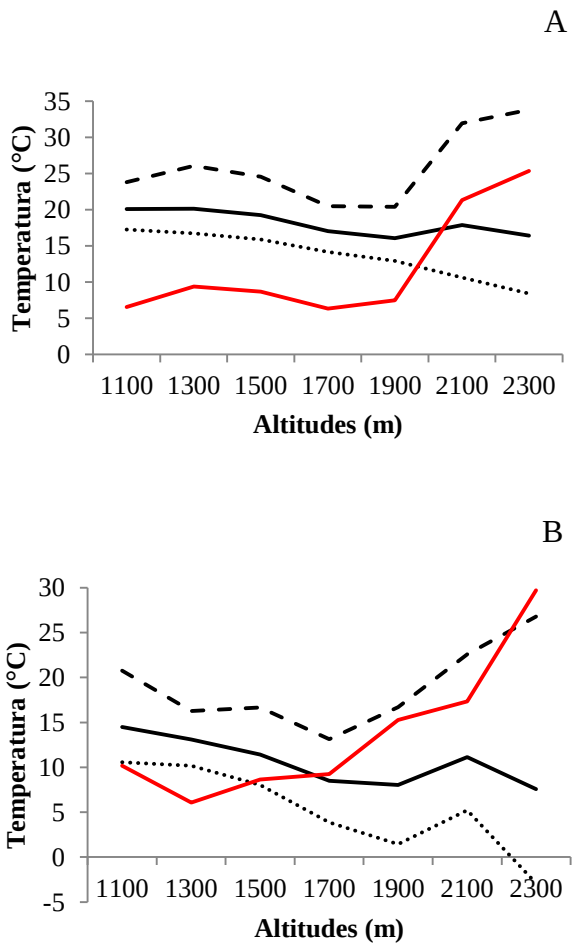

Figura 2: Valores de temperatura ao longo de um gradiente altitudinal no Parque Nacional do Itatiaia. Linha cheia – Temperatura média; Linha tracejada – Temperatura média das máximas; Linha pontilhada – Temperatura média das mínimas; Linha vermelha – Amplitude de temperatura (A = Janeiro de 2015 e B = Agosto de 2012).

Durante os 12 meses de amostragens nos sete pontos armadilhados, foram coletados 6.376 indivíduos pertencentes a 244 espécies de Chrysomelidae. A distribuição da abundância de espécies se caracterizou por uma alta porcentagem de "singletons" (espécies representadas por um único indivíduo) e poucas espécies dominantes. Do total, 92 espécies (38%) foram "singletons" enquanto, uma única espécie apresentou 1.714 indivíduos dos 6.376 coletados (Figura 3).

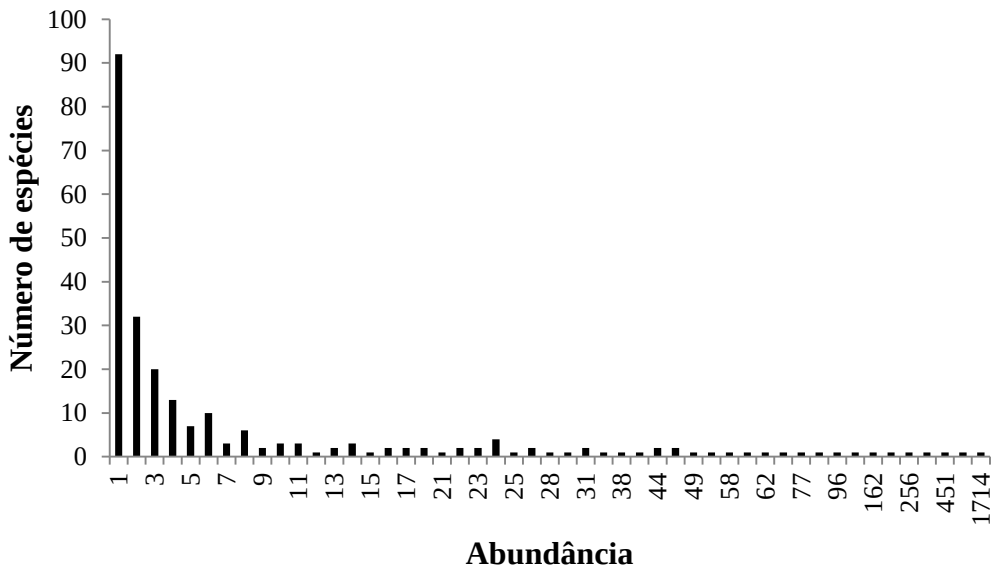

Figura 3: Número de espécies de Chrysomelidae em relação às abundâncias de indivíduos amostrados nos 12 meses no Parque Nacional do Itatiaia.

As subfamílias presentes, em ordem de riqueza e abundância foram: Galerucinae, Eumolpinae, Cassidinae, Cryptocephalinae, Criocerinae e Chrysomelinae. Galerucinae representou 84,7% dos indivíduos e 62,7% das espécies coletadas e Eumolpinae, 13,6% e 20,1% dos indivíduos e espécies, respectivamente. Essas duas subfamílias juntas representaram 98% de todos os indivíduos e 83% das espécies amostradas da família Chrysomelidae (Tabela 1).

Tabela 1: Abundância e riqueza de espécies das sete subfamílias de Chrysomelidae e valores totais para a família.

Subfamílias	Abundância	Abundância Relativa (%)	Riqueza	Riqueza Relativa (%)
Galerucinae	5401	84,7	153	62,7
Eumolpinae	866	13,6	49	20,1
Cassidinae	79	1,24	26	10,7
Cryptocephalinae	15	0,24	9	3,69
Criocerinae	12	0,19	5	2,05
Chrysomelinae	3	0,05	2	0,82
Total	6376	100	244	100

Na estação úmida foram coletadas espécies de todas as subfamílias registradas ao longo do ano, sendo Galerucinae a mais abundante, com 2876 indivíduos. Na estação seca apenas três subfamílias foram coletadas, Galerucinae, Eumolpinae e Cassidinae, apresentando, respectivamente, 1349, 16 e 1 indivíduos. Na estação úmida a riqueza de espécies de Chrysomelidae foi muito mais alta, apresentando 215 espécies contra 65 espécies da estação seca. Dentre essas espécies algumas foram exclusivas de cada estação. A estação úmida apresentou 165 espécies registradas, apenas, nesse período, enquanto na estação seca somente 15 espécies foram exclusivas (Tabela 2). Isso significa que, de todas as espécies coletadas na estação úmida, 77% foram exclusivas desta estação, enquanto, na estação seca, apenas 23% das espécies coletadas nessa estação foram exclusivas.

Tabela 2: Abundância e riqueza de espécies das sete subfamílias de Chrysomelidae e riqueza de espécies exclusivas para a família na estação seca e úmida.

Subfamílias	Abundância		Riqueza		Espécies exclusivas	
	Est. úmida	Est. seca	Est.úmida	Est. seca	Est. úmida	Est. seca
Galerucinae	2876	1349	133	57	89	13
Eumolpinae	748	16	44	7	39	2
Cassidinae	68	1	24	1	23	0
Cryptocephalinae	13	0	8	0	8	0
Criocerinae	8	0	5	0	5	0
Chrysomelinae	1	0	1	0	1	0
Total	3714	1366	215	65	165	15

3.2. Riqueza de espécies de Chrysomelidae no gradiente altitudinal

A riqueza total de espécies da família Chrysomelidae foi aumentando de 63 espécies em 1100 m até chegar a 100 espécies em 1700 m de altitude, ponto intermediário da amostragem ao longo da montanha. A partir de 1700 m a riqueza diminuiu abruptamente chegando a 30 espécies em 2300 m (Figura 4.A).

