

**Marcel Serra Coelho**

**Riqueza e distribuição de insetos  
ganhadores em arbustos de campos  
altitudinais da Serra da Mantiqueira**



**Orientador: Geraldo Wilson Fernandes**

**Belo Horizonte – Minas Gerais**

**Mai de 2009**

**Marcel Serra Coelho**

**Riqueza e distribuição de insetos galhadores em arbustos  
de campos altitudinais da Serra da Mantiqueira**

Dissertação apresentada ao Instituto  
de Ciências Biológicas da  
Universidade Federal de Minas Gerais  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Ecologia,  
Conservação e Manejo da Vida  
Silvestre.

Orientador: Geraldo Wilson Fernandes

**Belo Horizonte – Minas Gerais**

**Mai de 2009**

**Marcel Serra Coelho**

**Riqueza e distribuição de insetos galhadores em arbustos de campos  
altitudinais da Serra da Mantiqueira**

Apoio Institucional:



Apoio Financeiro:



“Valeu a pena? Tudo vale a pena  
se a alma não é pequena.  
Quem quere passar além do Bojador  
tem que passar além da dor  
Deus, ao amor o perigo e o abismo deu  
mas nele é que espalhou o céu ”

*Fernando Pessoa*

"O homem precisa viajar, por sua conta,  
não por estórias, imagens, livros ou tv.  
Precisa viajar por si, com seus olhos e  
pés para entender o que é seu. Para um  
dia plantar suas próprias árvores e dá-  
lhes valor. Conhecer o frio para

desfrutar do calor, e o oposto, sentir a  
distância e o desabrigo para estar bem  
sobre seu próprio teto. O homem  
precisa viajar para lugares que ele não  
conhece para quebrar essa arrogância  
que nos faz ver o mundo como  
imaginamos e não simplesmente como  
é. Que nos faz professores e doutores do  
que não vimos quando deveríamos ser  
alunos e simplesmente ir ver."

*Amyr Klynk - Mar Sem Fim*

“Cada braça de caminho. Um soluço de  
saudade...”

*Ednardo*



## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho aos meus pais George Alberto de Aguiar Coelho e Vladia Maria Valente Serra Coelho e também aos meus irmãos Suele Serra Coelho e Delano Serra Coelho que sempre tiveram a sabedoria de reconhecer meus méritos, mas acima de tudo, apontar meus erros.

Ao Prof. Dr. Geraldo Wilson Fernandes pela confiança, respeito e amizade.

Este trabalho é resultado de um esforço coletivo e não seria possível sem a ajuda do Prof. Dr. Marco Antônio Alves Carneiro e Cristina Silva Alves Branco. Muito obrigado aos dois pelas horas de dedicação, pela companhia nas viagens de campo e amizade.

À equipe do laboratório de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade por sempre estarem dispostos a ajudar, especialmente a Dra. Yumi Oki, M.Sc. Fernando Augusto de Oliveira Silveira, M.Sc. Newton Pimentel de Ulhôa Barbosa e Andre Vieira Quintino.

Ao Emmanuel Duarte Almada e Maurício Fernández pela amizade e paciência.

À Ianny Lustosa pelo apoio incondicional durante a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Pablo Cuevas Reyes pela amizade e inúmeras lições de vida.

À Prof. Dra. Valéria C. Maia pelas valiosas contribuições a este trabalho.

## SUMÁRIO

1. Apresentação.....	1
2. Introdução geral.....	2
2.1. Padrões de diversidade biológica.....	2
2.2. Distribuição de riqueza dos insetos galhadores.....	3
2.3. Campos altitudinais.....	8
2.4. Objetivos gerais.....	10
2.5. Referências.....	13
3. Capítulo 1.....	19
3.1. Resumo.....	20
3.2. Abstract.....	21
3.4. Introdução.....	22
3.5. Materiaias e métodos.....	24
3.6. Resultados.....	26
3.7. Discussão.....	26
3.8. Referências .....	30
4. Capítulo 2.....	53
4.1. Resumo.....	54
4.2 Abstract.....	55
4.3. Introdução.....	56
4.4. Materiaias e métodos.....	58
4.5. Resultados e Discussão.....	60
4.6. Referências.....	63

