

Universidade Federal de São João Del Rei

Departamento de Ciências Naturais

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Como a altitude influencia uma comunidade de borboletas?

Diversidade, padrões de distribuição e composição específica

Andrêsa Garcia Andrade

São João del-Rei

2019

Andrêsa Garcia Andrade

Como a altitude influencia uma comunidade de borboletas?

Diversidade, padrões de distribuição e composição específica

Orientadora: Dra. Tatiana Garabini Cornelissen

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

São João del-Rei

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A553c Andrade, Andréa Garcia.
 Como a altitude influencia uma comunidade de
borboletas? Diversidade, padrões de distribuição e
composição específica / Andréa Garcia Andrade ;
orientadora Tatiana Garabini Cornelissen. -- São
João del-Rei, 2019.
 46 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ecologia) -- Universidade Federal de São João del
Rei, 2019.

 1. Riqueza de borboletas . 2. Gradiente
altitudinal. 3. Comunidade . 4. Composição da
comunidade . I. Cornelissen, Tatiana Garabini ,
orient. II. Título.

Nome: Andrêsa Garcia Andrade

Título: Como a altitude influencia uma comunidade de borboletas? Diversidade, padrões de distribuição e composição específica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dra. Tatiana Garabini Cornelissen (orientadora)

Universidade Federal de Minas Gerais

(Assinatura)

Dra. Lívia Mendes de Carvalho Silva (membro titular)

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

(Assinatura)

Prof. Dra. Gislene de Carvalho Castro (membro titular)

Universidade Federal de São João del-Rei

(Assinatura)

Financiamento:



Apoio e Colaborações:



Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as conquistas, por me permitir evoluir todos os dias e por tornar possível os melhores momentos da minha vida.

Agradeço e dedico ao meu pai José Longatti e a minha mãe Maria Lúcia. Vocês me apoiaram desde pequena a ir em busca dos meus sonhos, depositaram fé em minhas escolhas e hoje posso dizer que essa conquista também é de vocês. Quero agradecer também ao meu irmão Adauto e a minha irmã de coração Áurea por me apoiarem em todos os momentos da minha vida, por todo o incentivo e motivação. Em especial às minhas amadas sobrinhas Amanda e Ana, vocês são a minha motivação diária, meu refúgio nos momentos difíceis, me dão força para sempre continuar caminhando e enchem o meu coração de alegria e amor. Obrigada a todos vocês por construírem comigo a realização deste novo passo, amo imensamente vocês!

Ao meu companheiro de vida e amor Samuel. Obrigada por todo seu envolvimento nesta pesquisa e em minha vida. PS.: Você não é das biológicas, mas é um ótimo caçador de borboletas! Amo muito você também!

A minha incrível orientadora Tatiana Cornelissen. Você é um exemplo de pessoa, mulher, cientista, mãe e amiga. Obrigada por toda amizade, parceria, paciência e por mostrar que a ciência também pode ser um campo de amizades, cooperação e gentileza.

Aos meus amigos do coletando plantinhas, vocês são especiais!

Aos meus colegas que fizeram parte do laboratório mais incrível – LEVIN. Obrigada a todos vocês pela amizade, bons momentos e ajuda em inúmeras etapas desse estudo.

Em especial aos meus colegas de campo (Bryan Resende, Maria Tereza Costa, Marcelo Dias, Sabrina Nascimento, Sammuel El-Corab, Thais Bessas, Vinícius Sperandei, e a minha orientadora Tatiana Cornelissen). Vocês conseguiram suar a camisa nos climas amenos de Itamonte subindo montanha com armadilhas e iscas de borboletas por vários dias consecutivos, sempre com ânimo e resistência. Sem cada um de vocês os campos não seriam os mesmos e eu morro de saudades de todos os momentos (até mesmo dos perrengues). Vocês foram incríveis, meus sinceros agradecimentos!

Aos meus amigos de turma do PGE, em especial ao Vinícius Sperandei, famoso Gaúcho, por toda parceria, troca de experiências e pelo tanto que aprendi com você nesses anos todos. Obrigada demais!

Ao Cássio Cardoso por toda ajuda na reta final deste estudo e a Nathalia Henriques por sempre ajudar com disposição a sua irmã mais nova das borboletas =)

Ao Pedro Moreira pela amizade e também pela disponibilidade de sempre em ajudar nas dúvidas e questões mais complicadas.

Ao Augusto Rosa pela ajuda nas identificações.

A UFSJ por me proporcionar adentrar em um campo de conhecimento que só me encantou ao longo dos anos e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia pela oportunidade de cursar a área que mais amo.

A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

A RPPN Alto-Montana por todo apoio e por toda infraestrutura cedida à mim e a minha equipe pesquisadora em todos os períodos de pesquisa.

Por fim agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho se concretizasse.

Sumário

Resumo	01
Abstract	03
Introdução	05
Metodologia.....	09
<i>Área de estudo</i>	09
<i>Amostragem de borboletas e diversidade numérica</i>	11
<i>Análise dos dados</i>	14
Resultados	16
Discussão	33
Conclusão	41
Referências Bibliográficas	42

Como a altitude influencia uma comunidade de borboletas?

Diversidade, padrões de distribuição e composição específica

Andrêsa Garcia Andrade ^{1*} e Tatiana Garabini Cornelissen²

¹ *Universidade Federal de São João Del Rei*; ² *Universidade Federal de Minas*

*Gerais. * andradeandresa@outlook.com*

Resumo

Gradientes altitudinais atuam como verdadeiros laboratórios naturais devido às variações climáticas e ambientais provenientes da variação da altitude. Dessa forma, gradientes de elevação podem governar a seleção de indivíduos e a distribuição das espécies, influenciando a diversidade numérica, taxonômica e funcional das comunidades. Analisou-se a influência da altitude na ocorrência das espécies de borboletas e composição da comunidade ao longo do gradiente altitudinal de uma região montanhosa do Complexo da Mantiqueira-MG. Testou-se a hipótese de que as variações bióticas e abióticas ao longo do gradiente altitudinal atuariam como filtros ambientais selecionando diferentes espécies resultando em uma substituição gradual da comunidade de borboletas. Foram realizadas coletas de borboletas no período de 1 ano em 3 estações– na transição entre a estação chuvosa e seca, na estação seca e na estação chuvosa ao longo do gradiente altitudinal, que variou de 1.400 à 2.100 metros. Os espécimes coletados foram classificados em famílias, subfamílias e espécies e compuseram uma lista de espécies local. De acordo com a frequência de ocorrência, as espécies foram classificadas em *singletons*,

doubletons, intermediárias e comuns. Foi realizada análise de riqueza e diversidade de espécies e análises de partição da diversidade total em *alfa* e *beta*. Foram encontradas 1.443 borboletas distribuídas em 185 espécies. Nymphalidae foi a família mais representativa, com 32% da riqueza total amostrada. Das 185 espécies amostradas, 15 foram registradas para todas as estações do ano e 73 foram amostradas em pelo menos duas estações. Para as estações de transição, seca e chuvosa foram registradas 45, 5 e 62 espécies exclusivas, respectivamente. Espécies raras corresponderam a 47% da riqueza total amostrada. A riqueza e a abundância de borboletas foram maiores nas altitudes intermediárias indicando padrão quadrático de variação com a elevação. A diversidade α foi maior que o esperado e a diversidade β foi menor que o esperado. A comunidade de borboletas da RPPN Alto-Montana demonstrou alta diversidade de espécies e ocorrência de diversas espécies raras. Este estudo foi pioneiro em avaliar a composição específica da comunidade de borboletas da RPPN Alto-Montana e possui importância para a preservação e conservação da região da Serra da Mantiqueira.

Palavras-Chave: Lepidoptera, Riqueza, Comunidade, Diversidade.

How do altitude influence a butterfly community? Diversity, distribution patterns and specific composition

Andrêsa Garcia Andrade ^{1*} e Tatiana Garabini Cornelissen²

¹ *Universidade Federal de São João Del Rei*; ² *Universidade Federal de Minas*

Gerais. * andradeandresa@outlook.com

Abstract

Altitudinal gradients act as true natural labs due to environmental and climatic changes caused by variation in elevation. As such, altitudinal gradients can drive the selection of individuals and species distribution, influencing community numerical, taxonomic and functional diversity. The goal of this study was to evaluate the influence of altitude on the occurrence of butterfly species and community composition along the altitudinal gradient of the mountains of the Complexo da Mantiqueira - MG. We tested the hypothesis that biotic and abiotic variation through the altitudinal gradients would work as environmental filters, selecting different species and resulting in a gradual substitution of the butterfly community. Butterfly sampling was conducted in 3 seasons during of the one year – the transition between the rainy and dry season, during the dry season and rainy season, along an altitudinal gradient between 1.400 and 2.100 meters a.s.l.. The sampled specimens were classified into families, subfamilies and species and composed a list of local species. All species were classified according to its frequency of occurrence as *singletons*, *doubletons*, intermediate and common species. Data were analyzed through a analysis of richness and

diversity partition into alfa and beta. A total of 1443 butterflies were sampled, distributed into 185 species. Nymphalidae was the most representative family in this study, composing 32% of the total richness. From the 185 sampled species, 15 were registered in all seasons of the year and 73 were sampled in at least two seasons. For transitional, rainy and dry seasons, 45, 05 and 62 exclusive species, respectively, were found. Rare species represented 47% of the total richness sampled. The richness and abundance of butterflies were higher in intermediary altitudes, indicating a quadratic pattern in the variation along the elevation. The alpha diversity was higher than expected and beta diversity was lower than expected. The butterfly community in RPPN Alto-Montanha exhibited high diversity of species, with many rare species and propensity to new discoveries. This study was pioneer in evaluating the specific composition of the butterfly community of RPPN Alto-Montana and has importance in the preservation and conservation of the Serra da Mantiqueira region.

Key-Words: Lepidoptera, Elevation, Community, Diversity.

INTRODUÇÃO

A diversidade numérica, taxonômica e funcional das comunidades biológicas é influenciada por inúmeros fatores bióticos e abióticos (Brehm *et al.* 2007, Barber *et al.* 2017, Quintero & Jetz 2018), incluindo fatores históricos (Joly 2007, Haseyama & Carvalho 2011), interações entre as espécies (Mazzei *et al.* 2015, Barber *et al.* 2017), altitude, clima e estrutura da vegetação (Rowe & Lidgard 2009, Lebrija-Trejos *et al.* 2010, Guillermo-Ferreira & Del-Claro 2011, Bishop *et al.* 2016, Burkepile & Parker 2017). Estudos que abordam aspectos da diversidade sempre foram frequentes na ecologia de comunidades e buscam entender a dinâmica das espécies, seus padrões de riqueza e distribuição e suas relações com o meio biótico e abiótico. Estes estudos são assim essenciais devido aos seus resultados contribuírem de forma significativa para a manutenção e para a integridade da biodiversidade de diversas regiões (Sanders *et al.* 2003, Iserhand *et al.* 2013).

Gradientes altitudinais têm sido amplamente utilizados em estudos ecológicos como laboratórios naturais, avaliando a variação da altitude e a sua influência em fatores climáticos, ambientais e como essas interações determinam a ocorrência de espécies (Rowe & Lidgard 2009, Beck *et al.* 2017, Adel *et al.* 2018, Mota *et al.* 2018, Bärtschi *et al.* 2019). Uma busca constante por entender estas questões tem impulsionado uma gama de estudos que abrangem diversos taxos de vertebrados (McCain 2005, Rowe & Lidgard 2009, McCain & Grytnes 2010) e invertebrados (Sanders *et al.* 2003, Brehm *et al.* 2007, Leingärtner *et al.* 2014, Beck *et al.* 2017, Bärtschi *et al.* 2019, Henriques *et al.* 2019). Pouco se conhece, entretanto, sobre as relações diretas que

regem os padrões de distribuição das espécies (Sanders *et al.* 2003, Brehm *et al.* 2007, Quintero & Jetz 2018).