O intervalo previsto com 95% de confiança gerada a partir de 1000 simulações para o modelo do efeito do domínio médio mostrou que os dados empíricos gerais não se encaixam perfeitamente às predições do modelo nulo (r^2 = 0,7936). Entretanto, os dados apresentam uma curva com formato muito semelhante. Apenas os valores de riqueza correspondentes às altitudes de 1100 m e 1300 m ocorreram dentro do intervalo de confiança de 95%. Os outros valores seguiram o formato do modelo, mas permaneceram fora do intervalo de confiança (Figura 4A).

Para a estação úmida os resultados foram semelhantes. A riqueza aumentou de 52 espécies em 1100 m para 86 espécies em 1900 m, seguido por uma queda nos pontos seguintes, chegando a 28 espécies em 2300 m. As altitudes de 1300 m e 1500 m tiveram o mesmo número de espécies (75) (Figura 4.B).

Em relação ao intervalo de confiança de 95% previsto pelo modelo do efeito do domínio médio, os valores empíricos também não se encaixaram perfeitamente nas predições do modelo nulo, gerado por 1000 simulações (r^2 = 0,8372). Alguns desvios ocorreram, apesar de menores, em relação à análise anterior que considerou as amostras de todos os meses. Os valores de riqueza de espécies nas altitudes de 1500 m, 1700 m, 2100 m e 2300 m ficaram fora do intervalo de confiança.

Na estação seca a riqueza subiu de 13 espécies em 1100 m para 23 espécies em 1700 m. Após este ponto a riqueza caiu chegando a cinco espécies no ponto mais alto de amostragem (2300 m) (Figura 4.C). A curva dos dados empíricos não seguiu o padrão do intervalo de confiança de 95% previsto pelo modelo nulo do efeito do domínio médio, também com 1000 simulações, mesmo apresentando quatro pontos amostrados dentro do intervalo de confiança (r^2 = 0,333). Os desvios ocorreram nos valores de riqueza das altitudes 1900 m, 2100 m e 2300 m.

A análise de seleção de modelo para averiguar qual seria a melhor medida de temperatura (temperatura média, temperatura média das máximas e temperatura média das mínimas) a ser usada na regressão múltipla dos fatores determinantes da variação na riqueza de Chrysomelidae indicou que o valor médio das temperatura máximas foi o mais representativo (AICc = 0,878; Delta AICc= 0), segundo o critério de seleção de akaike (Akaike, 1973).

Para a estação úmida o único parâmetro que apresentou valores significativos na análise de regressão múltipla foi o MDE. Este foi responsável por, aproximadamente 80% da variação na riqueza da família (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficientes, significância e regressão parcial dos diferentes parâmetros avaliados na estação úmida. (R^2 ajustado: 0,956; F: 21,725; p: <0.001; AICc: 109,329) Valores significativos (p<0,05) em negrito.

Parâmetros	Coeficiente Std.	t	p	Regressão Parcial
Cobertura do dossel	0,132	0,402	0,600	0,002
MDE	0,715	4,714	**0,003**	0,326
Temp. média máxima	-0,279	-0,777	0,334	0.009

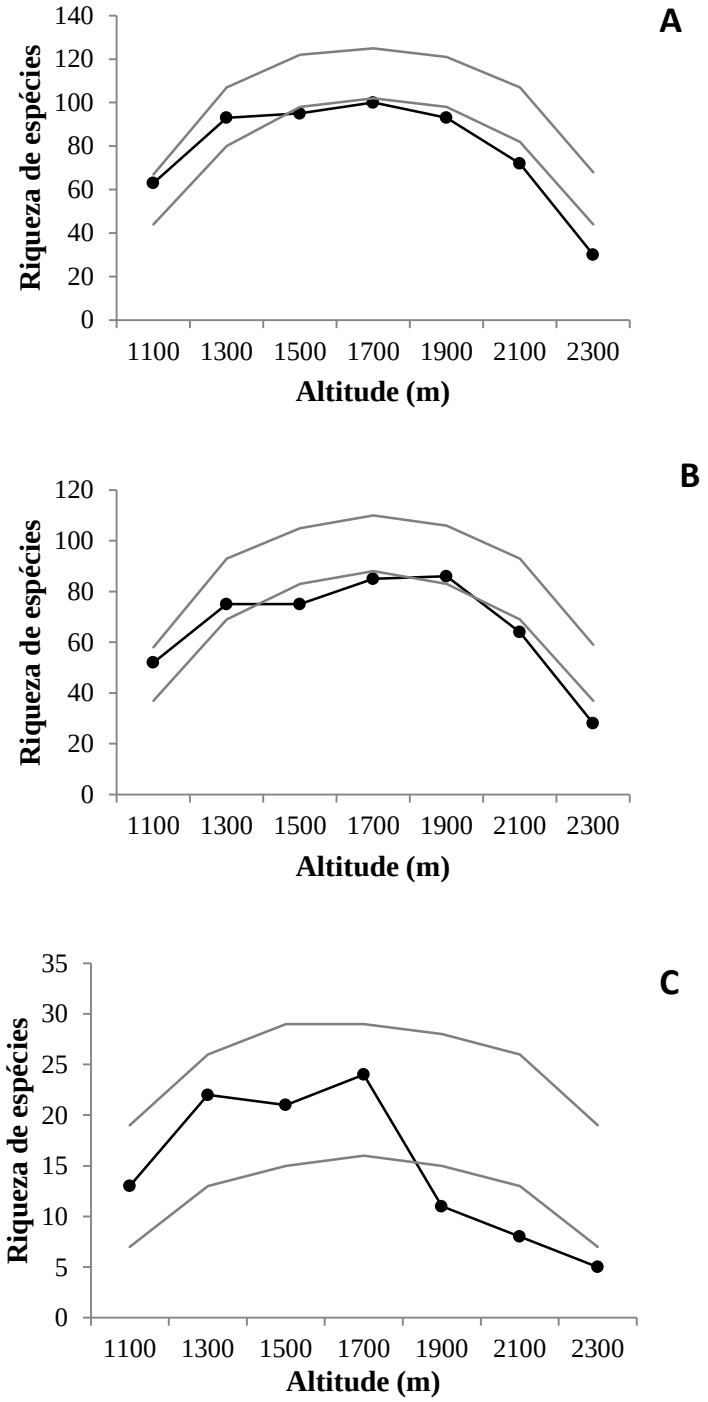

Figura 4: Curva de riqueza de espécies (linha com os pontos) e curvas previstas por um intervalo de confiança de 95% amostradas sem substituição pelo programa Mid-Domain Null (1000 simulações cada) em um gradiente altitudinal (A= Dados de todos os meses de coleta; B= Dados da estação úmida; C= Dados da estação seca.).

Na estação seca, nenhum fator apresentou valores significativos (Tabela 4), entretanto, as valores médios de temperatura de máximas apresentou um valor de p marginalmente significativo (p = 0,091). Com isso, a temperatura seria responsável por 77% na determinação da variação na riqueza da família, enquanto o MDE seria responsável por 33% e a cobertura do dossel por 57%.

Tabela 4: Coeficientes e significâncias das diferentes variáveis avaliadas na estação seca. (R^2 ajustado: 0,816; F 4,431; p: <0,001; AICc: 104,7).