## **1. Apresentação**

As estimativas mais recentes apontam para uma riqueza em torno de 130.000 espécies de insetos galhadores no planeta diante de aproximações que variam de 5 a 30 milhões de espécies de insetos. A família mais representativa de insetos galhadores é Cecidomyiidae. Cerca de 5.400 espécies foram descritas em todas as regiões zoogeográficas sendo que 500 espécies foram descritas para a região Neotropical. Apenas 159 espécies foram descritas para o Brasil, não obstante a elevada riqueza de morfotipos de galhas registradas para vários ecossistemas brasileiros. Um esforço na direção de um maior conhecimento sobre a história natural e dos padrões de distribuição desta guilda de insetos é emergencial. Justificativas para este esforço sobrepõem-se entre uma real necessidade de conhecimento e conservação de nossa biodiversidade assim como o uso de taxa modelos que auxiliem em uma maior compreensão a cerca das pressões evolutivas que indiquem os mecanismos responsáveis pela distribuição da biodiversidade.

O presente trabalho aborda aspectos de história natural e padrões de riqueza de insetos galhadores em arbustos de campos altitudinais de três regiões localizadas na Serra da Mantiqueira: Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, município de Araponga - MG, Parque Nacional do Caparaó, município Alto Caparaó-MG e Parque Estadual do Ibitipoca, município de Conceição do Ibitipoca-MG. São avaliados a riqueza de morfotipos galhas ao longo de gradientes altitudinais das três regiões. Nesse sentido, são descritos os morfotipos de galhas e analisadas as espécies, gêneros e famílias de plantas hospedeiras que concentram maior riqueza de insetos galhadores. Também são discutidos características de história natural dos insetos galhadores associados ao teste de três hipóteses de riqueza.

Este trabalho é parte de um projeto maior com suporte financeiro do CNPq onde se objetiva descrever a composição e a riqueza de espécies de insetos galhadores em arbustos de campos rupestres da Cadeia do Espinhaço e campos altitudinais da Serra da Mantiqueira. Além das regiões amostradas nesse trabalho, também serão amostrados: Cadeia do Espinhaço (Parque Estadual Serra do Cabral, Parque Nacional Sempre-Vivas, Parque Estadual Serra Negra, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Parque Estadual Itacolomi, Parque Estadual Rio Preto, Parque Estadual Biribiri, Parque Estadual Grão-Mogol, R.P.P.N do Caraça, Serra do Ouro Branco), Serra da Mantiqueira (Parque Nacional do Itatiaia) e Serra do Mar (Parque Nacional da Serra dos Órgãos).

## **2. Introdução geral**

### **2.1. Padrões de diversidade biológica**

Quando se volta um olhar crítico sobre o meio ambiente, tenta-se encontrar padrões, ou seja, fenômenos que se repetem no espaço e no tempo (Fischer 1960).

Uma das perguntas mais básicas quando se pensa em estudos ecológicos é como a vida está distribuída no planeta. As primeiras observações apontavam para uma distribuição heterogênea da diversidade biológica. Algumas regiões concentram uma biodiversidade extremamente elevada, a exemplo das Florestas Pluviais Tropicais, enquanto outras possuem baixa diversidade, a exemplo de regiões desérticas ou árticas. O fato de as regiões tropicais concentrarem uma elevada diversidade biológica quando comparadas às zonas temperadas logo atraiu a atenção dos primeiros navegadores e naturalistas do século XIX como Darwin, Bates e Wallace. Da mesma forma a existência de maior diversidade na base das montanhas quando comparado com os topos (Begon *et al.* 1996, Lamolino 2001, Ricklefs 2003, Townsend *et al.*, 2006). Após a descoberta dessa heterogeneidade, houve um esforço para se descobrir quais as regiões mais ricas em espécies assim como quais são os mecanismos ecológicos responsáveis por tal heterogeneidade.

Um dos padrões mais conhecidos é o latitudinal que descreve os ambientes tropicais como mais diversos quando comparados a ambientes subtropicais. Esse padrão foi demonstrado para grupos distantes filogeneticamente (Dobzhansky 1950, Fischer 1960, Pianka 1966, Gaston 2000, Attrill *et al.* 2001). Padrões altitudinais e de profundidade descrevem uma correlação negativa entre o aumento de altitude e profundidade com a diversidade biológica (Pianka 1966, Gray 1997, Lomolino 2001). Estes padrões operam em escala global, entretanto há evidências que mesmo quando padrões locais ou regionais corroboram padrões globais, seus mecanismos geradores podem ter origens distintas (Currie *et al.* 1999, Willis & Whittaker 2002). São vários os mecanismos responsáveis pelos padrões de diversidade, entre eles destacam-se: idade evolutiva (Ricklefs 2003), estabilidade do habitat (Rohde 1999, Attrill *et al.* 2001), heterogeneidade do habitat (Pianka 1966), extremidade ambiental (Gray 1997), interações tróficas (Hansson *et al.* 1998), produtividade (Latham & Ricklefs 1993), assim como contigência histórica (Latham & Ricklefs 1993, Gray 1997). Muitos autores concordam que não existe um mecanismo geral atuando sobre os padrões, mas sim um conjunto destes (Latham & Ricklefs 1993, Begon *et al.* 1996, Currie *et al.* 1999, Gaston, 2000, Attrill *et al.* 2001, Willis & Whittaker 2002, Ricklefs 2003, Townsend *et*