Uma característica importante associada aos estudos de gradientes altitudinais é a capacidade deste em governar a seleção de indivíduos e a distribuição das espécies em macro- e micro-escalas, atuando como um verdadeiro filtro ambiental (Bishop *et al.* 2016). Os filtros ambientais, ou filtros de habitat, são representados por características do ambiente que selecionam a favor ou contra a ocorrência de algumas espécies ou indivíduos com determinadas características que os tornam menos aptos em tais ambientes (Cadotte & Tucker 2017). Diversos fatores abióticos como temperatura, umidade, velocidade do vento e pressão atmosférica de uma montanha funcionam como filtros ambientais, determinando a capacidade de colonização e sobrevivência de diversas espécies (Brehm *et al.* 2007, Kraft *et al.* 2015, Quintero & Jetz 2018). A diversidade numérica, taxonômica e funcional das comunidades biológicas é influenciada também por fatores bióticos, exemplificados facilmente pelas interações entre as espécies (Brehm *et al.* 2007, Mazzei *et al.* 2015, Barber *et al.* 2017). Fatores históricos também podem atuar como preditores da diversidade local, sejam estes relacionados à história evolutiva das espécies e/ou às alterações ocorridas no ambiente (Brehm *et al.* 2007, Joly 2007, Haseyama & Carvalho 2011, Graça *et al.* 2017). Além destes, o clima e estrutura da vegetação também atuam como fortes filtros ambientais (Lebrija-Trejos *et al.* 2010, Guillermo-Ferreira & Del-Claro 2011, Bishop *et al.* 2016, Beirão *et al.* 2017, Burkepille & Parker 2017, Melo *et al.* 2019), uma vez que têm a capacidade de descrever mecanismos discretos e sequenciais que influenciam a organização local das comunidades. Tais características em

conjunto moldam a distribuição das espécies em gradientes de elevação (Brehm *et al.* 2007, Barber *et al.* 2017, Quintero & Jetz 2018, Melo *et al.* 2019).

Em regiões montanhosas, alguns padrões de distribuição de espécies para diversos grupos têm sido encontrados (McCain & Grytness 2010). Observa-se: 1) decréscimo da riqueza de forma linear com a elevação da altitude; 2) picos de riqueza em pontos intermediários do gradiente altitudinal formando um padrão unimodal de distribuição; 3) picos de riqueza na base da montanha com subsequente diminuição de espécies com a elevação da altitude e 4) picos de riqueza na base da montanha seguido de picos de riqueza em regiões próximas aos pontos intermediários e um subsequente declínio em direção ao topo (Sanders *et al.* 2003, Hodkinson 2005, Rahbek 2005, McCain & Grytnes 2010, Fernandes *et al.* 2016, Bärtschi *et al.* 2019). O primeiro padrão de riqueza - decréscimo da riqueza com a elevação da altitude - foi por muito tempo amplamente registrado em diversos estudos, mas foi após a revisão de Rahbek (1995) que o segundo padrão de riqueza - maior riqueza em pontos intermediários - começou a ser considerado como frequente e amplamente corroborado para alguns grupos (veja Rahbek 1995, Rahbek 2005). Sabe-se hoje que tal padrão é comumente encontrado em várias montanhas do mundo (McCain 2005, Brehm *et al.* 2007, Pompeu 2011, Acharya & Vijayan 2015, Colwell *et al.* 2016, Beck *et al.* 2017, Bärtschi *et al.* 2019) para grupos de animais (McCain 2005, Brehm *et al.* 2007, Beck *et al.* 2017, Bärtschi *et al.* 2019) e plantas (Pompeu 2011, Colwell *et al.* 2016).

Alguns grupos taxonômicos possuem características que os tornam modelos adequados para avaliar os efeitos de filtros bióticos e abióticos ao longo de gradientes ambientais, como a facilidade de captura e amostragem,

amplo registro de ocorrência, a taxonomia conhecida e uma considerável abundância (Ribeiro *et al.* 2012). Borboletas (Lepidoptera) são consideradas um excelente grupo de estudo por se encaixarem nestes requisitos, possibilitando assim uma avaliação adequada da diversidade numérica e consequente avaliação sobre a funcionalidade de determinadas regiões (Uehara-Prado *et al.* 2004, Uehara-Prado *et al.* 2009, Ribeiro *et al.* 2012, Soares *et al.* 2012, Iserhard *et al.* 2013, Beirão *et al.* 2017, Graça *et al.* 2017, Melo *et al.* 2019).

Borboletas são amplamente diversas nas regiões neotropicais, e no Brasil existem aproximadamente 3.300 espécies – e destas 2.100 ocupam o Domínio Atlântico - o que constitui pouco menos que a metade da riqueza de espécies para a região neotropical – 7.100 a 7.900 espécies (Francini *et al.* 2011, Soares *et al.* 2012). Apesar de numerosas, borboletas vêm sofrendo grandes declínios em suas populações (Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Tal redução provém da crescente perda de habitat e é uma forte justificativa para incentivo às pesquisas que fomentem tanto a conservação ambiental quanto a conservação dos insetos em geral, por meio de estudos com estes grupos (Iserhand *et al.* 2013, Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019).

Estudos com borboletas em gradientes altitudinais ainda são escassos (Quintero & Jetz 2018). No Brasil pesquisas como as de Carneiro *et al.* (2014), Pires (2014), Beirão (2016), Fernandes *et al.* (2016) e Henriques *et al.* (2019) são bons exemplos que avaliaram a diversidade de borboletas em gradientes de elevação. Entretanto, devido às dificuldades encontradas em regiões montanhosas, o estudo destas comunidades é ainda incipiente.

As regiões montanhosas do Domínio Atlântico possuem um grande nível de endemismo por serem regiões restritas geograficamente e com condições climáticas e ambientais singulares (Pompeu 2011, Carneiro *et al.* 2014). O Complexo da Mantiqueira, parte integrante do Domínio Atlântico brasileiro é uma região ainda pouco explorada e possui grande importância devido às suas diversas fitofisionomias e taxas de endemismo (Menezes *et al.* 2018).

O objetivo deste estudo foi analisar a influência da altitude na frequência de ocorrência das espécies de borboletas e na composição da comunidade local, ao longo do gradiente altitudinal de uma região montanhosa do Complexo da Mantiqueira- MG, analisando como a variação nos fatores bióticos e abióticos, provenientes da variação na altitude, se relacionam com a substituição de espécies e a composição da comunidade ao longo de um filtro ambiental imposto pela altitude. A hipótese de que as variações bióticas e abióticas ao longo do gradiente atuariam como filtros ambientais selecionando diferentes espécies desde a base ao topo da montanha resultando em uma mudança na composição específica da comunidade foi testada.

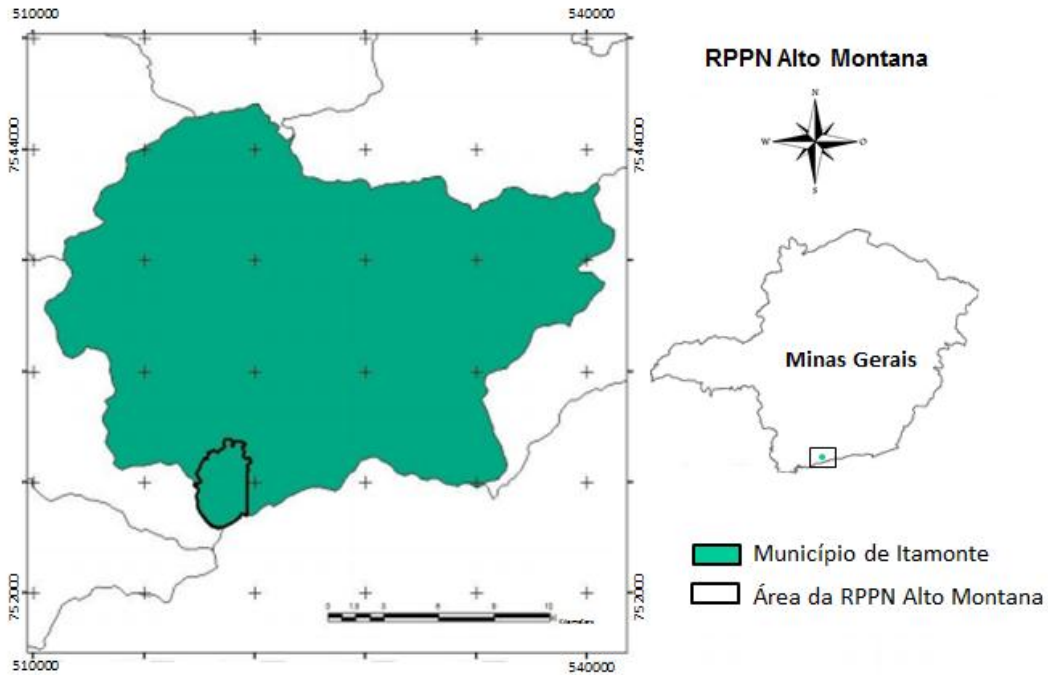
METODOLOGIA

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto-Montana da Serra Fina. Esta se localiza no município de Itamonte- MG, cuja coordenada geográfica está compreendida entre 22°21'55''S e 44°48'32''W e é parte integrante da Área de Proteção Ambiental

(APA) Serra da Mantiqueira, uma unidade de conservação de uso sustentável próxima ao Parque Nacional do Itatiaia- MG, no complexo montanhoso da Mantiqueira (Figura 1). O complexo Serra da Mantiqueira se estende por três estados - São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais - e possui um clima do tipo Cwb de acordo com a classificação de Koppen, com temperatura média anual de 17° C a 22° C, com períodos de chuvas pronunciadas de dezembro a janeiro (ICMBio 2013, Cruz *et al.* 2014, Silva *et al.* 2015, Vilanova 2015).

O complexo Serra da Mantiqueira é parte integrante do Domínio Atlântico, domínio considerado um *hotspot* de biodiversidade devido à sua riqueza vegetal, animal e sua localização e restrições geográficas (Kaminski 2010, Pompeu 2011). A riqueza deste domínio pode ser, em parte, explicada pela presença de um relevo bastante variado, formando unidades pluviométricas e formações fitogeográficas em forma de mosaico (Silva *et al.* 2015). Quanto às fitofisionomias da vegetação da RPPN Alto-Montana da Serra Fina, podemos classificá-las em: 1) Floresta Ombrófila Densa Montana, nas regiões inferiores a 1500 metros de altitude, 2) Floresta Ombrófila Densa Alto-montana, podendo ser denominada também como Floresta Nebular, ocorrendo em regiões com altitudes acima de 1500 metros, e 3) Campos de Altitude, que ocorrem nas porções mais altas e picos do complexo, geralmente em regiões acima de 2000 metros de altitude (Pompeu 2011, ICMBio 2013, Cruz *et al.* 2014, Silva *et al.* 2015).



Fonte: (Silva *et al.* 2015)

Figura 1 - Localização da RPPN Alto-Montana da Serra Fina em Itamonte-Minas Gerais.