Parâmetros	Coeficiente Std.	t	p	Regressão Parcial
Cobertura do dossel	-0,356	-0,523	0,500	0,017
MDE	-0,542	-0,869	0,286	0.046
Temp.média máxima	-1,593	-1,567	0,091	0.151

3.3. Diversidade beta de Chrysomelidae

Os valores médios de dissimilaridade anual para a família Chrysomelidae, calculados a partir de uma análise de diversidade Beta entre todos os pontos amostrados, foram de 0,733 para a variação total na comunidade (matriz βtotal), 0,484 para a substituição de espécies (matriz βturn) e 0,249 para a diferença de riqueza entre os pontos (matriz βrich).

Além de uma análise entre todas as altitudes, a diversidade beta anual também foi calculada de forma sequencial. Assim, calculou-se a variação da diversidade beta entre pares de altitudes adjacentes com distância de 200 m considerando todas as amostras do período de um ano (Figura 5A). Cada ponto no gráfico representa o valor calculado da dissimilaridade de cada par adjacente de altitudes comparadas. Os três componentes gerados pela diversidade beta não apresentaram correlação significativa com a altitude (p de βtotal = 0,356, p de βturn = 0,713, p de βrich = 0,497). Porém,

pode-se perceber uma correlação positiva da altitude com os valores de βtotal (rho= 0,428) e βrich (rho= 0,371) e uma correlação negativa com os valores de βturn (rho= -0,2).

Os menores valores de dissimilaridade para βtotal foram aqueles quando pontos intermediários da montanha foram comparados. Entretanto, ao se comparar os pontos 1900 m com 2100 m a dissimilaridade total aumentou consideravelmente. Esses pontos apresentam uma fitofisionomia contrastante, a armadilha colocada em 1900 m fica ainda dentro da floresta, enquanto a altitude de 2100 m já é caracterizada por campos de altitude. A substituição de espécies foi o fator que mais influenciou a comunidade de Chrysomelidae ao longo do gradiente. A diferença de riqueza de espécies teve maior influência apenas quando os dois pontos mais altos amostrados foram comparados.

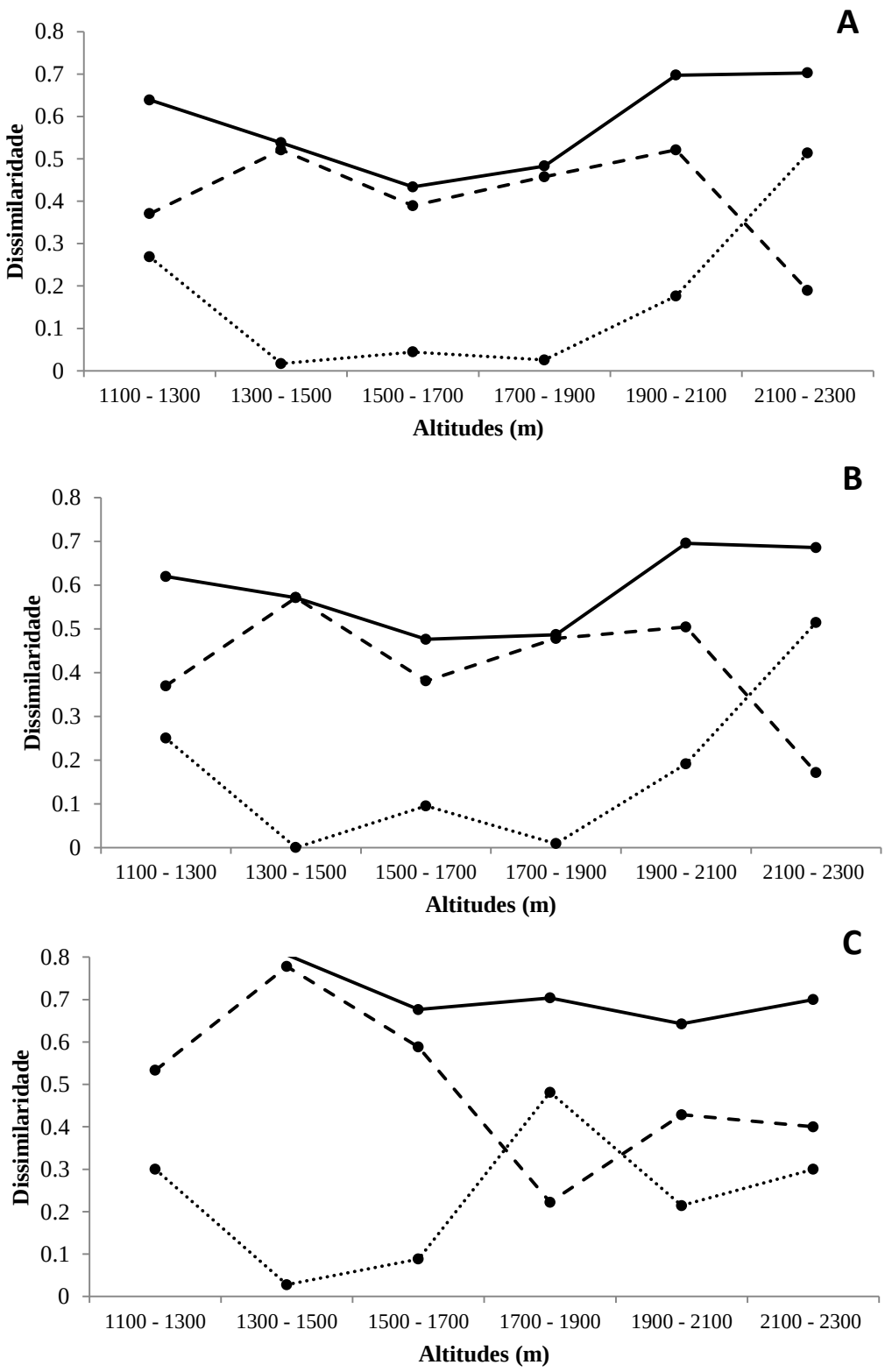

Figura 5: Variação da diversidade beta de pares sequenciais no Parque Nacional do Itatiaia. βtotal - linha cheia; βturn – linha tracejada e βrich – linha pontilhada. (A= Dados de todos os meses de coleta; B= Dados da estação úmida; C= Dados da estação seca.)

A diversidade beta também foi calculada para as estações seca e úmida. Na estação úmida os valores médios de diversidade beta, calculados a partir de uma comparação entre todos os pontos, foram de 0,744 para a matriz de βtotal, 0,500 para a matriz βturn e 0,244 para a matriz βrich. Para a estação seca os valores foram de 0,835 para a matriz de βtotal, 0,465 para a matriz βturn e 0,3700 para a matriz βrich.

O cálculo em sequência da diversidade beta também foi realizado nas estações úmida e seca. Dessa forma, foi possível fazer uma correlação entre a altitude e a diversidade beta em cada estação para cada componente gerada. Para estação úmida, os valores da correlação não foram significativos (p de βtotal = 0,419, p de βturn = 0,714, p de βrich = 0,497), mesmo apresentando uma correlação positiva com os valores de βtotal (rho= 0,429) e βrich (rho= 0,371) e uma correlação negativa com os valores de βturn (rho= -0,2) (Figura 5B). Os valores de dissimilaridade para os três componentes na estação úmida foram muito similares com o padrão anual apresentado anteriormente.

Para a estação seca os valores dos componentes da diversidade beta também não foram significativamente correlacionados com a altitude (p de βtotal = 0,1361, p de βturn = 0,175, p de βrich = 0,5774). Entretanto, houve uma correlação positiva apenas para os valores de βrich (rho=0,2900). βtotal (rho= 0,714) e βturn (rho= 0,657) apresentaram uma correlação negativa com a altitude (Figura 5C).