al. 2006). A falta de testes de hipóteses que venham somar aos dados já existentes, assim como a aplicação de metodologias padronizadas em diferentes áreas geográficas dificultam e atrasam a obtenção de resultados confiáveis sobre a distribuição da diversidade biológica e seus processos no planeta (Currie *et al.* 1999).

Atualmente, as áreas prioritárias para conservação são definidas com base em *hotspots* em diversidade biológica, por estarem associadas a diferentes funções ecológicas e graus de ameaça (Myers 2000). Faz-se urgente o aperfeiçoamento de pesquisas que desvendem áreas de grande diversidade, assim como os mecanismos explicativos para que estratégias de conservação possam ser traçadas. Assim, a escolha de modelos ecológicos é condição *sine qua non* para que possamos aprofundar o conhecimento acerca da biodiversidade.

## **2.2. Distribuição de riqueza dos insetos galhadores**

Insetos galhadores perfazem uma sofisticada guilda caracterizada por desenvolver, em suas plantas hospedeiras, tecidos meristemáticos de melhor qualidade nutricional e livre de compostos de defesa em benefício do desenvolvimento de suas larvas (Ferreira *et al.* 1990, Rohfritsch & Shorthouse 1982, Price *et al.* 1987). Insetos galhadores são considerados parasitos, pois têm benefícios nessa relação ecológica causando somente impactos às suas plantas hospedeiras (Price *et al.* 1987, Andrade *et al.* 1995, Larson 1998, Florentine *et al.* 2005). Além disso, são espécie-específicos, ou seja, cada espécie de inseto ocorre em apenas uma espécie de planta-hospedeira, com raríssimas exceções (Fernandes & Price 1992, Price *et al.* 1998, Carneiro *et al.* 2009).

Os insetos galhadores provavelmente surgiram por pressões seletivas diferenciais que favoreceram mais esta guilda que os insetos de vida livre, como exemplo: acesso a tecidos com boa qualidade nutricional, proteção contra estresse higrotérmico e inimigos naturais (Price *et al.* 1987). Como as pressões diferenciais são distintas, variando de acordo com as condições bióticas e abióticas dos ecossistemas em que os insetos galhadores estão inseridos, ocorre uma distribuição heterogenia da riqueza em escala local, regional e global (Price *et al.* 1998). Vários trabalhos tentaram elucidar, por meio de hipóteses, como os insetos galhadores se distribuem no espaço/tempo e quais os mecanismos responsáveis por essa distribuição (Fleck & Fonseca 2007).

Como vimos, de forma geral, entende-se que quanto menor a altitude, maior a riqueza de espécies (Pianka 1966, Gray 1997, Lomolino 2001). Correlacionando os

dados de Reijnvaan & Docters van Leeuwen (1926) relativos a riqueza de insetos galhadores com as altitudes correspondentes da Indonésia, Fernandes & Lara (1993) encontraram forte e negativa correlação entre a riqueza de insetos galhadores e a altitude. Entretanto, Fernandes & Price (1988) e Lara *et al.* (2002) comparando o efeito da altitude sobre a riqueza de insetos galhadores em ambientes xéricos e méxicos, obtiveram uma correlação negativa entre as duas variáveis somente em ambientes xéricos. Os autores argumentam que a maior riqueza de insetos galhadores está mais associada às vegetações escleromórficas características de ambientes xéricos do que com a altitude, *per se*. Além disso, de acordo com a hipótese do estresse higrótérmico, em ambientes sob estresse, a guilda de insetos galhadores teria vantagens por uma menor pressão de inimigos naturais como predadores e fungos. A vegetação escleromórfica, comuns em ambientes sob este estresse, é rica em compostos fenólicos fornecendo proteção a guilda de insetos galhadores contra predadores (Fernandes & Price 1988). Vários trabalhos corroboram essa hipótese (Fernandes & Price 1988, Fernandes & Lara 1993b, Price *et al.* 1998, Lara *et al.* 2002, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b). Entretanto, trabalhos realizados por Blanche (2000), Blanche & Ludwig (2001) e Veldtman & Mcgeoch (2003) obtiveram resultados inversos, ou seja, uma maior riqueza de insetos galhadores em ambientes méxicos. Provavelmente, a presença de táxons super-hospedeiros, concentradores de insetos galhadores, podem ter obscurecido o padrão nestes estudos.