Amostragem das borboletas e diversidade numérica

As amostragens de borboletas foram realizadas ao longo do gradiente altitudinal localizado na RPPN Alto-Montana. Este apresenta uma aclividade de 700 metros contemplando elevação que varia de 1.400m à 2.100m de altitude. Para a realização da amostragem das borboletas ao longo do gradiente foram delimitadas 8 cotas altitudinais com auxílio de GPS Garmin, espaçadas a cada 100m de altitude, ao longo de uma trilha com 9.0 km de extensão.

Para a captura de borboletas frugívoras foram utilizadas um total de 40 armadilhas do tipo Van-Someren Rydon distribuídas em grupos de 5 armadilhas para cada cota altitudinal, separadas por aproximadamente 20 metros umas das outras e colocadas a uma altura de aproximadamente 1m do

solo. As armadilhas foram iscadas com mistura de banana e melado de cana de açúcar obtido após 48 horas de fermentação (e.g., Uehara-Prado *et al.* 2009, Brito 2013, Iserhad *et al.* 2013, Melo *et al.* 2019). As armadilhas foram expostas em cada cota altitudinal por no mínimo 48 horas e verificadas após este período para retirada de indivíduos capturados. A coleta ativa de borboletas ao longo do gradiente foi realizada com auxílio de um puçá entomológico (rede entomológica) a fim de capturar borboletas nectarívoras ou mesmo frugívoras que eventualmente estivessem voando ou forrageando nos locais de estudo.

Todos os indivíduos capturados foram acondicionados em envelopes entomológicos com registros de data e local de coleta e posteriormente sacrificados, identificados com o auxílio de guias e/ou consultas à coleções entomológicas e de especialistas e tombados na coleção entomológica do Departamento de Ciências Naturais da Universidade Federal de São João del-Rei.

Foi calculado o esforço de captura ou esforço amostral com base nas horas de coletas ativa e por armadilhas iscadas. O esforço amostral por armadilha iscada foi obtido por meio da multiplicação entre total de armadilhas colocadas ao campo para todos os dias de coleta e o total de horas em que as armadilhas ficaram expostas. O esforço amostral por coleta ativa foi calculado multiplicando-se o número de horas (para cada dia de coleta) pelo número de redes entomológicas utilizadas. O esforço amostral total foi obtido por meio da soma dos esforços por coleta ativa e armadilha iscada de cada dia amostrado.

A fim de se obter conhecimento sobre a composição específica da comunidade de borboletas da área de estudo, foram realizadas coletas

entomológicas que contemplaram a estação chuvosa, a transição entre estação chuvosa e seca e a estação seca. As coletas ocorreram no período de transição entre as estações chuvosa de 2017 e seca de 2018 (fevereiro e abril de 2018), estação seca de 2018 (julho de 2018) e na estação chuvosa de 2018 (janeiro de 2019), por um período de um ano. As amostragens em variadas estações garantem que espécies que possuam ciclos de vida em períodos diferentes do ano possam ser capturadas e amostradas gerando assim resultados mais robustos (Ribeiro *et al.* 2016).

Diferentes parâmetros abióticos foram mensurados ao longo do gradiente altitudinal. Medidas de cobertura vegetal, velocidade do vento, umidade do ar, pressão atmosférica e temperatura foram tomadas simultaneamente à coleta de borboletas. Para as medidas de velocidade do vento, umidade, pressão e temperatura foi utilizada uma estação climática portátil do tipo Instrutherm THAB-500 posicionada à frente do corpo na altura do tórax, tomando-se sempre o cuidado para que as medidas fossem mensuradas de forma padronizada. Foram realizadas três medições para cada cota altitudinal, em cada dia de coleta, com intervalos de 10 a 15 minutos, gerando assim 3 valores de dados para cada fator abiótico por cota/dia. Posteriormente esses dados foram agrupados por data de coleta e cota altitudinal e calculada uma média aritmética para cada parâmetro.

Para as medidas de cobertura vegetal foi utilizado um densiômetro esférico convexo manual (Lemmon 1956). O equipamento foi posicionado à frente do corpo na altura do cotovelo para padronização das medidas mensuradas. Foram feitas medições de cobertura vegetal no sentido norte, sul, leste e oeste para cada cota de altitude e essas medidas foram posteriormente

agrupadas (em suas respectivas cotas) a fim de se obter o índice de cobertura vegetal para cada cota altitudinal.

Todos os dados de variáveis abióticas foram anotados ao longo do gradiente altitudinal, para cada cota de altitude, em todas as estações de coleta. Em todas as amostragens deste estudo os horários de coleta foram alternados entre as cotas altitudinais, com especial atenção às cotas inferiores e superiores do gradiente. As amostragens para as cotas inferiores foram realizadas tanto no período da manhã (entre 9:00 e 12:00 horas) como no período da tarde (entre 12:00 e 16:00 horas), o mesmo ocorrendo para as coletas em cotas superiores. Este cuidado com o período de amostragem para borboletas é necessário uma vez que os horários de maior atividade destes organismos ocorrem do início da manhã até o meio da tarde (Ritter *et al.* 2011, Henriques 2017). Dessa forma, acredita-se que nenhuma cota altitudinal ficou com a sua amostragem enviesada devido ao período do dia e período de atividade das borboletas.

Análise dos dados

A avaliação da composição específica das borboletas ao longo do gradiente foi realizada através da produção de uma lista de espécies classificadas em famílias, subfamílias e espécies. Foi estimada a riqueza total para toda a extensão do gradiente altitudinal e registrada a riqueza específica para cada cota altitudinal. As principais famílias registradas foram avaliadas individualmente quanto à sua distribuição ao longo do gradiente.

Todas as espécies coletadas foram classificadas de acordo com sua frequência de ocorrência em 1) *singletons*- quando apenas um indivíduo foi

amostrado durante todo o estudo; 2) *doubletons*- quando apenas dois indivíduos foram amostrados; 3) *intermediárias*- quando de três a cinquenta indivíduos foram amostrados e 4) *comuns*- quando mais de 50 indivíduos foram registrados (Henriques *et al.* 2019). Essa classificação leva em consideração a abundância de cada espécie. Espécies que foram classificadas como *singletos* (apenas um indivíduo coletado) e *doubletons* (apenas dois indivíduos coletados) foram consideradas espécies raras devido ao número reduzido de indivíduos (Henriques *et al.* 2019).

Para a análise de suficiência de amostragem foi realizada uma curva de acumulação de espécies com base na riqueza e abundância em todo o período amostral levando-se em consideração o número total de incursões ao campo. Foi realizada também análise de Jackknife1 (Quenouille 1956) para estimar a suficiência amostral uma vez que esta análise é sensível às espécies raras (Henriques 2017).

As análises da riqueza e diversidade de espécies do local de estudo foram calculadas por meio do índice de riqueza de Margalef (IMg) no software PAST 2.17 (Hammer *et al.* 2001) para cada cota altitudinal e para o gradiente como um todo. Este índice estima a biodiversidade por meio de uma proporção entre a distribuição numérica das espécies e o número total de indivíduos amostrados.

Para verificar as diferenças entre a riqueza e a composição de espécies ao longo do gradiente foi realizada análise de similaridade e partição aditiva da diversidade em alfa e beta no software Partition (Veech & Crist 2009). Esta análise aleatoriza a composição de espécies de todo o gradiente altitudinal 999 vezes e separa as comunidades em alfa (α , diversidade dentro de uma

comunidade, aqui considerando a comunidade α como cada cota altitudinal) e beta (β , diversidade entre as comunidades ou entre as cotas altitudinais) gerando assim a composição da comunidade total ou diversidade gama (γ).

Para verificar 1) diferenças nas variáveis abióticas ao longo do gradiente, 2) relação das variáveis abióticas e ambientais na distribuição das borboletas, os dados coletados durante todas as estações de coleta foram analisados como modelos lineares generalizados (GLM) considerando-se os valores mensurados para cada cota altitudinal. Essas análises foram feitas no software SYSTAT 12.0 (Wilkinson 1992).

RESULTADOS

Foram realizadas 12 incursões ao campo no período de fevereiro de 2018 à janeiro de 2019. Foram realizadas durante este período, 236 horas de coleta ativa e 3.936 horas de coleta com armadilhas. Após 4.172 horas de amostragens, um total de 1.443 borboletas distribuídas em 185 espécies foram registradas ao longo do gradiente altitudinal (Tabela 1). Das 185 espécies encontradas, 106 foram identificadas a nível específico e estão distribuídas em seis famílias – Hesperidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae e Riodinidae – e dezesseis sub-famílias.

Tabela 1 - Riqueza, abundância e distribuição das espécies de borboletas no gradiente altitudinal da RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG. As espécies são apresentadas distribuídas em famílias e sub-famílias.

	Altitude (m)								Total	
	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100		
HESPERIIDAE (S= 13)										
Hesperiiinae										
<i>Vettius aurelius</i>			1	2	1					4
Pyrginae										
<i>Achlyodes sp.</i>						1	2	1		4
<i>Achlyodes spp.</i>		1				1				2
<i>Astraptus fulgerator</i>	1	1	1							3
<i>Epargyreus pseudexadeus</i>		1	1							2
<i>Heliopetes ochroleuca</i>	2	3	1		1	1				8
<i>Oechydris chersis evelinda</i>	5	1								6
<i>Pyrgus orcus</i>						1				1
<i>Pythonides lancea</i>	1	1								2
<i>Sostrata cronion</i>	2									2
<i>Urbanus dorantes dorantes</i>					1					1
<i>Urbanus teleus</i>	1	2	4		1			1		9
Pyrrhopyginae										
Hibrido de <i>Elbella sp.</i>				1						1
LYCAENIDAE (S= 6)										
Theclinae										
<i>Arawacus meliboeus</i>						1				1
<i>Laothus phydela</i>				1						1
<i>Symbiopsis lenitas</i>			1		1		1			3
<i>Theritas deniva</i>						1				1
<i>Theritas triquetra</i>									1	1
<i>Thestius azaria</i>									1	1
NYMPHALIDAE (S= 59)										
Biblidinae										
<i>Catonephele sabrina</i>	1		2		6	2		1		12
<i>Diaethria candrena</i>	2					1				3
<i>Epiphile hubneri</i>	1	4	13	2	3					23
<i>Epiphile oreia oreia</i>		4	8	7	1	6				26

Charaxinae

<i>Archaeoprepona chalciope</i>	1	1							2
<i>Memphis moruus</i>		1	2						3
<i>Polygrapha suprema</i>					4	5	3	5	17
<i>Zaretis itys</i>			2						2

Danainae

<i>Episcada caarcinea</i>				1					1
<i>Episcada philoclea</i>		1						1	2
<i>Epityches eupompe</i>			2		1		1		4
<i>Hypothyris ninonia daeta</i>	1	1	1						3
<i>Mechanitis lysimnia</i>	1		3		1				5
<i>Pseudoscada erruca</i>	2		1						3
<i>Pteronymia silvo</i>	1		1		4				6

Heliconiinae

<i>Dione juno</i>						1			1
<i>Eueides pavana</i>	2								2
<i>Heliconius erato</i>	11	9	13	13	15	4	1		66
<i>Heliconius ethilla narcaea</i>	2	4	5	1		1			13
<i>Philaethria wernickei</i>			1						1

Limenitidinae

<i>Adelpha calliphane</i>	3	2	1						6
<i>Adelpha hyas</i>								1	1
<i>Adelpha mythra</i>	1	2	4	3					10
<i>Adelpha poltius</i>				1	2		1		4
<i>Adelpha syma</i>							1	1	2
<i>Adelpha thessalia</i>				1					1