O valor de dissimilaridade do componente βrich entre os pontos 1300 m e 1500 m foi o mais alto comparado com o da estação úmida. Entretanto, ele não se manteve alto e isso levou o valor da diversidade beta total a diminuir com o aumento da altitude.

Em relação à riqueza de espécies, o valor da dissimilaridade não aumentou tanto quanto na estação úmida levando os valores de βtotal a se manterem baixos.

O teste t pareado mostrou que apenas os dados de βtotal apresentaram diferenças significativas (Tabela 5). Ou seja, apenas para a componente βtotal os valores de dissimilaridade calculados entre as altitudes na estação úmida se mostraram diferentes daqueles valores de dissimilaridade dos mesmos pares de altitudes na estação seca. Para os outros componentes poucos pares de altitude apresentaram grandes diferenças nos valores de dissimilaridade entre as estações e isso fez com que a análise não apresentasse valores significativos para a comparação das estações como um todo. (Figura 6).

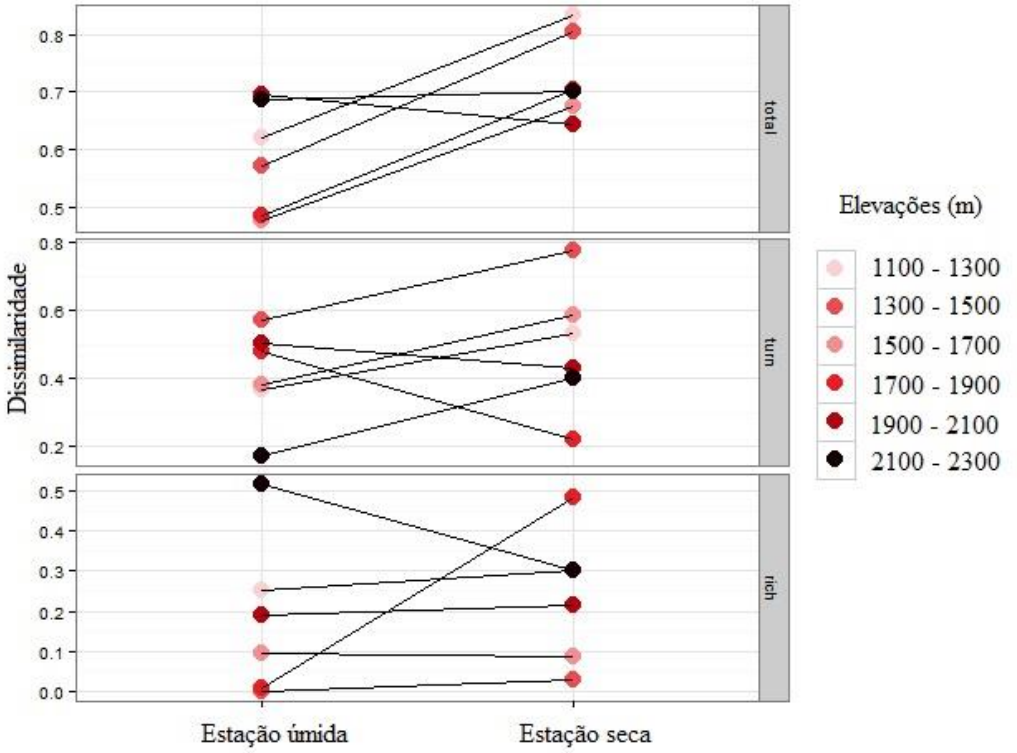

Figura 6: Contraste entre valores de diversidade beta dos pares adjacentes de altitudes entre a estação úmida e a estação seca no Parque Nacional de Itatiaia.

Tabela 5: Valores e significância do teste t pareado, realizado entre a estação seca e úmida, para cada componente da diversidade beta de espécies de Chrysomelidae no Parque Nacional do Itatiaia. Valores significativos ($p<0,05$) em negrito.

Componentes	t	p
β Total	-2,723	**0,042**
β Rich	-0,640	0,551
β Turn	-0,973	0,375

4. DISCUSSÃO

4.1 Abundância, riqueza e distribuição temporal de Chrysomelidae

No Brasil, trabalhos com comunidades de Chrysomelidae, também apresentam a subfamília Galerucinae como a mais abundante e mais rica (Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2013; Linzmeier *et al.*, 2006). Em 2015, Bouzan *et al.* realizaram um trabalho sobre distribuição de Chysomelidae em um gradiente altitudinal no PNI, usando rede de varredura da vegetação como método de coleta, e a subfamília Galerucinae também foi a mais abundante (91,6%) e a mais rica (58,2%).

Esse padrão se repete em trabalhos com Chrysomelidae em diversas regiões do mundo e com diferentes métodos de coleta (Basset & Samuelson, 1996; Novotny *et al*., 1999; Flowers *et al*., 2003). Sanchez-Reyes *et al*. (2014) realizaram um trabalho sobre diversidade de Chrysomelidae em um gradiente altitudinal no México e também concluíram que a subfamília Galerucinae era a mais abundante (82,1%) e a mais rica (49%).

Apesar dos valores altos de abundância e riqueza de Chrysomelidae, muitas espécies foram raras e boa parte delas representadas por um único indivíduo

(“singleton”). Esse padrão já vem sendo observado na natureza com diversos grupos e muitos modelos foram sugeridos para se entender essa variação desigual entre abundância e riqueza (Mcgill *et al*., 2007).

Galerucinae é, de fato, a subfamília mais abundante e com a maior riqueza de espécies dentro dos crisomelídeos, apresentando mais de 1100 gêneros e, aproximadamente, 14.500 espécies descritas, com a maior diversidade na região tropical (Vencl & Leschen, 2014). Eles são insetos altamente especializados que se alimentam de uma grande variedade de grupos de plantas, especialmente angiospermas (Konstantinov & Vandenberg, 1996). A tribo Alticini, a mais abundante e a mais rica dentro de Galerucinae (Furth, 1988; Konstantinov & Vandenberg, 1996), tem a capacidade de saltar, o que poderia facilitar o seu movimento através da vegetação, aumentando sua capacidade de dispersão e a consequente coleta pela armadilha (Ge *et al*., 2011).

A segunda subfamília de Chrysomelidae mais diversa conhecida é Cassidinae, com 6.319 espécies (Vencl & Leschen, 2014). Entretanto, nesse trabalho, essa subfamília foi representada por apenas 10% do material coletado. As armadilhas do tipo Malaise são muito utilizadas em trabalhos de amostragem com a família Chrysomelidae (*e.g.* Marinoni & Dutra, 1993; Ganho & Marinoni, 2003; Furth *et al*., 2003; Linzmeier *et al*., 2006; Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2012). Porém, características comuns de muitas espécies de Cassidinae, como, permanecer em baixo das folhas das plantas hospedeiras e movimentar-se pouco (Vencl & Leschen, 2014), não favorecem a sua captura uma vez que nesse tipo de armadilha, de interceptação do voo, é maior a capturabilidade de insetos com maior vagilidade (Townes, 1972). No trabalho de Sanchez-Reyes *et al.* (2014), onde, a metodologia empregada foi a varredura da

vegetação, a subfamília Cassidinae se apresentou como a segunda mais abundante e mais rica.