A hipótese da densidade de plantas prediz que quanto maior o número de plantas numa área, maior a riqueza de insetos galhadores. Insetos galhadores, por serem espécie-específicos, são diretamente influenciados pela composição de plantas da comunidade. Alguns taxons podem concentrar uma elevada riqueza de insetos galhadores (Fernandes & Price 1988, Fernandes *et al.* 1996, Blanche 2000). Portanto, a riqueza de insetos galhadores pode estar mais associada à composição da comunidade vegetal do que a densidade de plantas (Fernandes & Price 1988, Price 1992, Blanche & Westbody 1995, Fernandes *et al.* 1996, Blanche 2000). Apesar disso, alguns estudos corroboraram a hipótese de densidade de plantas mostrando uma correlação positiva entre a densidade de plantas e riqueza de insetos galhadores (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004).

A hipótese da riqueza de plantas prediz que quanto maior a riqueza de plantas, maior a riqueza de insetos galhadores. Quanto maior a riqueza de plantas maior a riqueza de plantas hospedeiras em potencial. Alguns estudos corroboraram essa hipótese

(Wright & Samways 1996; 1998; Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001; Oyama *et al.* 2003, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b). Já Fernandes & Price *et al.* (1988) encontraram uma fraca correlação entre as duas variáveis. Outros autores não encontraram uma correlação (Blanche 2000, Lara *et al.* 2002), enquanto Cuevas-Reyes *et al.* (2003) encontraram uma correlação negativa. Da mesma forma que a hipótese da densidade de plantas, a hipótese da riqueza de plantas é fortemente influenciada pela composição de espécies vegetais. A presença ou ausência de táxons super-hospedeiros pode obscurecer os resultados destes padrões (Fernandes & Price 1988, Price 1992, Blanche & Westbody 1995, Fernandes *et al.* 1996, Blanche 2000).

Quanto menor o grau de latitude, maior a riqueza de espécies (Dobzhansky 1950; Fischer 1960, Pianka 1966, Rapoport 1975, Gaston 2000, Attrill *et al.* 2001). Como os insetos galhadores são espécie-específicos, esperava-se que houvesse uma maior riqueza em regiões equatoriais uma vez que estas regiões são mais ricas em espécies vegetais. Entretanto, em dois trabalhos seminais, Price *et al.* (1998) e Wright & Samways (1998), encontraram uma maior riqueza de insetos galhadores em latitudes intermediárias, entre 23° e 45°. Ambos argumentam que existe uma associação entre o grau de esclorofilia da vegetação e uma maior concentração de riqueza de insetos galhadores (Fernandes & Price 1988). A vegetação escleromórfica estaria associada a riqueza de insetos galhadores por terem folhas e galhos longevos, por estarem inseridas em um ambiente desfavorável aos insetos de vida livre e fungos (inimigos naturais), pela capacidade dos insetos galhadores de contornar a toxicidade das plantas escleromórficas e em consequência de seu lento crescimento dispõem de uma maior concentração de aminoácidos em seus tecidos (Fernandes & Price 1988).

A hipótese do vigor foi proposta por Price (1992) e prediz que herbívoros seriam mais abundantes em plantas com rápido crescimento e que atingem um maior tamanho quando comparados à média. Juntamente com a hipótese do estresse higrótico, são as duas hipóteses mais utilizadas para responder padrões de riqueza de insetos herbívoros (Cornelissen *et al.* 2008). Entretanto, na mais recente revisão e utilizando cálculos de meta-análise, Huberty & Deno (2004), demonstrou que o estresse hídrico é um fraco fator explicativo para a abundância de insetos herbívoros. Já Cornelissen *et al.* (2008), em recente meta-análise, demonstrou que insetos herbívoros são mais abundantes em plantas mais vigorosas sendo que quando as análises foram feitas separadamente, o efeito do vigor foi mais forte na guilda de sugadores, minadores e insetos galhadores.