Nymphalinae

<i>Eresia lansdorfi</i>			1						1
<i>Tegosa anieta</i>		3		2	2		1		9
<i>Tegosa claudina</i>	6	3	4			1			14
<i>Vanessa braziliensis</i>						1		2	3

Satirinae

<i>Caligo arisbe</i>			1						1
<i>Carminda griseldis</i>				1			1		2
<i>Carminda umuarama</i>	1			1		1	8	7	18
<i>Eryphanis reevesii</i>			1						1
<i>Eteona tisiphone</i>	1						1		2
<i>Foetterleia schreineri</i>	1	2			16	23	18	25	85

<i>Forsterinaria necys</i>	5	2	9	6	22	21	10	3	78
<i>Forsterinaria pronophila</i>	2		1	1			1	1	6
<i>Forsterinaria quantius</i>	15								15
<i>Forsterinaria sp</i>			1	1	2	3			7
<i>Godartiana muscosa</i>	1		3	3	1				8
<i>Moneuptychia itapeva</i>								13	13
<i>Moneuptychia montana</i>							3	2	5
<i>Moneuptychia pervagata</i>	1				1	1		2	5
<i>Morpho epistrophus</i>	7								7
<i>Morpho portis</i>	5	20	38	40	71	39	27	9	249
<i>Narope cyllastros</i>							1		1
<i>Narope cyllene</i>					2				2
<i>Opoptera syme</i>			1	1					2
<i>Parypthimoides eous</i>			1				1	1	3
<i>Parypthimoides poltys</i>	1			1					2
<i>Parypthimoides sp.</i>	1							1	2
<i>Praepedalioides phanias</i>				2	7	11	18	2	40
<i>Praepedalioides sp.</i>						1			1
<i>Pseudodebis ypthima</i>						1			1
<i>Splendeuptychia libitina</i>		1	1	2	4			1	9
<i>Taygetis ypthima</i>			1						1
<i>Yphthimoides angularis</i>		2			1				3
<i>Yphthimoides ochracea</i>								1	1

PAPILIONIDAE (S = 9)

Papilioninae

<i>Heraclides hectorides</i>	2	1	1						4
<i>Mimoides lysithous</i>	4								4
<i>Parides agavus</i>	1	1							2
<i>Parides anchises nephalion</i>	1								1
<i>Parides bunichus bunichus</i>	1								1
<i>Parides bunichus chamissonia</i>	3	8							11
<i>Parides bunichus diodorus</i>		1							1
<i>Parides proneus</i>	4	6		1					11
<i>Parides sp</i>	2								2

PIERIDAE (S= 15)

Coliadinae

<i>Eurema albula albula</i>	8	15	26	2	1	1		53
<i>Eurema albula celata</i>		1	4					5
<i>Eurema deva</i>	1		2			1	1	5
<i>Eurema elathea</i>	3							3
<i>Eurema lirina</i>	3	3		1				7
<i>Eurema phiale paula</i>							1	1
<i>Pyrisitia nise</i>					1			1
Dismorphiinae								
<i>Dismorphia astyocha</i>			1			1		2
<i>Dismorphia sp</i>		1		1				2
<i>Dismorphia thermesia</i>	6	23	24	40	32	2	1	128
Pierinae								
<i>Archonias brassolis tereas</i>		1						1
<i>Catasticta bithys</i>					5	1	2	1
<i>Hesperocharis anguitia anguitia</i>								1
<i>Hesperocharis erota</i>					1	1	5	3
<i>Pereute swainsoni</i>		1					1	2
RIODINIDAE (S= 4)								
Riodininae								
<i>Charis cadytis</i>		1	1	1				3
<i>Mesosemia rhodia</i>				1	2			3
<i>Synargis paulistina</i>							1	1
<i>Synargis regulus</i>	1							1
MORFOTIPOS (S= 79)								
Morfotipo 1	2	7	11	8	17	2	5	52
Morfotipo 2	3	5	1	7	5			21
Morfotipo 3				1	1		1	3
Morfotipo 4			1			1	2	2
Morfotipo 5					1			2
Morfotipo 6								1
Morfotipo 7						3		1
Morfotipo 8					2			5
Morfotipo 9					2	2	3	2
Morfotipo 10	4		4	2				1
Morfotipo 11		1						
Morfotipo 12		1						

Morfotipo 13					1		1	2
Morfotipo 14					1		1	2
Morfotipo 15		1	1					2
Morfotipo 16					1			1
Morfotipo 17		2		2	3	8	3	18
Morfotipo 18					1	3		4
Morfotipo 19			1		5	2	1	9
Morfotipo 20		1						1
Morfotipo 21		1			1			2
Morfotipo 22		1						1
Morfotipo 23					2			2
Morfotipo 24	1							1
Morfotipo 25	1							1
Morfotipo 26			1					1
Morfotipo 27							1	1
Morfotipo 28				1	1			2
Morfotipo 29				1				1
Morfotipo 30						1		1
Morfotipo 31	1							1
Morfotipo 32		1						1
Morfotipo 33			1			1		2
Morfotipo 34						1		1
Morfotipo 35						1	1	2
Morfotipo 36					2		1	4
Morfotipo 37					1			1
Morfotipo 38					1	1		2
Morfotipo 39	1	1						2
Morfotipo 40							1	1
Morfotipo 41	1							1
Morfotipo 42					1			1
Morfotipo 43					1			1
Morfotipo 44		2		1				3
Morfotipo 45				1				1
Morfotipo 46			1					1
Morfotipo 47						1		1
Morfotipo 48							1	1
Morfotipo 49				1		1		2
Morfotipo 50				1				1

Morfotipo 51	1							1
Morfotipo 52							1	1
Morfotipo 53					1			1
Morfotipo 54	1	1						2
Morfotipo 55							1	1
Morfotipo 56					1			1
Morfotipo 57							1	1
Morfotipo 58				1				1
Morfotipo 59							1	1
Morfotipo 60		1						1
Morfotipo 61							1	1
Morfotipo 62						1		1
Morfotipo 63		1						1
Morfotipo 64	1				2		1	4
Morfotipo 65			1		1	1		3
Morfotipo 66					1			1
Morfotipo 67	1		3	2	3	3	1	13
Morfotipo 68	1	1		1	6	1	1	11
Morfotipo 69	1	1			1	3	1	7
Morfotipo 70				1	1	3		5
Morfotipo 71	2	1		2	7	5	8	29
Morfotipo 72					2			2
Morfotipo 73				2				2
Morfotipo 74	1							1
Morfotipo 75	1							1
Morfotipo 76							1	1
Morfotipo 77					1			1
Morfotipo 78					1			1
Morfotipo 79	1		1					2
Total de espécies								185
Total de indivíduos								1443

Dos espécimes amostrados, Nymphalidae foi à família mais representativa com um registro de 59 espécies, o que corresponde a 32% da riqueza total amostrada. As demais famílias, em termos de maior riqueza de espécies são: Pieridae (15 espécies, 8% do total), Hesperidae (13 espécies, 7%), Papilionidae (9 espécies, 5%), Lycaenidae (6 espécies, 3%) e Riodinidae (4 espécies, 2%). Em relação à abundância, Nymphalidae foi à família mais representativa com 817 indivíduos coletados, correspondendo a cerca de 56% da abundância para todo o período de estudo, seguido de Pieridae (230 indivíduos, 16%), Hesperidae (45 indivíduos, 3%), Papilionidae (37 indivíduos, 2%) e Lycaenidae e Riodinidae, ambas com 8 indivíduos representando (cada uma) 1% de toda a abundância registrada. A abundância de morfotipos corresponde a 21% de toda a amostragem com 298 indivíduos coletados.

Das espécies identificadas, as que apresentaram maior abundância foram *Morpho portis* (Nymphalidae) com 249 indivíduos, *Dismorphia thermesia* (Pieridae) com 128 indivíduos, *Foetterleia schreineri* (Nymphalidae) com 85 indivíduos, *Forsterinaria necys* (Nymphalidae) com 78 indivíduos, *Heliconius erato* (Nymphalidae) com 66 indivíduos, *Eurema albula albula* (Pieridae) com 53 indivíduos e *Praepedalioides phanias* (Nymphalidae) com 40 indivíduos. Destas, apenas *Morpho portis* teve registro em uma única estação do ano (estação chuvosa de 2018). As demais espécies tiveram ocorrência em todos os períodos de coleta e estações do ano. Considerando o gradiente altitudinal, apenas *Morpho portis* e *Forsterinaria necys* tiveram ocorrência em todos os pontos altitudinais amostrados, enquanto as demais espécies apresentaram certa fidelidade a pontos de altitude distintos.

Em relação às amostragens para as diferentes estações do ano e considerando a totalidade de espécies registradas (185 espécies), 15 espécies foram amostradas em todas as estações do ano, 73 foram amostradas em pelo menos duas estações, 5 espécies foram exclusivas da estação seca (Morfortipos 11, 46, 58, 60 e 79), para a estação de transição foram registradas 45 espécies exclusivas e para a estação chuvosa foram 62 novos registros.

Das espécies amostradas, 50 foram classificadas como *singletons* e *doubletons*, com 30 e 20 espécies respectivamente, o que corresponde a 47% das espécies identificadas. Espécies intermediárias representaram 47% e espécies comuns 6%. Das 79 borboletas que não foi possível a identificação a nível específico e foram identificadas como morfotipos, 58 são raras (43 *singletons* e 15 *doubletons*) correspondendo a 74% das borboletas não identificadas. Espécies intermediárias e comuns representaram respectivamente 25% e 1%. Das 1.443 borboletas amostradas em todo o período de estudo, espécies raras somaram então 58%, intermediárias 38% e comuns 4%.

A curva de acumulação de espécies não tendeu à estabilização (Figura 2). A análise de riqueza de Margalef indicou os maiores valores de riqueza encontrados para os pontos de 1.800m ($I_{MG} = 10.77$), 1.500m ($I_{MG} = 10.58$) e 1.900m ($I_{MG} = 9.98$). Segundo o índice, essas foram as três cotas que apresentaram maior riqueza. As demais cotas tiveram valores sutilmente menores: 1.400m ($I_{MG} = 8.69$), 1.600m ($I_{MG} = 9.66$), 1.700m ($I_{MG} = 8.89$), 2.000m ($I_{MG} = 7.87$) e 2.100m ($I_{MG} = 9.23$), o que indica que todas as cotas amostradas tiveram alta diversidade de espécies. A análise feita através do

estimador de riqueza Jackknife1 apontou uma riqueza esperada de 261 espécies em contrapartida com as 185 espécies observadas.