A abundância e riqueza de espécies de Chrysomelidae foram mais altas na estação úmida, com 3.714 indivíduos e 215 espécies, correspondendo a 58,2% da abundância total e 88,1% da riqueza total coletada ao longo dos 12 meses. O mesmo padrão já foi observado em diversos outros trabalhos sobre o grupo (*e.g.* Linzmeier & Ribeiro-Costa 2008 e 2013; Sanchez-Reyes *et al*., 2014; Bouzan *et al*., 2015). O grande número de indivíduos e espécies nessa estação parece estar relacionado com a disponibilidade de recursos para o grupo mais abundante dentro dos crisomelídeos, a subfamília Galerucinae. A maioria das espécies dessa subfamília se alimenta de raízes na fase larvar e, quando adultos, se alimentam das folhas (Pokon *et al*., 2005). Assim, a maior disponibilidade de alimento e as condições abióticas dessa época do ano na área de estudo favorecem o aumento do número de espécies e de indivíduos da família. Apesar de grande parte das espécies de Chrysomelidae ser polífaga (Pokon *et al*., 2005), o que poderia tornar mais fácil sobreviver e se reproduzir ao longo do ano inteiro, o clima sazonal observado particularmente em altitudes mais elevadas (*e.g.* Flinte *et al*., 2009) representa uma restrição à ocorrência de muitas espécies ao longo de todo o ano. Na estação seca, que compreende o período de temperaturas muito baixas e pouca chuva, a abundância chegou apenas a 1.366 indivíduos (21,4%) e 65 espécies (26,6%). Temperatura e pluviosidade são dois fatores que, reconhecidamente, atuam de forma direta e indireta restringindo a distribuição espacial e temporal de populações de insetos (Wolda, 1978 e 1988; Marinoni & Ganho, 2003).

4.2 Riqueza de espécies de Chrysomelidae no gradiente altitudinal

Nesse trabalho, a maior riqueza de espécies ocorreu a 1700 m de altitude, ponto intermediário das amostragens. Esse padrão já foi observado em diversos outros estudos com insetos pertencentes a diferentes grupos. (*e.g.* Janzen, 1973; Janzen *et al*., 1976; McCoy, 1990; Furth, 2009; Fernandez *et. al*., 2010; Sánchez-Reyes *et al*., 2014; Bouzan *et al*., 2015).

O efeito do domínio médio foi capaz de explicar 80% da variação na riqueza geral de Chrysomelidae ao longo do gradiente altitudinal estudado (Resultados - seção 3.2). Apesar dos valores empíricos obtidos não se encontrarem todos dentro do intervalo de confiança, o modelo gerado se ajusta muito bem para a família. Segundo Cowell (2004), esse padrão na distribuição da riqueza de espécies é causado por fatores estocásticos que operam dentro dos limites geometricamente restringidos. Esses fatores definem melhor o perfil da distribuição das espécies na montanha do que possíveis fatores ambientais.

Analisando separadamente as duas estações constatou-se que, os dados empíricos da estação úmida se ajustaram bem ao modelo nulo gerado, apresentando uma curva similar ao MDE. O resultado da regressão múltipla mostra que o MDE, sozinho, explica melhor a variação na riqueza de espécies ao longo do gradiente altitudinal na estação úmida do que as variáveis ambientais medidas (temperatura e cobertura do dossel) (Tabela 2). Esse resultado é similar ao padrão geral da montanha ao longo do ano, e nesse caso os fatores estocásticos são capazes de explicar mais de 80% de toda a variação na riqueza de espécies nessa estação.

Para a estação seca os dados empíricos não se ajustaram ao modelo nulo previsto pelo MDE, sendo a curva gerada completamente diferente do intervalo de confiança do

modelo. Nesse caso, a variação na riqueza de espécies pode estar fortemente impulsionada por outros fatores que não os estocásticos. O resultado da regressão múltipla não apresentou valores significativos em nenhum fator analisado. Segundo Janzen *et al*. (1976) a severidade climática e restrição de recursos são fatores que delimitam a distribuição de espécies em uma montanha sendo a temperatura capaz de afetar diretamente e indiretamente a distribuição de insetos em um gradiente altitudinal (ver Hodikinson, 2005). Nesse caso, a temperatura é responsável por 77% da variação na riqueza de espécies no gradiente altitudinal na estação seca devido à importância da mesma no resultado da regressão múltipla. Dessa maneira, a temperatura máxima é vista como o fator que restringe a sobrevivência, reprodução e, consequentemente, distribuição desses insetos.

Os valores médios de temperatura obtidos para esse trabalho apresentam grandes diferenças entre as estações: estação úmida apresenta uma amplitude de variação da temperatura (Temperatura média das máximas menos Temperatura média das mínimas) menor do que a estação seca. Essa menor amplitude de variação ao longo da montanha acarreta em um clima mais favorável para o desenvolvimento de plantas e animais em uma maior extensão do gradiente altitudinal estudado (Hodikson, 2005). Portanto, na estação úmida, os fatores ambientais (bióticos e abióticos) parecem não ser tão determinantes na distribuição de espécies devido a maior disponibilidade de alimento e habitats (plantas hospedeiras) para o grupo (Jolivet & Petitpierre, 1976). Dessa forma, é possível que haja uma maior interferência dos fatores estocásticos no padrão de distribuição das espécies na montanha. Diferentemente da estação úmida, a estação seca apresenta uma maior amplitude de temperatura entre os pontos amostrados (Figura 2). Assim, espera-se que haja uma maior variação da disponibilidade de habitat e alimento ao longo da montanha, sendo estes, portanto, mais determinantes na variação da riqueza

de espécies do que os fatores estocásticos. Diversos trabalhos com a família Chrysomelidae associam a riqueza de espécies com as estações do ano e todos mostram que a estação seca é, de fato, a mais rigorosa e com a menor riqueza, principalmente em trabalhos feitos em altitude (Nogueira-de-Sá *et al*., 2004, Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2008; Flinte *et al*., 2009; Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2013; Bouzan *et al*., 2015). Entretanto, poucos trabalhos discutem a influencia dos fatores ambientais e estocásticos dentro de cada estação para insetos (Brehm *et al*., 2007).

4.3 Diversidade Beta de Chrysomelidae

É esperado que a diversidade beta aumente com o aumento da distância entre as áreas estudadas (Bini *et al*., 2014; Heino *et al.*, 2015). Dessa forma, os valores médios de dissimilaridade, calculados nos 12 meses de amostragem para a família Chrysomelidae mostrou que praticamente 50% da diferença total encontrada entre os pontos ao longo do ano todo, estava relacionada com o turnover de espécies. Ou seja, no geral, a substituição de espécies foi mais significativa para a variação na composição de espécies entre os pontos ao longo do ano do que a diferença de riqueza. Na análise sequencial, foi possível visualizar a influência desses processos na diversidade beta entre os pontos com o aumento da altitude. Dessa forma, constatou-se que a substituição de espécies foi, de fato, o processo que mais influenciou a variação na comunidade de Chrysomelidae ao longo da altitude, sendo esse processo mais efetivo entre as altitudes de 1300 m e 1900 m.