A hipótese da arquitetura da planta prediz que quanto maior for a complexidade arquitetônica da planta, maior a riqueza e abundância de insetos herbívoros associados (Lawton & Schröder 1977, Lawton 1983). Trabalhando com insetos galhadores, em áreas de matas estacionais decíduas do México, Cuevas-Reyes *et al.*(2004b) registraram uma maior riqueza de insetos galhadores em árvores que arbustos em ambientes méxicos, o inverso em ambientes xéricos, sendo que árvores e arbustos concentraram mais galhas do que ervas nos dois ambientes. Em trabalho com a espécie *Baccharis pseudomyriocephala* (Asteraceae), Araújo *et al.*(2006) encontraram uma influência positiva da complexidade arquitetônica de indivíduos de *Baccharis pseudomyriocephala* e a riqueza, abundância e sobrevivência das espécies de insetos galhadores associados. Trabalhando com 17 espécies do gênero *Baccharis* (Asteraceae), Espírito-Santo *et al.* (2007) encontraram uma correlação positiva entre algumas variáveis de arquitetura da planta e a riqueza de insetos galhadores. Propuseram que a diferença na riqueza de insetos galhadores entre as espécies de *Baccharis* pode estar relacionada à fatores interespecíficos como a disponibilidade de tecidos jovens e ainda indiferenciados. Os autores também propõem que a arquitetura das plantas deve ter uma importante função no processo evolutivo de especiação. Plantas com arquiteturas semelhantes podem ter possibilitado processos de especiação simpátricos por meio de equívocos na escolha do hospedeiro. Já, Gonçalves Alvim & Fernandes (2001) registraram maior riqueza de insetos galhadores em árvores do que em arbustos e ervas. Entretanto, só houve diferença significativa entre ervas e árvores. Já Lara *et al.* (2002) não encontraram diferenças significativas entre a riqueza de insetos galhadores em arbustos e árvores. No mesmo estudo, a riqueza de insetos galhadores diferiu entre árvores e ervas, e entre arbustos e ervas.

Ademais, Fonseca & Benson (2003) propuseram uma nova hipótese. Essa hipótese sugere que insetos herbívoros estão associados à diferentes fases de desenvolvimento ontogenético. Prediz que árvores, por possuírem mais fases de desenvolvimento ontogenético quando comparadas à arbustos, ervas e lianas, hospedariam uma maior riqueza de insetos galhadores. Entretanto, essa riqueza não estaria associada a cada indivíduo simultaneamente, variando entre as fases de desenvolvimento da planta (Medianero & Barrios 2001, Medianero *et al.* 2003). Portanto, uma comunidade de árvores com indivíduos em várias fases de desenvolvimento ontogenético hospedaria uma maior riqueza de insetos associados. Fonseca *et al.* (2006.) testaram essa hipótese pela primeira vez, confirmando a

preferência de duas espécies de insetos galhadores em diferentes fases de desenvolvimento ontogenético da espécie *Cryptocarya aschersoniana* (Lauraceae). Entendemos que a hipótese da arquitetura e do desenvolvimento ontogenético não são excludentes, podendo ambas estarem atuando nos padrões de riqueza de insetos galhadores.

A hipótese da área de distribuição da planta hospedeira prediz que quanto maior for a área de distribuição da planta, maior a riqueza de insetos galhadores associados (Strong *et al.* 1984). Em nove espécies de plantas hospedeiras, Fernandes & Price (1988) não encontraram uma correlação entre suas áreas de distribuição e riqueza de insetos galhadores associados. Cornell & Washburg (1979) avaliando espécies de carvalho e insetos galhadores associados e Cuevas-Reyes *et al.* (2003) avaliando as mesmas relações em espécies de floresta tropical no México corroboraram essa hipótese, tendo encontrado maior riqueza de insetos galhadores em espécies de plantas hospedeiras de larga distribuição geográfica. Mais estudos são necessários para reforçar ou refutar essa hipótese. Uma das principais dificuldades para este teste de hipótese é a falta de informações básicas sobre áreas de distribuição de espécies vegetais em vários países, incluindo o Brasil. Mais pesquisas são necessárias para que, *a posteriori*, sofisticados testes de hipóteses possam ser realizados. Dados de herbário devem ser atualizados e disponibilizados para toda a comunidade científica.