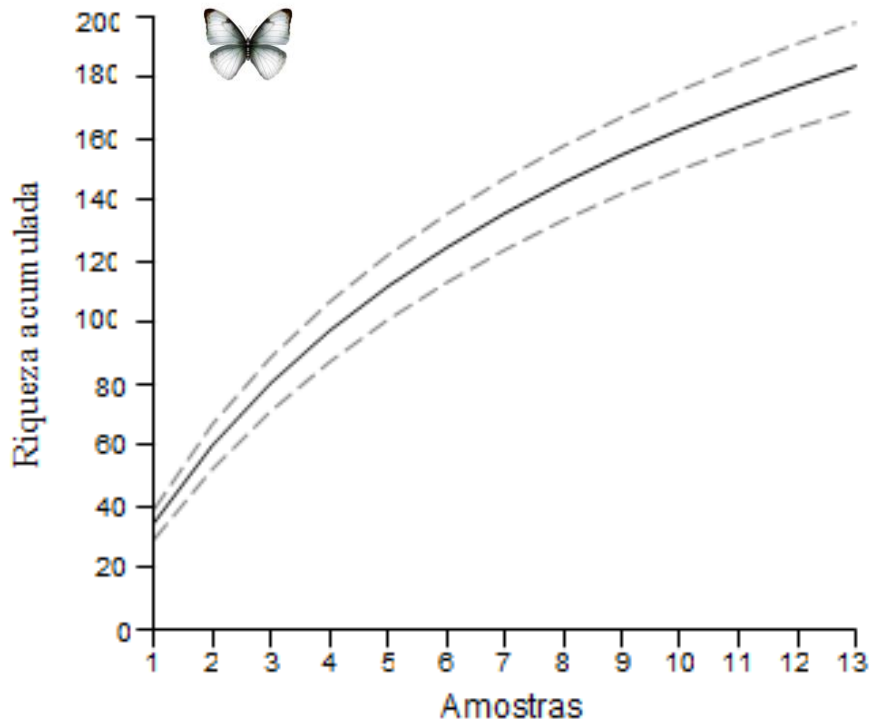


Figura 2 - Curva de acumulação de espécies de borboletas para a RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG. Os eventos de coletas estão representados por “amostras”, a linha sólida indica a variação da riqueza acumulada ao longo das amostras e as linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança de 95%.

A riqueza e a abundância de borboletas foram maiores nas altitudes intermediárias, com curvas de distribuição em forma de sino e com a concavidade virada pra baixo (Figuras 3 e 4), indicando padrão quadrático de variação com a elevação ($p < 0.05$).

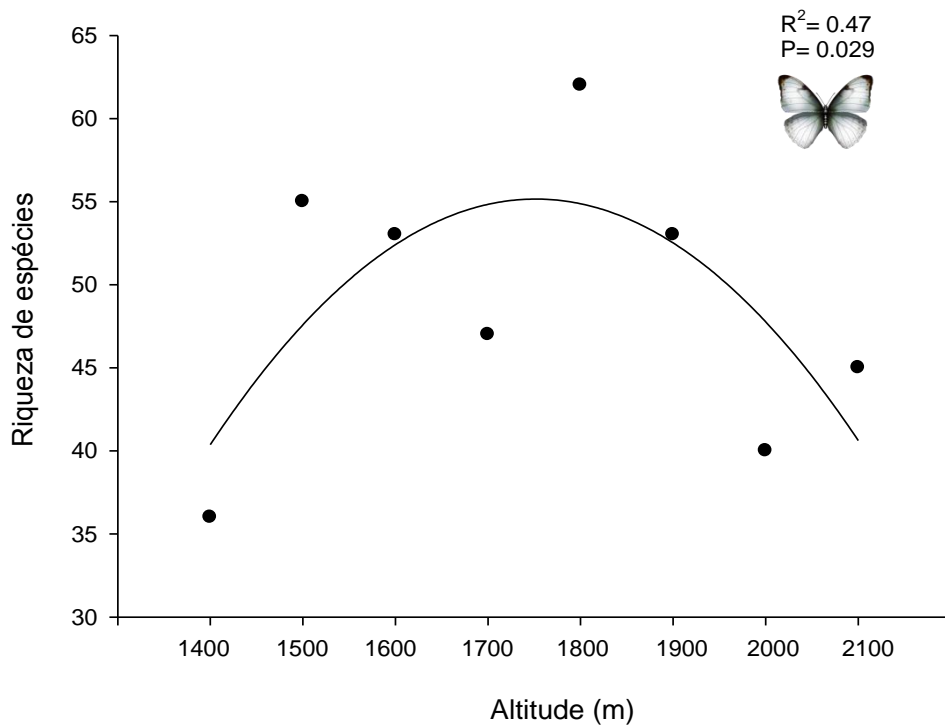


Figura 3 - Riqueza de espécies de borboletas ao longo do gradiente altitudinal na RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG.

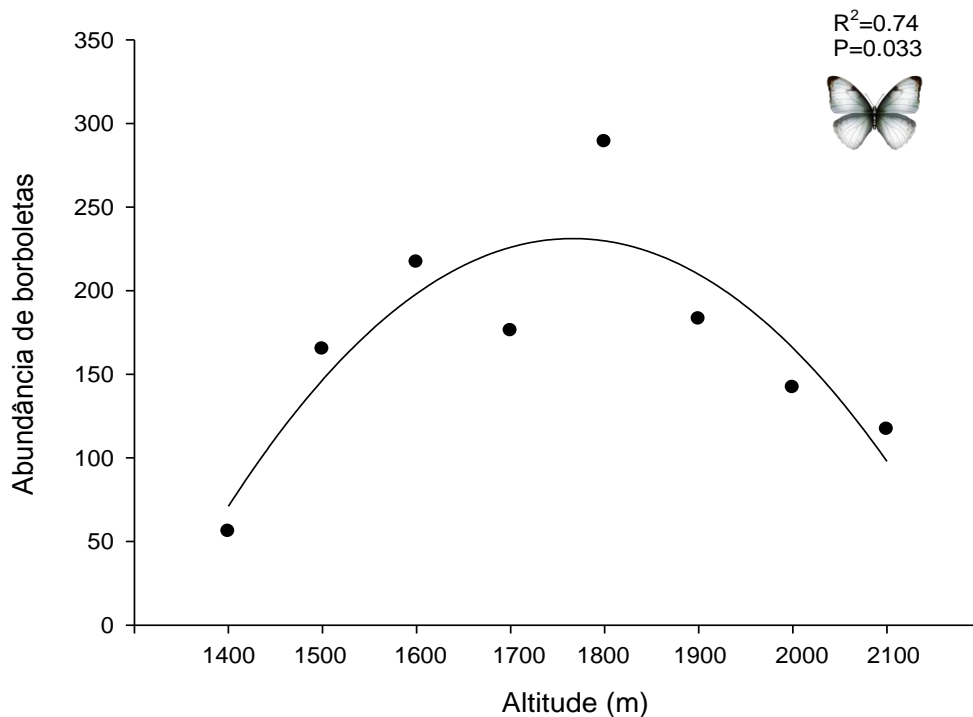


Figura 4 - Abundância de espécies de borboletas ao longo do gradiente altitudinal na RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG.

Análises individuais da distribuição para cada família amostrada indicaram que para as famílias HesperIIDae ($R^2=0.839$, $p=0.001$) e Papilionidae ($R^2=0.620$, $p=0.02$) houve uma redução significativa na abundância com o aumento da altitude (Figuras 5 A e D). Lycaenidae ($R^2=0.720$, $p=0.008$) também apresentou resultado significativo tendo um aumento da abundância à medida que aumenta a elevação (Figura 5 B). Para as famílias Nymphalidae, Pieridae e Riodinidae não houve variação significativa com a elevação (todas $p > 0.05$, Figuras 5 C, E e F).

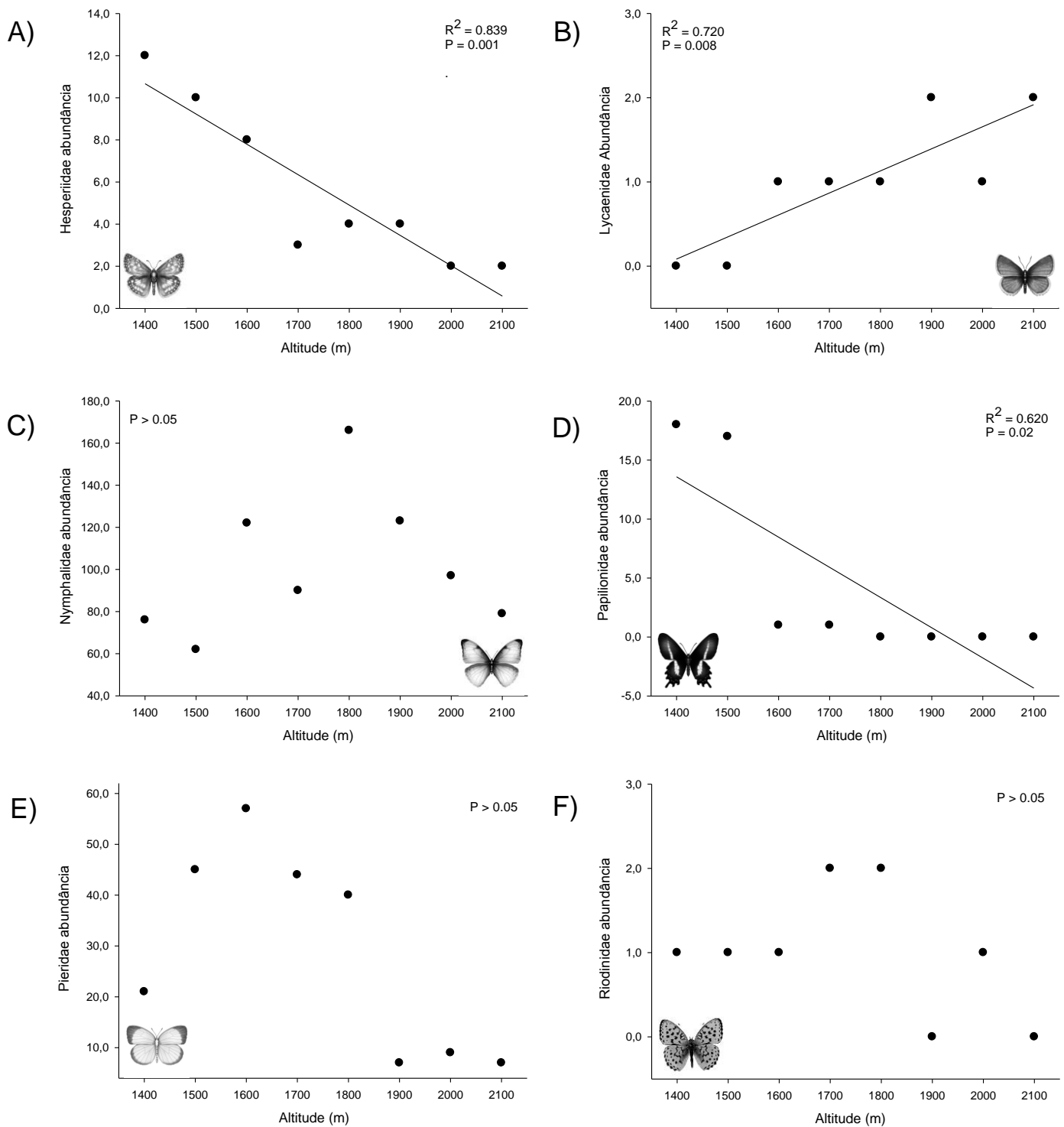


Figura 5 – Variação na abundância para cada família de borboleta amostrada ao longo do gradiente altitudinal na RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG. A- Hesperíidae, B- Lycaenidae, C- Nymphalidae, D- Papilionidae, E- Pieridae e F- Riodinidae.

A análise de partição aditiva da diversidade γ (diversidade total de uma comunidade) em α (diversidade dentro de cada cota altitudinal) e β (diversidade entre as cotas) mostrou que a diversidade α foi maior que o esperado ($\alpha_{\text{obs}} = 48.63$ e $\alpha_{\text{esp}} = 42.21$; $p < 0.05$) e a diversidade β foi menor que o esperado ($\beta_{\text{obs}} = 136.37$ e $\beta_{\text{esp}} = 142.79$; $p < 0.05$) (Figura 6). Este resultado aponta que a diversidade dentro das cotas foi maior que a diversidade entre as cotas altitudinais.