Em gradientes altitudinais as plantas hospedeiras são expostas a vários fatores ambientais que mudam rapidamente ao longo da altitude (Hodkinson, 2005). Esses fatores também podem afetar a fenologia da planta, o tamanho, a morfologia, a fisiologia e a configuração espacial que por sua vez afetam as populações de insetos que

dependem desse recurso (Kronfuss & Havranek, 1999). Segundo Novotny & Weiblen (2005), a diversidade beta pode estar diretamente correlacionada com a altitude em insetos fitófagos devido à variação na composição das plantas hospedeiras com o aumento da altitude. Como esses pontos (1300 e 1900 m) se encontravam todos dentro de mata fechada e não houve redução no número de espécies de besouros, os valores de diversidade beta nesse caso, podem ser explicados pela substituição na composição da vegetação local. Entretanto, os pontos mais altos e mais baixos da montanha apresentaram a diferença de riqueza como fator mais importante para a variação na composição de Chrysomelidae (Figura 3). Entre os dois pontos mais altos a perda de espécies foi muito acentuada. Isso pode estar relacionado com a localização desses pontos de coleta nos campos de altitude. Dessa forma, esse padrão pode ter sido gerado pelo fato do efeito da sazonalidade ser maior nesses ambientes e de muitas espécies, tanto de plantas como de insetos, serem endêmicas e restritas ao local tendo assim, por consequência, uma baixa capacidade de dispersão e uma alta especialização ao habitat (Ribeiro *et al*., 2007). Em relação aos pontos mais baixos, o primeiro deles se localiza em área de grande visitação do parque enquanto os outros ficam em uma trilha preservada e de difícil acesso. A comparação entre esses dois pontos apresentou valores de dissimilaridade altos, sendo esse padrão explicado majoritariamente por uma maior diferença de riqueza (Figura 3). Ações antrópicas são amplamente relatadas por afetar o ecossistema tanto em escala local quanto global. Impactos de longo prazo podem incluir alterações nos ciclos biogeoquímicos, na produtividade primária, nas interações bióticas e diminuição da resiliência dos ecossistemas afetandos, consequentemente, a riqueza e diversidade de comunidades de diversos grupos animais e vegetais (Taylor *et al*., 1994; Naeem & Li, 1997; Chapin *et al*., 2000; Ulrich, 2010). Sendo assim, acredita-se que o aumento no número de espécies do ponto 1 para o 2 deve ter ocorrido pelo fato da

composição e diversidade de espécies vegetais e de sua fauna associada terem sido mais afetadas por ações antrópicas no ponto mais baixo.

Considerando as diferentes estações, encontramos na estação úmida um resultado muito similar com o padrão anual observado anteriormente (Figura 4). De uma maneira geral os valores da diversidade beta sofreram maior influência da substituição de espécies. Entretanto, nos pontos mais baixos e mais altos da montanha a diferença de riqueza apresentou maior contribuição nos padrões de diversidade. O fato da estação úmida apresentar um padrão muito próximo do padrão geral é explicado por esta estação abrigar grande parte da riqueza e abundancia desses besouros na área de estudo.

Os valores de diversidade beta foram mais altos na estação seca do que na estação úmida, tendo a substituição de espécies como o principal processo responsável por essas dissimilaridades, embora tenha ocorrido também um aumento da importância da diferença de riqueza entre os pontos amostrados. Na análise sequencial é possível ver que a diferença de riqueza, ganha mais importância ao longo da montanha a partir de 1700 m de altitude (Figura 5). A estação seca é marcada, como dito anteriormente, por baixas temperaturas e pouca chuva, sendo esses fatores de extrema importância para insetos fitófagos (Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2008). Com isso, é possível ver que a estação seca apresenta uma maior diferença na composição de espécies e uma diminuição na riqueza ao longo da montanha devido às características ambientais desfavoráveis para a sobrevivência e dispersão desses indivíduos, como visto também em diversos trabalhos com o grupo (*e.g.* Linzmeier & Ribeiro-Costa, 2008 e 2013, Sanchez-Reyes *et al*., 2014; Bouzan *et al*., 2015). Esse mesmo padrão também pode ser observado em trabalhos de diversidade beta em montanhas com outros organismos. Jimenez-Valverde *et al*. (2010) mostraram que as condições climáticas selecionavam as

aranhas que viveriam em cada localidade estudada. A complexidade do habitat seria o fator principal para controlar o número de espécies em cada localidade. Além disso, a diferença na complexidade da vegetação também teve influência significativa para algumas famílias estudadas que, ecologicamente, interagiam diretamente com a vegetação. Os autores concluíram que quanto menor a dispersão das aranhas, maior seria sua diversidade beta entre as localidades na região.

Estudos sobre a fenologia de Chrysomelidae em montanhas têm mostrado que estas espécies tendem a ter padrões mais semelhantes a espécies subtropicais e temperadas do que aquelas de áreas tropicais ao nível do mar (*e.g.* Nogueira-de-Sá *et al*., 2004; Flinte *et al*., 2015). Isso pode ser explicado pelo fato do ambiente montano apresentar sazonalidade bem marcada, semelhante àquela encontrada em regiões temperadas (Wolda, 1988). Dessa forma, é possível supor que a variação na temperatura e pluviosidade encontrada entre as duas estações do ano analisadas podem ser fruto de uma sazonalidade existente, que é potencializada com o aumento da altitude. (*e.g.* Flinte *et al*., 2009).

A análise do teste t pareado comprova a diferença significativa entre os valores de diversidade beta gerados entre as altitudes na estação úmida comparados com a estação seca. Isso indica que a sazonalidade influência muito na composição e riqueza de espécies ao longo do ano em uma montanha tropical. Esse resultado é semelhante ao encontrado em outros trabalhos realizados em montanhas da região neotropical (Flinte *et al*., 2009, Bouzan *et al*., 2015) corroborando a importância da sazonalidade para a diversidade de Chrysomelidae em regiões de altitude. Além disso, reforça a importância do estudo de áreas montanhosas para uma melhor compreensão dos padrões de biodiversidade em Chrysomelidae e espera-se que mais trabalhos sejam feitos

principalmente em áreas montanhosas do sudeste brasileiro, por compreenderem uma grande parte das áreas remanescentes de mata Atlântica natural do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of maximum likelihood principle. In: B. N. Petrov & F. Csaki (ed) Second International Symposium on Information Theory, Akademiai Kiado, Budapest, pp. 267–281.

Almeida-Neto, M., Frensel, D.M.B. & Ulrich, W. 2012. Rethinking the relationship between nestedness and beta diversity: a comment on Baselga (2010). Global Ecology and Biogeography 21:772–777.

Almeida-Neto, M., Guimarães, P., Guimarães, P.R., Jr, Loyola, R.D. & Ulrich, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. Oikos 117: 1227–1239.

Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone, A.L., Sanders, N.J., Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P., Kraft, N.J.B., Stegen, J.C. & Swenson, N.G. 2011. Navigating the multiple meanings of b diversity: a roadmap for the practicing ecologist. Ecology Letters 14: 19–28.

Araújo, C.O. 2014. Padrões de distribuição e diversidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) ao longo de um gradiente altitudinal no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

Baselga, A. & Novoa, F. 2007. Diversity of Chrysomelidae (Coleoptera) at a mountain range in the limit of the Eurosiberian region, northwest Spain: species richness and beta diversity. Entomologica Fennica 18: 65–73.

Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. Global Ecology and Biogeography 19: 134–143.

Baselga, A. 2012. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness and nestedness. Global Ecology and Biogeography 21(12): 1223-1232.

Basset, Y. & Samuelson, G.A. 1996. Ecological characteristics of an arboreal community of Chrysomelidae in Papua New Guinea. In: P. Jolivet & M. Cox (ed) Chrysomelidae Biology. Volume 2: Ecological Studies. SPB Academic Publishing, Amsterdam, pp. 243–262.

Basset, Y., Samuelson, G.A., Allison, A, & Miller, S.E. 1996. How many species of host-specific insects feed on a species of tropical tree?. Biological Journal of the Linnean Society 59(2): 201–216.

Bini, L. M., Landeiro, V. L., Padial, A. A., Siqueira, T. & Heino, J. 2014. Nutrient enrichment is related to two facets of beta diversity for stream invertebrates across the United States. Ecology 95(6), 1569-1578.