A hipótese do tamanho do táxon prediz que táxons com maior número de representantes teriam uma maior riqueza de insetos galhadores associados. Muitos estudos no Brasil, Cerrado (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Campos Rupestres (Maia & Fernandes 2004), Mata Atlântica (Fernandes *et al.* 2001), Florestas Estacionais Deciduais Secas (Coelho *et al.* 2009), Floresta Sazonal Sub-tropical (Mendonça 2007), e no mundo, (Fernandes 1992, Blanch & Westody 1995) corroboram esta hipótese. Erros na escolha do hospedeiro poderiam levar a uma maior taxa de especiação, ou seja, quanto maior o número de representantes de um taxa maiores seriam as taxas de erro e consequentemente de especiação.

A hipótese da fertilidade de solo prediz que plantas com estresse nutricional possuem lento crescimento, devido a isso, maior disponibilidade de aminoácidos nos tecidos (White 1969). Alguns estudos corroboram essa hipótese (Blanche & Ludwing 2001, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004). Outros não encontraram uma correlação entre variáveis indicadoras de estresse do solo e uma maior riqueza de insetos galhadores (Blanche & Westoby 1995, Fernandes *et al.* 2000,

Cuevas-Reyes *et al.* 2003, Veldtman & Mcgeoch 2003). Mais pesquisas e testes de hipótese experimentais são necessários para responder se o fator explicativo para variação da riqueza de insetos galhadores é o estresse do solo ou essa variação está associada à características de vegetações escleromórficas.

A hipótese da sincronização de recursos foi proposta por Mendonça (2001) e prediz que a principal forma de especiação da guilda de insetos galhadores são equívocos na escolha do hospedeiro. Ambientes onde ocorrem fenômenos periódicos como fogo ou possuem ciclos fenológicos como perda de folhas, possuiriam uma maior taxa de especiação pelo fato das plantas rebrotarem sincronicamente quando o ambiente está favorável. Diante disso, Mendonça (2001) justifica a maior riqueza de insetos galhadores em ambientes xéricos com o argumento da sincronização dos recursos. Cuevas-Reys *et al.* (2004) corroboram essa hipótese tendo registrado mais galhas em ambientes xéricos. Trabalhando em matas estacionais decíduais sobre afloramentos de calcário, não esclerófila, Coelho *et al.* (2009) registraram uma elevada riqueza de insetos galhadores, sendo que 60% das galhas localizavam-se nas folhas, mesmo estas estando disponíveis somente durante seis meses de estação chuvosa. O processo de sincronização na rebrota das folhas pode estar relacionado com equívocos na troca de hospedeiros aumentando as taxas de especiação.

As hipóteses de riqueza de insetos galhadores não são excludentes podendo, cada uma, ser parte da explicação para os padrões locais, regionais e globais de distribuição. Algumas das hipóteses descritas podem, até mesmo, serem mecanismos explicativos para outras, a exemplo da hipótese da altitude que pode ser explicada por meio da hipótese do estresse higrotérmico. Mais pesquisas são necessárias para que os padrões se confirmem. Estudando insetos galhadores em dossel da região amazônica brasileira, Julião (2007) registrou uma elevada riqueza de insetos galhadores. Seus resultados ampliam as regiões de elevada riqueza de insetos galhadores de latitudes intermediárias, entre 23° e 45°, para regiões de 0 ° e 10 °. O aumento no esforço amostral por meio de metodologias padronizadas pode levar a alterações nos padrões de distribuição dos insetos galhadores hora estabelecidos, adicionando uma dose a mais ao caos sinérgico de seus *ecological drivers*.

### **2.3. Campos altitudinais**

Os campos altitudinais estão localizados de forma dispersa em regiões montanhosas do sudeste brasileiro, com maior representação florística e geográfica em

três diferentes platôs: Serra do Itatiaia - RJ (associada a Serra da Mantiqueira), Serra do Caparaó-MG e Serra dos Órgãos-RJ (associada a Serra do Mar). Outros centros menores ocorrem acima de Campos do Jordão (sul da Serra da Mantiqueira) e em vários picos isolados em Santa Catarina, Paraná, região da Serra do Mar no Rio de Janeiro e sudeste de Minas Gerais (Serra do Brigadeiro e Serra do Ibitipoca). Devido à altitude e exposição geográfica à frente fria polar do sudeste, os campos de altitude são considerados “pontos frios” em toda a América do Sul oriental (Safford 1999a).