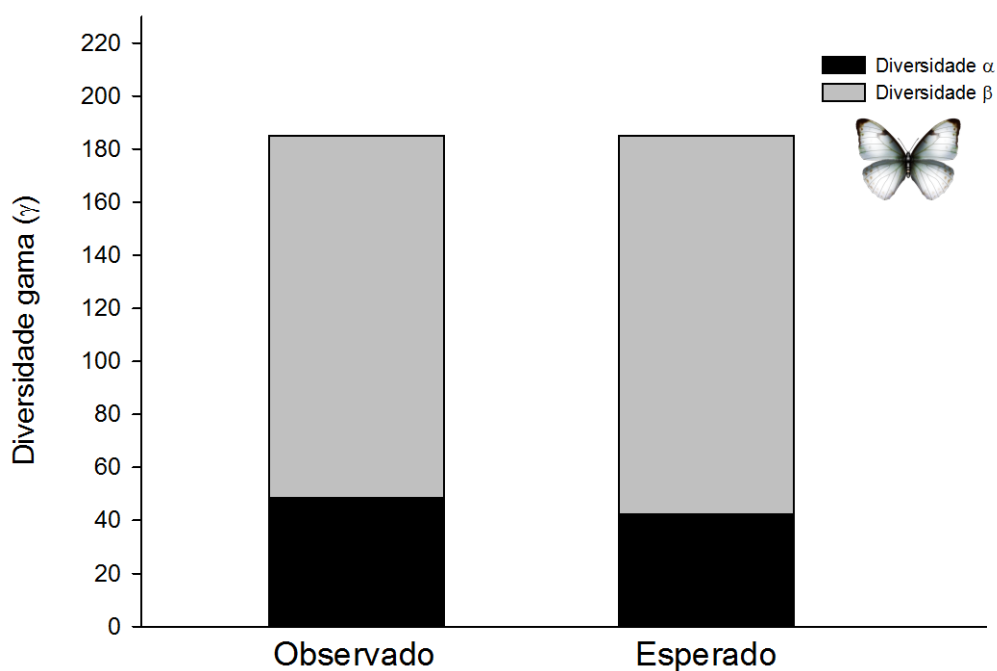


Figura 6 – Diversidade observada e esperada para a comunidade de borboletas da RPPN Alto-Montana da Serra Fina em Itamonte- MG. Áreas pretas em ambas as barras indicam a diversidade α e em cinza a diversidade β . A diversidade α e β compõem juntas a diversidade γ .

A cobertura vegetal foi bastante variável ao longo do gradiente, apresentando menor valor de cobertura na altitude de 1.900m (48% de cobertura vegetal) e valores semelhantes nas demais altitudes 1.500m (100% de cobertura vegetal), 1.400m (96%), 2.000m (87%), 1.600m (85%), 1.700m (70%), 1.800m (70%), 2.100m (65%).

Modelos lineares generalizados indicaram uma tendência linear de decréscimo da pressão atmosférica das maiores altitudes para as menores ($p_{trans} < 0.0001$; $p_{sec} < 0.0001$ e $p_{chuv} < 0.0001$) (Figura 7A, C e E). A velocidade do vento foi maior para as cotas altitudinais mais altas ($p_{trans} = 0.013$, $p_{sec} = 0.03$; e $p_{chuv} = 0.02$) (figuras 7 B, D e F).

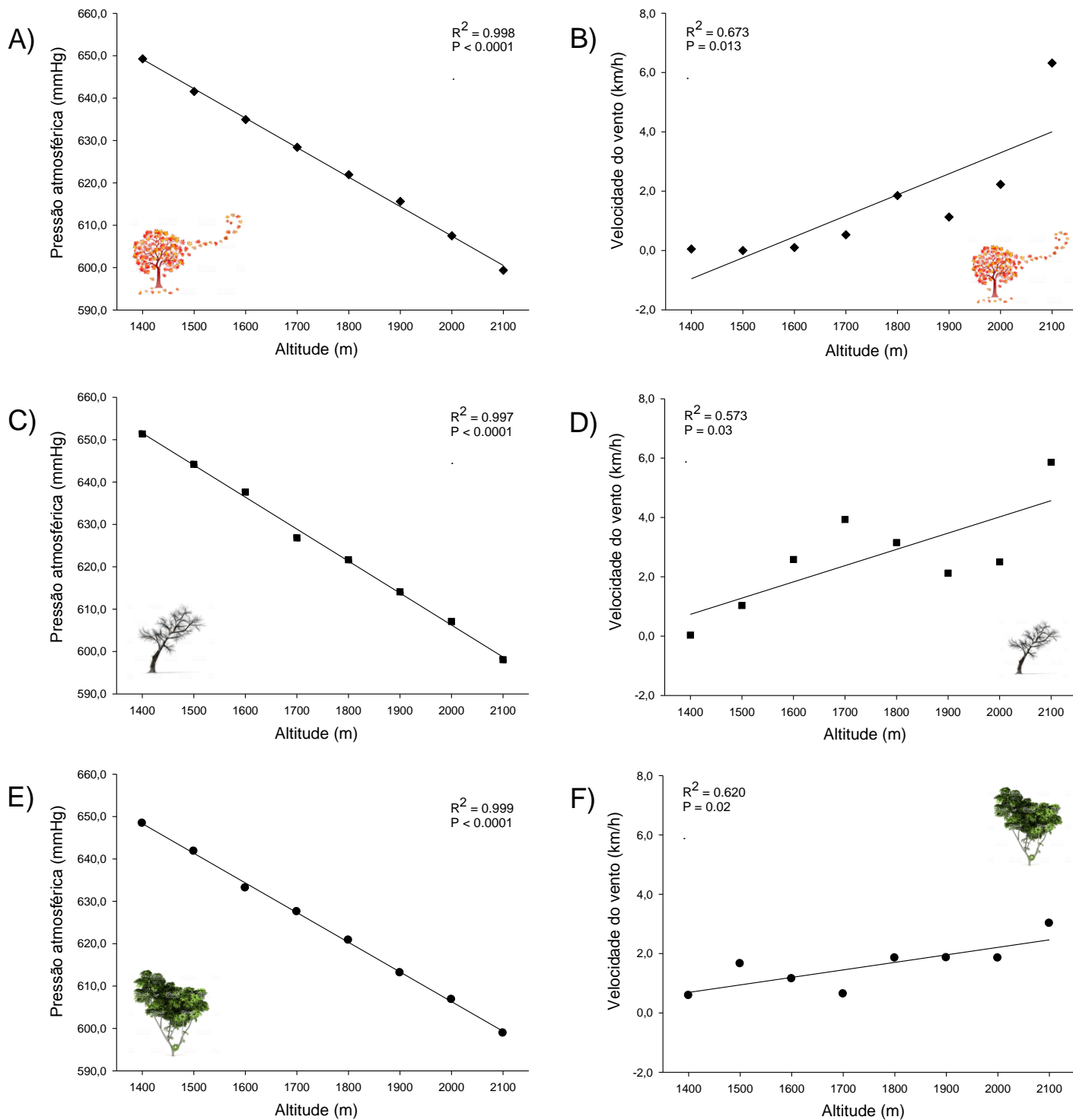


Figura 7 – Variação de dados abióticos com a altitude para a RPPN Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte- MG. A, C e E - pressão atmosférica para as estações de transição, seca e chuvosa respectivamente. B, D e F - velocidade do vento para as estações de transição, seca e chuvosa respectivamente. Losangos, quadrados e círculos indicam as diferentes estações do ano (losango: transição seca-chuvosa, quadrado: seca e círculo: chuvosa).

DISCUSSÃO

Foi encontrada uma alta riqueza e abundância de espécies de borboletas e maior diversidade alfa e menor diversidade beta que o esperado ao acaso na RPPN Alto-Montana da Serra Fina. Além disso, a maioria das espécies amostradas são raras, indicando a importância dos estudos ao longo de gradientes ambientais para entender a variação na riqueza de espécies associada às variações nas condições ambientais. Tal elevada riqueza de espécies pode estar associada à alta heterogeneidade ambiental, à disponibilidade de recursos e alta produção primária (Pompeu 2011, Beirão *et al.* 2017). A elevada disponibilidade de recursos e a produção primária são fatores determinantes para a riqueza de comunidades de plantas e animais (Quintero & Jetz 2018 e Storch *et al.* 2018) e influenciam de forma positiva a riqueza de espécies em comunidades de borboletas (Beck *et al.* 2017, Bärtschi *et al.* 2019).

As florestas tropicais são regiões consideradas megadiversas com grande heterogeneidade de habitats e uma considerável riqueza de plantas, possuindo relação direta com a disponibilidade de recursos (Wilson & Mittermier 1998, Carneiro *et al.* 2014, Pompeu 2015). Para regiões montanas, a alta riqueza de espécies vegetais deve-se em grande parte devido às variações de condições abióticas como temperatura e precipitação ao longo do gradiente altitudinal (Pompeu 2015), que criam diferentes micro habitats e disponibilizam diferentes condições e recursos ao longo da elevação, contribuindo assim para a expansão e também partição do nicho de espécies. Além destes fatores, a floresta úmida estudada está situada em uma região montana de grande

extensão geográfica protegida permanentemente (Pompeu 2011, Cruz *et al.* 2014, Pompeu 2015). Devido às características de disponibilidade de recursos, heterogeneidade de habitats, proteção ambiental e extensão geográfica aplicáveis à região do estudo, a associação entre estes fatores deve atuar promovendo condições ótimas para a ocorrência e sobrevivência das diversas espécies incluídas nas principais famílias de borboletas registradas para este estudo.

Observou-se também elevada abundância de borboletas pertencentes às famílias Nymphalidae e Pieridae. Nymphalidae é uma família de borboletas frugívoras bastante abundante, facilmente capturadas em armadilhas atrativas e que possuem grande diversidade de comportamentos e de variação no uso dos recursos (Soares *et al.* 2012, Nery *et al.* 2014, Ribeiro *et al.* 2016, Andrade & Teixeira 2017, Henriques *et al.* 2019). Pieridae é uma família cujas borboletas são consideradas espécies migratórias sendo facilmente encontradas em trilhas e ambientes abertos, aumentando as chances de serem avistadas e capturadas (Paz *et al.* 2008, Andrade & Teixeira 2017). Estas características intrínsecas à cada família também são fatores que podem explicar a sua alta representatividade dentro da comunidade de borboletas estudada. Nymphalidae e Pieridae também foram as famílias mais representativas em estudos prévios (e.g., Andrade & Teixeira 2017) em fragmentos de Domínio Atlântico. Em um estudo conduzido em campos rupestres, Henriques *et al.* (2019) avaliaram a variação na riqueza de espécies de borboletas em um gradiente altitudinal montanhoso e as famílias Nymphalidae e Hesperidae foram registradas como as mais abundantes. Os resultados de Henriques *et al.* (2019) diferem-se dos resultados aqui

encontrados provavelmente devido à diferenças nas fitofisionomias em que as borboletas foram amostradas.

Diferentes metodologias de amostragens foram utilizadas por Dolibaina *et al.* (2011), Iserhad *et al.* (2013) e Henriques *et al.* (2019) durante suas coletas e uma grande diversidade de espécies inseridas em diversas famílias e subfamílias também foi encontrada. Estes estudos trazem evidências suficientes para inferir que a combinação entre diferentes técnicas de amostragem (armadilhas iscadas e coleta ativa com rede entomológica) são essenciais para avaliar a variação na diversidade de espécies de borboletas. Nossos resultados, entretanto, indicam que apesar de eficientes, tais amostragens não foram suficientes para amostrar toda a comunidade de borboletas nesse período e um maior número de espécies deve estar presente em tais ambientes.