Bouzan, A.M., Flinte, V., Macedo, M.V. & Monteiro, R.F. 2015. Elevation and temporal distributions of Chrysomelidae in southeast Brazil with emphasis on the Galerucinae. In: P. Jolivet, J. Santiago-Blay & M. Schmitt (ed) Research on Chrysomelidae 5. ZooKeys 547: 103–117

Brehm, G., Colwell, R. K., & Kluge, J. 2007. The role of environment and mid-domain effect on moth species richness along a tropical elevational gradient. Global Ecology and Biogeography 16(2), 205-219.

Carneiro, M.A., Ribeiro, S.P. & Fernandes, G.W. 1995. Artrópodos de um gradiente altitudinal na Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia 39(3): 597–604.

Carvalho, J.C., Cardoso, P. & Gomes, P. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. Global Ecology and Biogeography 21: 760–771.

Carvalho, J.C., Cardoso, P., Borges, P.A.V., Schmera, D. & Podani, J. 2013. Measuring fractions of beta diversity and their relationships to nestedness: a theoretical and empirical comparison of novel approaches. Oikos 000: 001–010

Chapin III, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E. Mack, M.C. & Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. Nature 405: 234-242.

Colwell, R. K., Rahbek, C. & Gotelli, N. 2004. The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far?. American Naturalist 163:1–23.

Colwell, R.K. & Hurtt, G.C. 1994. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. The American Naturalist 144: 570–595.

Colwell, R.K. & Lees, D.C. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. Trends in Ecology & Evolution 15: 70–76.

Conservation international of brazil; fundação sos mata atlântica; fundação biodiversitas; instituto de pesquisas ecológicas, secretaria do meio ambiente do estado de são paulo (semad) & instituto estadual de florestas-mg. 2000. Avaliação

e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. MMA/SBF, Brasília, pp. 1-40.

Derraik, J. G., Closs, G. P. Dickinson, K. J. Sirvid, P. Barratt, B. I. & Patrick, B. H. 2002. Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. Conservation Biology 16:1015–1023.

Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. American Scientist 38: 209–221.

Farrell, B.D. & Erwin, T.L. 1988. Leaf-beetle community structure in an amazonian rainforest canopy. In: P. Jolivet, E. Petitpierre & T. Hsiao (ed) Biology of Chrysomelidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp.73–90.

Fernandez, V., Gamarra, P., Outerelo, R., Cifrián, B. & Baz, A. 2010. Distribución de estafilíninos necrófilos (Coleoptera, Staphylinidae, Staphylininae) a lo largo de un gradiente altitudinal en la Sierra de Guadarrama, España. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica) 104: 61–86.

Flinte, V., Freitas, S., Macedo, V.M. & Monteiro, F.R. 2011. Altitudinal and temporal distribution of *Plagiometriona* Spaeth, 1899 (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae) in a tropical forest in southeast Brazil. ZooKeys 157: 15–31.

Flinte, V., Hentz, E., Morgado, B.M., Lima, A.C,M., Khattar, G., Monteiro, R.F. & Macedo, M.V. 2015. Biology and phenology of three leaf beetle species (Chrysomelidae) in a montane forest in southeast Brazil. In: P. Jolivet, J. Santiago-Blay & M Schmitt (ed) Research on Chrysomelidae 5. ZooKeys 547: 119–132.

Flinte, V., Macedo, V.M. & Monteiro, F.R. 2009. Chrysomelids and their host plants along an altitudinal gradient in a tropical Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. In: P. Jolivet, J. Santiago-Blay & M Schmitt (ed) Research on Chrysomelidae 2. Brill, Leiden, Boston, pp.31–56.

Flowers, R.W. & Hanson, P.E. 2003. Leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) diversity in eight Costa Rican habitats. In: Furth DG (Ed) Special topics in leaf beetle biology. Proceedings of the 5th International Symposium on the Chrysomelidae, Iguassu Falls (Brazil), August 2000. Sofia-Moscow, Pensoft Publishers, pp. 25–51.

Frazer, G.W., Canham, C.D. & Lertzman, K.P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission índice from true-colour fisheye photographs. Copyright © 1999: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

Furth, D.G. 1988. The jumping apparatus of flea beetles (Alticinae) - The metafemoral spring. In: P. Jolivet, E. Petitpierre, T.H. Hsiao (ed) Biology of Chrysomelidae, Kluwer Dordrecht, Academic Publisher, pp. 285–297.

Furth, D.G. 2009. Flea beetle diversity of the Sierra Tarahumara, Copper Canyon, Mexico (Chrysomelidae: Alticinae). In: P. Jolivet, J. Santiago-Blay & M Schmitt (ed) Research on Chrysomelidae 2, Brill, Leiden, Boston, pp. 131–151.

Furth, D.G., Longino, J.T. & Paniagua, M. 2003. Special topics in leaf beetle biology. In: D.G. Furth, (ed) Survey and quantitative assessment of flea beetle diversity in

a Costa Rican rainforest (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae). Moscow, Pensoft Publishers, pp.1–23.

Ganho, N.G. & Marinoni, R.C. 2003. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas malaise. Rev Brasileira de Zoologia 20(4):727–736.

Ge, D., Chesters, D., Gómez-Zurita, J., Zhang, L., Yang, X. & Vogler, A.P. 2011. Anti-predator defence drives parallel morphological evolution in flea beetles. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 278(1715): 2133–2141.

Heino, J., Melo, A. S., Siqueira, T., Soininen, J., Valanko, S., & Bini, L. M. 2015. Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. Freshwater Biology 60(5): 845-869.

Hodkinson, I.D. 2005. Terrestrial insects along elevations gradients. Biological Reviews 80: 489–513.

Holdridge, L.R., 1967. Life zone Ecology. San José, Tropical Research Center. 124.

IBAMA. 1997. Brasil: Parques Nacionais. São Paulo: Empresa das Artes, Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Janzen, D.H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. Ecology 54(3): 687–708.

Janzen, D.H., Ataroff, M., Farinas, M., Reyes, S., Rincon, N., Soler ,A., Soriano, P. & Vera, M. 1976. Changes in the arthropod community along an elevational transect in the Venezuelan Andes. Biotropica 8(3): 193–203.

Jiménez-valverde, A., Baselga, A., Melic, A., & Txasko, N. 2010. Climate and regional beta-diversity gradients in spiders: dispersal capacity has nothing to say?. Insect Conservation and Diversity 3(1): 51-60.

Jolivet, P. & Hawkeswood, T.J. 1995. Host-plants of Chrysomelidae beetles of the world: an essay about the relationships between leaf beetles and their food-plants. Leiden, Backhuys Publishers, pp.281.

Jolivet, P., Santiago-Blay, J.A. & Schmitt, M. 2009. Research on Chrysomelidae, Volume 2. Brill, Leiden, The Netherlands, pp. 300.

Kalaichelvan, T. & Verma, K.K. 2005. Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of Bhilai-Durg. Zoos' Print Journal 20(4): 1838–1842.

Konstantinov, A.S. & Vandenberg, N.J. 1996. Handbook of Palearctic Flea Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae). Associated Publishers 1(3): 273–439.

Kronfuss, H. & Havranek, W.M. 1999. Effects of elevation and wind on the growth of *Pinus cembra* L. in a subalpine afforestation. Phyton 39(4): 99–106.

Legendre, P., Borcard, D. & Peres-Neto, P.R. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. Ecological Monographs 75: 435–450.

Linzmeier, A. M., Ribeiro-Costa, C. S. & Marinoni, R. C. 2006. Fauna de Alticini (Newman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) em diferentes estágios sucessionais na Floresta com Araucária do Paraná, Brasil: diversidade e estimativa de riqueza de espécies. Revista Brasileira de Entomologia 50: 101–109.