A classificação das espécies registradas em raras, intermediárias e comuns mostrou que a comunidade de borboletas avaliada é representada em grande parte por espécies raras, já que estas constituem mais da metade da riqueza amostrada. Espécies raras na grande maioria dos casos estão distribuídas em faixas ambientais definidas, com condições específicas e quase nunca ocorrem em regiões com a maior riqueza de espécies de um gradiente altitudinal (Thomson *et al.* 2006, Pearman & Weber 2007, Henriques 2017).

A heterogeneidade do habitat é fator determinante da riqueza de espécies em diversas escalas espaciais e temporais (Yang *et al.* 2015). Baseado no conceito da diferenciação de nichos, habitats mais heterogêneos suportam maior número de espécies uma vez que permitem a diferenciação de nichos e partição da diversidade. Habitats distintos permitem, por exemplo, a

co-ocorrência de espécies comuns e espécies raras em função de maior heterogeneidade de habitat causado por exemplo, pela variação nas fitofisionomias vegetais. Na área de estudo, diferentes vegetações são encontradas em curtos intervalos de pouco mais de 100 m de declividade, com áreas de alta cobertura vegetal (100% de cobertura), áreas de clareira e áreas de vegetação mais aberta, composta por arbustos e herbáceas. Para comunidades de plantas e animais, a variação no nível de recursos afeta a riqueza de espécies em escalas espaciais bastante sutis (Yang *et al.* 2015) e gradientes ambientais como os de elevação ou de produtividade permitem a aferição da importância da variação na paisagem e a influência de fatores abióticos na estruturação das comunidades.

A partição da diversidade de borboletas em *alfa* e *beta* mostrou que a diversidade alfa (dentro de cada cota) foi maior que a diversidade beta (entre as cotas) não ocorrendo um *turnover* significativo de espécies com o aumento da altitude. Henriques (2017) em seus estudos na Serra de São José na região do Campo das Vertentes, MG encontrou alto *turnover* de espécies das altitudes inferiores para as superiores. Uma explicação para esta diferença pode surgir por alguns fatores. O primeiro seria o das diferenças nas fitofisionomias das áreas de estudo, sendo o estudo de Henriques (2017) realizado em regiões de campos rupestres e o presente estudo realizado em regiões de floresta ombrófila montana e sub-montana. Outro fator importante estaria associado à heterogeneidade de habitats e a frequência de espécies raras. Este estudo apresentou 58% das espécies como sendo espécies raras. Para a mesma região de estudo, Pompeu (2011) descreveu uma fitofisionomia distinta que varia a composição a cada declividade de 100m passando por áreas com mata

densa, clareiras, bambuzais e campo de altitude. Além da heterogeneidade registrada por Pompeu (2011), sabe-se que a região de estudo contempla três fitofisionomias distintas (floresta ombrófila montana, sub-montana e campos de altitude). Como aqui demonstrado, espécies raras ocorrem em faixas ambientais definidas e a heterogeneidade de habitats sugere que as espécies raras, muito sensíveis às alterações ambientais, tenham sua distribuição ao longo do gradiente altitudinal em forma de bandas latitudinais, semelhantes à curvas de nível, dentro de suas faixas ambientais. Desta forma, estas variações na vegetação somadas à variação nos fatores abióticos faz com que as espécies fiquem mais restritas em suas faixas altitudinais e assim, quando se faz uma análise minuciosa da composição de espécies ao longo do gradiente, observa-se que as borboletas ficam mais restritas em suas cotas do que entre as cotas, implicando em maior diversidade *alfa* que *beta* ou substituição de espécies.

A curva de acumulação de espécies da comunidade de borboletas não apresentou uma tendência à assíntota assim como foi observado no estudo de Carneiro *et al.* (2014), e a análise de Jackknife apontou que 71% das borboletas da área de estudo foram amostradas. Mesmo com considerável esforço amostral, uso de variados estimadores de riqueza e metodologia bem aplicada, de acordo com Ribeiro *et al.* (2016) e Henriques (2017) obter a totalidade de espécies de uma dada região é uma tarefa difícil devido à heterogeneidade dos habitats, grande diversidade de insetos e a taxa de encontro do pesquisador com a espécie a ser coletada, o que influencia diretamente na probabilidade de localização das espécies. Dessa forma, novas coletas podem ser promissoras para detectar possíveis espécies ainda não

amostradas. Estudos similares, porém, foram realizados por alguns pesquisadores como Zikán & Zikán (1968) na Serra da Mantiqueira e Carneiro *et al.* (2014) em três regiões da Serra do Mar e ambos mostraram uma alta riqueza de espécies. Zikán & Zikán (1968) registraram 366 espécies de borboletas e Carneiro *et al.* (2014) registrou 155 espécies apenas para a família Hesperidae. A Serra da Mantiqueira compartilha com a Serra do Mar o mesmo Domínio fitogeográfico e a área de estudo se localiza em uma das porções mais ricas e diversas do Domínio Atlântico do Sudeste brasileiro (Pompeu *et al.* 2014). Mesmo com diferentes estimadores de riqueza utilizados em tais estudos, os resultados de Zikán & Zikán (1968) e Carneiro *et al.* (2014) corroboram com os dados de riqueza e abundância encontrados neste estudo e nos indicam a possibilidade de registro de outras espécies.

A análise de distribuição das espécies ao longo do gradiente altitudinal mostrou um padrão em forma de sino, com maior riqueza de espécies no ponto de 1800m, ponto central do gradiente de elevação. Este padrão de distribuição de espécies também foi encontrado em diversos estudos com borboletas e também outros grupos taxonômicos (McCain 2005, Brehm *et al.* 2007, Acharya & Vijayan 2015, Colwell *et al.* 2016, Beck *et al.* 2017, Bärtschi *et al.* 2019). Picos de riqueza em regiões centrais de gradientes altitudinais podem estar associados a fatores ambientais que atuam como verdadeiros atrativos para a ocorrência das espécies (Colwell *et al.* 2016). Estes atrativos podem ser a disponibilidade de recursos, combinações de fatores como temperatura, área, pressão atmosférica, influência da luminosidade e cobertura vegetal favoráveis à ocorrência das espécies (e.g., Hodkson 2005, McCain & Grytnes 2010, Beck

et al. 2017, Graça *et al.* 2017, Quintero & Jetz 2018, Storch *et al.* 2018, Bärtschi *et al.* 2019 e Melo *et al.* 2019).

Além disto, uma das formas de avaliar padrões quadráticos de distribuição de espécies em gradientes ambientais é através do efeito de domínio médio (*mid domain effect*, MDE). O MDE propõe que para uma distribuição aleatória de espécies, a grande maioria das espécies estariam localizadas nas regiões mais centrais do gradiente. Esta distribuição se daria devido às sobreposições de espécies com amplitudes de ocorrência maiores ou menores dependendo de suas tolerâncias a diversos fatores ambientais, e esta sobreposição no centro de gradientes montanhosos se daria devido às respostas evolutivas a determinados eventos passados, como períodos de glaciações, que atuariam concentrando as espécies em regiões centrais, que seriam as regiões mais favoráveis à sobrevivência (McCain & Grytnes 2010, Colwell *et al.* 2016; Beck *et al.* 2017). Atualmente podemos pensar nas ações antrópicas como eventos equivalentes aos grandes eventos climáticos e geológicos passados.

Foi encontrada para o local do estudo a maior riqueza de plantas para as altitudes de 1.500 metros e 1.700 metros (Pompeu 2011). Ambas as altitudes coincidem com os pontos de maior riqueza encontrados neste estudo com borboletas. Borboletas são organismos relativamente móveis, mas apresentam fidelidade de habitat, territorialismo e grande dependência na disponibilidade de recursos como sítios de forrageamento específicos e a relativa coincidência de maior riqueza de plantas e de borboletas nos pontos intermediários do gradiente altitudinal nessa área de floresta tropical úmida indica algum grau de

dependência desse grupo na disponibilidade de recursos como frutos e néctar ofertados pelas plantas.

A variação nas características abióticas também foi bem marcante ao longo do gradiente altitudinal e ao longo das estações do ano avaliadas nesse estudo. Com exceção da temperatura e umidade, os demais parâmetros medidos mostraram variação com a variação da altitude e podem influenciar de forma importante tanto as plantas quanto as borboletas ao longo do gradiente de elevação. Variações nos fatores climáticos ao longo de gradientes ambientais influenciam na disponibilidade de recursos como pólen e néctar, além de oferecer maior heterogeneidade temporal e espacial, em escalas muitas vezes pequenas, mas capazes de influenciar a riqueza de espécies (Yang *et al.* 2015).

A hipótese de que haveria uma substituição gradual das espécies ao longo do gradiente devido à associação de diferentes fatores bióticos, abióticos e ambientais foi corroborada. A combinação destes fatores podem ter sido determinantes para a ocorrência das diferentes famílias de borboletas ao longo do gradiente. A distribuição das famílias ao longo do gradiente altitudinal diferiram dos resultados encontrados por Pires (2014) na Serra do Cipó e Henriques (2017) na Serra de São José. Essa diferença ocorreu provavelmente devido às características intrínsecas de cada local de estudo.

CONCLUSÃO

Este estudo foi pioneiro em avaliar a composição específica da comunidade de borboletas da RPPN Alto-Montana e demonstrou uma alta diversidade de espécies. A presença de diversas espécies raras mostra a importância de estudos que buscam caracterizar a comunidade de uma dada região e, para o local de estudo, indica a necessidade de manter a conservação e a preservação local além de indicar uma propensão à novas descobertas. Todos estes resultados tornam a RPPN Alto-Montana da Serra Fina uma importante área de estudo para a preservação e conservação da região da Serra da Mantiqueira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya BK, Vijayan L (2015) Butterfly diversity along the elevation gradient of Eastern Himalaya, India. *Ecol Res* 30: 909–919
- Adel IMN, Pourbabaei H, Salehi A, Alavi SJ, Dey CD (2018) Structure, composition and regeneration of riparian forest along an altitudinal gradient in northern Iran. *Folia Geobot* 53: 63–75
- Andrade DA & Teixeira IRV (2017) Diversidade de Lepidoptera em um fragmento florestal em Muzambinho, Minas Gerais. *Ciência Florestal*. 27(4): 1229-1241
- Barber NA, Lamagdeleine-Dent KA, Willand JE, Jones HP, McCravy KW (2017) Species and functional trait re-assembly of ground beetle communities in restored grasslands. *Biodiversity and Conservation* 26: 3481-3498
- Bärtschi F, McCain C, Ballesteros-Mejia L, Kitching IJ, Beerli N, Beck J (2019) Elevational richness patterns of sphingid moths support area effects over climatic drivers in a near-global analysis. *Global Ecology and Biogeography* 00: 1–11
- Beck J, McCain CM, Axmacher JC, Ashton LA, Bärtschi F, Brehm G, Choi SW, Cizek O, Colwell RK, Fiedler K, Francois CL, Highland S, Holloway JD, Intachat J, Kadlec T, Kitching RL, Maunsell SC, Merckx T, Nakamura A, Odell E, Sang W, Toko PG, Zamecnik J, Zou Y, Novotny V (2017) Elevational species richness gradients in a hyperdiverse insect taxon: a global meta-study on geometrid moths. *Global Ecology and Biogeography* 26: 412–424
- Beirão MV, Neves FS, Penz CM, DeVries JP, Fernandes JW (2017) High butterfly beta diversity between Brazilian cerrado and cerrado–caatinga transition zones. *J Insect Conserv*, d.o.i: 10.1007/s10841-017-0024-x
- Beirão MV. 2016. Distribuição espaço-temporal de borboletas frugívoras em ambientes tropicais sazonais. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, 82 p.
- Bishop TR, Robertson MP, Gibb H, Van Rensburg BJ, Braschler B, Chown SL, Foord SF, Munyai TC, Okey I, Tshivhandekano PG, Werenkraut P, Parr CL (2016) Ant assemblages have darker and larger members in cold environments. *Global Ecology and Biogeography* d.o.i: 10.1111/geb.12516
- Brehm G, Colwell RK, 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: 205–219
- Brito MM (2013) A influência de diferentes tipos de matriz na guilda de borboletas frugívoras (Insecta: Lepidoptera) em fragmentos de mata atlântica. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Alfenas. Área: Ecologia e Tecnologia Ambiental
- Burkepile DE and Parker JD (2017) Recent advances in plant-herbivore interactions. *F1000Research* 6(119):1-13
- Cadotte MW and Tucker CM (2017) Should environmental filtering be abandoned? *Trends in Ecology & Evolution* 32: 429-437
- Carneiro E, Mielke OHH, Casagrande MM, Fiedler K (2014) Skipper Richness (Hesperiidae) Along Elevational Gradients in Brazilian Atlantic Forest. *Neotrop Entomol* 43:27–38

- Colwell RK, Gotelli NJ, Ashton LA, Beck J, Brehm G, Fayle TM, Fiedler K, Forister ML, Kessler M, Kitching RL, Klimes P, Kluge J, Longino JT, Maunsell SC, McCain CM, Moses J, Noben S, Sam K, Sam L, Shapiro AM, Wang X, Novotny V (2016) Midpoint attractors and species richness: Modelling the interaction between environmental drivers and geometric constraints. *Ecology Letters* 19: 1009–1022
- Cruz BP, Castro EM, Cardoso MG, Souza KF, Machado SMF, Pompeu PV, Fontes MAL (2014) Comparison of leaf anatomy and essential oils from *Drimys brasiliensis* Miers in a montane cloud forest in Itamonte, MG, Brazil. *Botanical Studies*, 55(41): 1-14
- Dolibaina DR, Mielke OHH & Casagrande MM (2011) Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) from Guarapuava and vicinity, Paraná, Brazil: an inventory based on records of 63 years. *Biota Neotrop.* 11(1) 341-354
- Fernandes GW, Almeida HA, Nunes CA, Xavier JHA, Cobb NS, Carneiro MA, Cornelissen T, Neves FS, Ribeiro SP, Nunes YRF, Pires ACV & Beirão A (2016) Cerrado to Rupestrian grasslands: patterns of species distribution and the forces shaping them along an altitudinal gradient. In: Fernandes GW (Ed), *Ecology and Conservation of mountaintop grasslands in Brazil*. Springer, pp 345-378
- Francini RB, Duarte M, Mielke OHH, Caldas A, Freitas AVL (2011) Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) of the “Baixada Santista” region, coastal São Paulo, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(1): 55–68.
- Graça MB, Pequeno PA CL, Franklin ETH, Souza JLP, Morais JW (2017) Taxonomic, functional, and phylogenetic perspectives on butterfly spatial assembly in northern Amazonia. *Ecological Entomology* d.o.i: 10.1111/een.12454
- Guillermo-Ferreira and Del-Claro K (2011) Resource defense polygyny by *Hetaerina rosea* Selys (Odonata: Calopterygidae): Influence of age and wing pigmentation. *Neotrop Entomol* 40: 78-84
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9 pp
- Haseyama KLF and Carvalho CJB (2011) Distributional patterns of amazon biodiversity: an evolutionary point of view. *Revista da Biologia, Vol. Esp. Biogeografia*, pp 35-40
- Henriques NR (2017) Comunidade de borboletas de campo rupestre: diversidade e efeito da assimetria flutuante ao longo de um gradiente altitudinal. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de São João Del Rei. Área: Ecologia
- Henriques NR, Beirão MV, Brasil E, Cornelissen T (2019) Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) from the campos rupestres of Serra de São José, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica* 19(3): e20180655
- Hodkson ID (2005) Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489-513
- ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2013) Plano de manejo Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana-Instituto Alto-Montana da Serra Fina, Itamonte, pp 1-90

- Iserhard CA, Brown Jr. KS, Freitas AVL (2013) Maximized sampling of butterflies to detect temporal changes in tropical communities. *J Insect Conserv*, 17:615–622
- Joly CA (2007) Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político. *Ambiente & Sociedade*, v.X, n.1, 169-172
- Kaminski LA, Thiele SC, Iserhard CA, Romanowski HP, Moser A (2010) Natural history, new records, and notes on the conservation status of *Cyanophrys berthae* (Jones) (Lepidoptera: Lycaenidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 112(1): 54-60
- Kraft NJB, Adler PB, Godoy O, James EC, Fuller S, Levine JM (2015) Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Functional Ecology* 29: 592–599
- Lebrija-Trejos E, Pérez-García EA, Meave JA, Bongers F, Poorter L (2010) Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species rich tropical system. *Ecology* 91: 386–398
- Leingärtner A, Krauss J, Steffan-Dewenter I (2014) Species richness and trait composition of butterfly assemblages change along an altitudinal gradient. *Oecologia* 175: 613–623
- Lemmon, P. E. 1956. A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science* 2: 314–320
- Mazzei A, Bonacci T, Gangale C, Pizzolotto R, Brandmayr P (2015) Functional species traits of carabid beetles living in two riparian alder forests of the Sila plateau subject to different disturbance factors (Coleoptera: Carabidae). *Fragmenta entomologica*, 47: 37-44
- McCain C (2005) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*,86(2): 366–372
- McCain CM, Grytnes JA (2010) Elevation gradientes in species richness. *Encyclopedia of Life Science*, 10 p.
- Melo DHA, Filgueiras BKC, Iserhard CA, Iannuzzi L, Freitas AVL, Leal IR (2019) Effect of habitat loss and fragmentation on fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest. *Can. J. Zool.* 97: 588–596
- Menezes FA, Abegg AD, Silva BR, Franco FL, Feio RN (2018) Composição e história natural das serpentes do Parque Estadual da Serra do Papagaio, sul de Minas Gerais, Serra da Mantiqueira, Brasil. *ZooKeys* 797: 117–160
- Mota GS, Luz GR, Mota NM, Coutinho ES, Veloso MDM, Fernandes GW, Nunes YRF (2018) Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in south-eastern Brazil. *Flora* 238: 32–42
- Nery I, Carvalho N, Paprocki H. 2014. Checklist of butterflies (Insecta: Lepidoptera) from Serra do Intendente State Park – Minas Gerais, Brazil. *Biodiversity data journal* 2: 1-23
- Paz ALG, Romanowski HP & Morais ABB (2008) Nymphalidae, Papilionidae e Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 8: 141-149
- Pearman PB, Weber D (2007) Common species determine richness patterns in biodiversity indicator taxa. *Biological conservation* 138 109 – 119
- Pires ACV. 2014. Distribuição de borboletas nectarívoras ao longo do gradiente altitudinal de uma montanha tropical: padrões e mecanismos. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, 46 p

- Pompeu PV (2011) Composição e estrutura de uma Floresta Ombrófila Densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Lavras. Área: Ciências Florestais
- Pompeu PV (2015) Modelagem da distribuição das Florestas Atlânticas Nebulares na Serra da Mantiqueira. Tese de doutorado apresentada a Universidade Federal de Lavras. Área: Ciências Florestais
- Pompeu PV, Fontes MAL, Santos RM, Garcia PO, Batista TA, Carvalho WAC, Filho ATO (2014) Composição florística e estrutura de uma floresta nublada de altitude na Serra da Mantiqueira. *Acta Bot. Bras.* 28 (3): 456-464
- Quenoille M.H. (1956). Notes on bias in estimation. *Biometrika* 43: 353-360
- Quintero I & Jetz W (2018) Global elevational diversity and diversification of birds. *Nature*, 555: 246 - 250
- 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
- Ribeiro DB, Batista R, Prado PI, Brown Jr. KS, Freitas AVL (2012) The importance of small scales to the fruit-feeding butterfly assemblages in a fragmented landscape. *Biodivers Conserv* 21: 811–827
- Ribeiro DB, Williams MR, Specht A, Freitas AVL (2016) Vertical and temporal variability in the probability of detection of fruit-feeding butterflies and moths (Lepidoptera) in tropical forest. *Austral Entomology* 55: 112–120
- Ritter CD, Lemes R, Morais ABB, Dambros CS. 2011. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 11: 361-368
- Rowe RJ and Lidgard S (2009) Elevational gradients and species richness: do methods change pattern perception? *Global Ecology and Biogeography* 18: 163–177
- Sanchez-Bayo F, Wyckhuysb KAG (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8–27
- Sanders NJ, Moss J, Wagner D (2003) Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global Ecology & Biogeography* 12: 93– 102
- Silva KA, Lousada JM, Bauchspiess C, Cardinelli CS, Martins SV (2015) O mosaico vegetacional em Monte Verde, APA Fernão Dias, MG. *MG Biota*, v8 (2): 4-22
- Silva NAC, Lima HD, Ferreira JF, Sales AD, Acerbi Junior FW (2015) Mapeamento da distribuição altitudinal das áreas de bambus na RPPN Alto-Montana em Itamonte, MG. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - João Pessoa-PB, Brasil p. 4792 - 4798
- Soares GR, Oliveira AAP, Silva ARM (2012) Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) de um parque urbano em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotrop.*, 12: 209-217
- Storch D, Bohdalková E, Okie J (2018) The more-individuals hypothesis revisited: the role of community abundance in species richness regulation and the productivity–diversity relationship. *Ecology Letters* 21: 920–937
- Thomson JR, Fleishman E, Nally RM, Dobkin DS (2007) Comparison of predictor sets for species richness and the number of rare species of butterflies and birds. *Journal of Biogeography* 34: 90–101

- Uehara-Prado M, Fernandes JO, Bello AM, Machado G, Santos AJ, Vaz-de-Mello FZ, Freitas AVL (2009) Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation* 142: 1220–1228
- Uehara-Prado M, Freitas AVL, Francini RB, Brown Jr. KS (2004) Guia das borboletas frugívoras da Reserva Estadual do Morro Grande e região de Caucaia Do Alto, Cotia (São Paulo). *Biota Neotropica*, v4 (1): 1-25
- Veech JA, Crist TO. 2009. PARTITION 3.0, User's Manual (Unpublished document). Available at: <http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>
- Vilanova MRN (2015) Long-term rainfall trends in Serra da Mantiqueira Environmental Protection Area, southeast Brazil. *Environmental Earth Sciences* 73: 4779–4790
- Wilkinson L. 1992. SYSTAT for Windows: statistics, graphics, data, getting started. Systat, Evanston
- Wilson EO & Mittermeier PF (1998) Primate Diversity and the Tropical Forest - Case Studies from Brazil and Madagascar and the Importance of the Megadiversity Countries. In: *Biodiversity*. Washington Press, cap 16. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK219287>
- Yang Z, Liu X, Zhou M, Ai D, Wang G, Wang Y, Chu C, Lundholm JT (2015) The effect of environmental heterogeneity on species richness depends on community position along the environmental gradient. *Scientific Reports* 5: 15723
- Zikán JF, Zikán W (1968) Inseto-fauna do Itatiaia e da Mantiqueira. III Lepidoptera. *Pesqui Agropecu Bras* 3:45–109