Linzmeier, A. M., Ribeiro-Costa, C. S. 2012. Spatial-temporal composition of Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) communities in southern Brazil. Journal of Natural History 46:1921-1938.

Linzmeier, A.M. & Ribeiro-Costa, C.S. 2008. Seasonality and temporal structuration of Alticini community (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) in the Araucaria forest of Parana, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 52(2): 289-295.

Linzmeier, A.M. & Ribeiro-Costa, C.S. 2013. Seasonal pattern of Chrysomelidae (Coleoptera) in the state of Paraná, southern Brazil. Biota Neotropica 13(1): 153–162.

Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. Global Ecology and Biogeography 10: 3–13.

Longino, J. T., Coddington, J. & Colwell, R. K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. Ecology 83(3): 689-702.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. African Journal of Aquatic Science 29(2): 285-286.

Marini, L., Bertolli, A., Bona, E., Federici, G., Martini, F., Prosser, F. & Bommarco, R. 2013. Beta-diversity patterns elucidate mechanisms of alien plant invasion in mountains. Global Ecology and Biogeography 22(4): 450-460.

Marinoni, R.C. & Dutra, R.R. 1993. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. I. Introdução. Situações climática e florística de oito pontos de coleta. Dados faunísticos de agosto de 1986 a julho de 1987. Rev Brasileira de Zoologia 8(1–4): 31–73.

Martinelli, G. 1996. Campos de altitude. 2ª ed. Rio de Janeiro, Editora Index, pp. 152.

McCain, C.M. 2003. North American desert rodents: a test of the mid-domain effect in species richness. Journal of Mammalogy 84: 967–980.

McCain, C.M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. Journal of Biogeography 31:19–31.

McCain, C.M. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. Ecology 86:366–372.

McCoy, E.D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. Oikos 58: 313–322.

McGill, B. J., Etienne, R. S., Gray, J. S., Alonso, D., Anderson, M. J., Benecha, H. K. & Hurlbert, A. H. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework Ecology letters, 10(10), 995-1015.

Naeem, S. & Li, S. 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. Nature 390: 507-509.

Nogueira de Sá, F., Medeiros, L. & Macedo, M.V. 2004. Phenology of populations of tortoise beetles (Cassidinae) in Brazil. In: P. Jolivet, J.A. Santiago-Blay, M. Schmitt (ed) New Developments in the Biology of Chrysomelidae. The Hague, SPB Academic Publishing, pp. 647–658.

Novotny, V. & Basset, Y. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. Oikos 89(3): 564-572.

Novotny, V. & Weiblen, G. D. 2005. From communities to continents: beta diversity of herbivorous insects. In: Annales Zoologici Fennici. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, pp. 463-475

Novotny, V., Basset, Y., Samuelson, G.A. & Miller, S.E. 1999. Host use by chrysomelid beetles feeding on Moraceae and Euphorbiaceae in New Guinea. In: M.L. Cox (ed) Advances in Chrysomelidae Biology 1. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers, pp. 343–360.

Podani, J. & Schmera, D. 2011. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence-absence data. Oikos 120: 1625–1638.

Pokon, R., Novotny, V. & Samuelson, G.A. 2005. Host specialization and species richness of root-feeding chrysomelid larvae (Chrysomelidae, Coleoptera) in a New Guinea rain forest. Journal of Tropical Ecology 21: 595–604.

R Development Core Team. 2012. R: a languege and environment for statistical computing. R Foundation for Statisical Computing, Vienna, Austria.

Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? Ecography 18: 200–205.

Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. Ecology Letters 8: 224– 239.

Rangel, T.F., Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. 2010. SAM: A comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. Ecography 33: 1-5.

Ribeiro, K.T., Medina, B.M.O. & Scarano, F.R. 2007. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. Revista Brasileira de Botânica 30:623-639.

Sánchez-Reyes, U.J., Niño-Maldonado, S. & Jones, R.W. 2014. Diversity and altitudinal distribution of Chrysomelidae (Coleoptera) in Peregrina Canyon, Tamaulipas, Mexico. ZooKeys 417: 103–132.

Sanders, N. J. & Rahbek, C. 2012. The patterns and causes of elevational diversity gradients. Ecography 35(1):1-3.

Sarmiento, G. 1986. Ecological features of climate in high tropical montains. In: S. Vulleumier & M. Monasterio (ed) High altitude tropical biogeography. New york, oxford university press, pp. 11-45.

Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. Science 185: 27–39.

Segadas-Viana, F. & Dau, L. 1965. Ecology of the Itatiaia range, southeastern Brazil. II-Climates and altitudinal climatic zonation. Arquivos do Museu Nacional 53: 31-53.

Silva, S.P.M., Fernandes, M.C., Menezes, P.M.L. & Argente, M.S.F. 2009. Mapa geoecológico de potencialidade a ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ. Revista Brasileira de Cartografia 61 285-292.

Tauber, N. J., Tauber, C. A. & Masaki, S. 1986. Seasonal adaptations of insects. New York, Oxford University Press.

Taylor Jr., G.E., Johnson, D.W. & Andersen, C.P. 1994. Air pollution and forest ecosystems: a regional to global perspective. Ecological Applications 4: 662-689.

Tomzhinski, G.W., Ribeiro, K.T. & Fernandes, M.C. 2012. Analise geoecologica dos incendios florestais do Parque Nacional do Itatiaia. Boletim n° 15 do Parque Nacional do Itatiaia, pp. 163

Townes, H. 1972. A light-weight malaise trap. Entomological News 83: 239–247.

Ulrich, W., Zalewski, M., Hajdamowicz, I., Stańska, M., Ciurzycki, W. & Tykarski, P. 2010. Tourism disassembles patterns of co-occurrence and weakens responses to environmental conditions of spider communities on small lake islands. Community Ecology 11(1): 5-12.

Ururahy, J.C.C., Collares, J.E.R., Santos, M.M. & Barreto, R.A.A. 1983. Vegetacao: as regiões fitoecologicas, sua natureza e seus recursos economicos. Estudo fitogeografico. In: Projeto RADAMBRASIL, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitoria; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetacao e uso potencial da terra. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica, Rio de Janeiro, pp.553–623.

Vasconcelos, M.F.D. 2011. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? Brazilian Journal of Botany 34: 241–246.

Vencl, F.V. & Leschen, R.A.B. 2014 Chapter 2.7.6. Criocerinae Lattreille 1807. pp. 237- 242 In: R.A.B. Leschen & R.G. Beutel (ed). Handbook of Zoology, Coleoptera Volume 3: Morphology and Systematics (Phytophaga). Walter de Gruyter, Berlin. In book: Handbook of Zoology, Chapter: 2.7.6, Publisher: Walter de Gruyter, Berlin., Editors: Leschen RAB & Beutel RG, pp.237-252.

Von Humboldt, A. 1807. Ansichten der Natur mit wissenschaftlichen Erlauterungen. Cotta, Tubingen.

Wagner, T. 2000. Influence of forest type and tree species on canopy-dwelling beetles in Budongo Forest, Uganda. Biotropica 32: 502–514.

Wallace, A. R. 1878. Tropical nature and other essays. Macmillan, London.

Warming, J. E. B. 1909. Oecology of plants: an introduction to the study of plant communities. Clarendon, Oxford.

Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs 30:279– 338.

Willig, M.R. & Lyons, K.S. 1998. An analytical model of latitudinal gradients of species richness with an empirical test for marsupials and bats in the New World. Oikos 81: 93–98.

Wolda, H. 1978. Fluctuations in abundance of tropical insects. American Naturalist 112: 1017–1045.