Os campos de altitude são encontrados exclusivamente sobre rocha ígneas intrusivas ou blocos de rochas metafórficas (Safford 1999a). O clima é classificado como mesotérmico úmido pela classificação de Köppen, com médias variando entre 12-20°, com invernos moderados e verões úmidos e leves. São registradas freqüentes geadas assim como raros eventos de neve nos cumes das montanhas (Safford 1999 ab, Safford 2001, Safford 2007).

Os campos de altitude são um mosaico de arbustos (especialmente espécies de *Baccharis*, *Vernonia*, vários *Eupatorieae*, *Tibouchina*, *Leandra* e *Myrtaceae*) e pequenas árvores (por exemplo, *Escallonia*, *Weinmannia*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Maytenus*, *Roupala*) dentro de um conjunto contínuo de matriz de vegetação herbácea (*Cortaderia*, *Calamagrostis*, *Andropogon*, *Chusquea*.) A distribuição geral da vegetação nos campos de altitude é estreitamente controlada pela topografia local, a rede de drenagem, bem como a distribuição dos tipos de solo. A vegetação é considerada escleromórfica (Safford 1999 a b, Safford 2001, Safford 2007).

Estudos que envolvam biologia básica em regiões de campos de altitude ainda são considerados incipientes e o desconhecimento acerca dos recursos biológicos desses interessantes ecossistemas dificultam projetos de monitoramento e conservação da biodiversidade (Safford 1999a).

## 2.4. Objetivos gerais

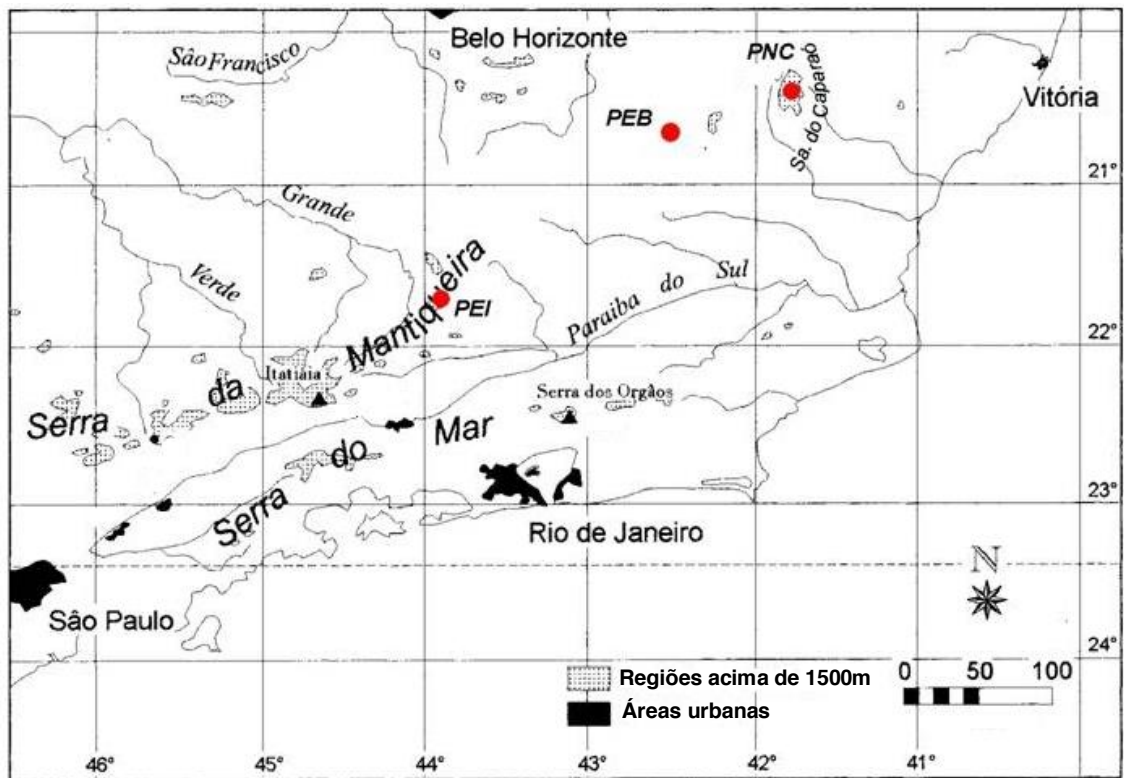
O objetivo deste estudo foi descrever a riqueza de morfotipos de galha por meio da caracterização de suas formas externas e os padrões de ocorrência nas plantas hospedeiras em campos de altitude de três regiões da Serra da Mantiqueira: Parque Estadual do Ibitipoca município de Conceição do Ibitipoca-MG, Parque Estadual do Brigadeiro município de Araçuaia - MG e Parque Nacional do Caparaó, município Alto Caparaó-MG (Figura 2.1 e 2.2). Além disso, testamos as seguintes hipóteses:

1) Hipótese do gradiente altitudinal (Fernandes & Price 1988, Fernandes & Lara 1993): prediz que a riqueza de insetos galhadores diminui com a altitude.

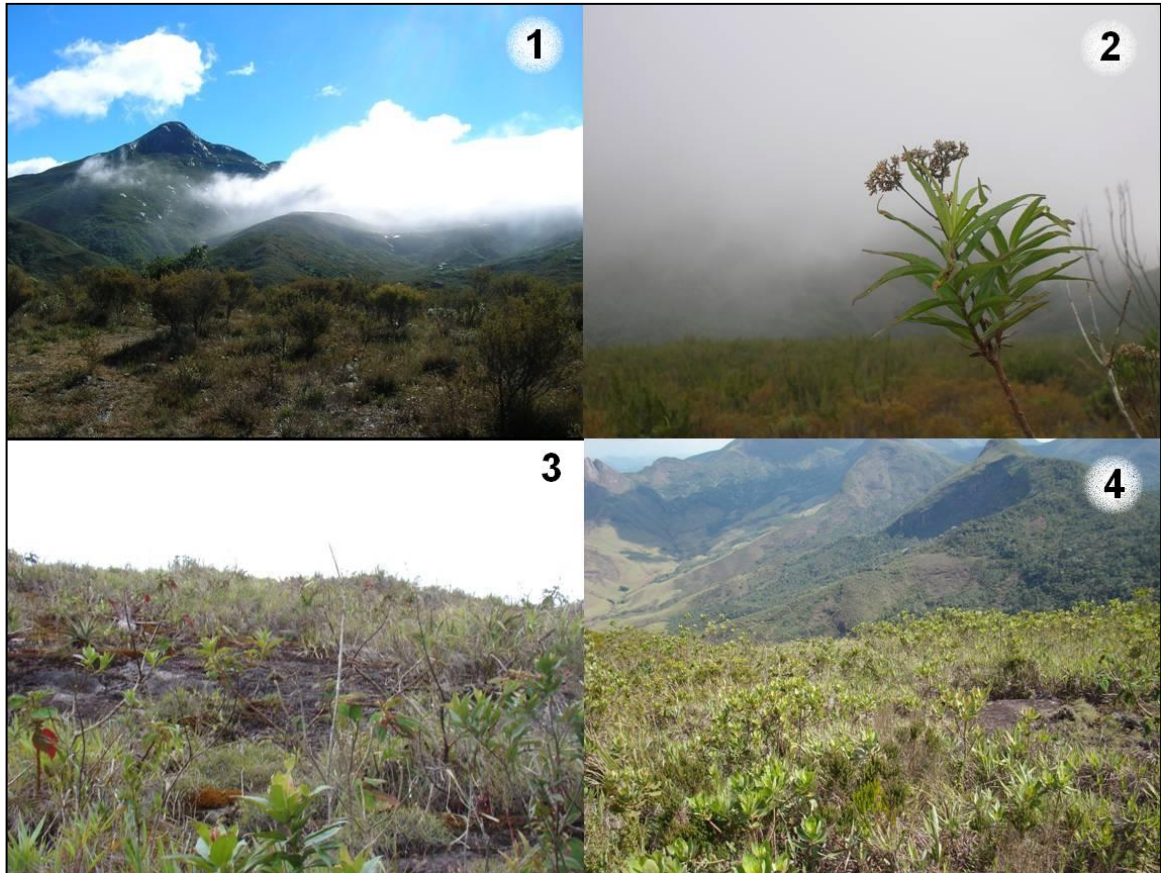
2) Hipótese da riqueza de plantas (Wright & Samways 1996, 1998, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Oyama *et al.* 2003, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b): prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a riqueza de plantas.

3) Hipótese da densidade de plantas (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004): prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a densidade de plantas.





**Figura 2. 1.** Mapa da Serra da Mantiqueira com destacas para as três áreas amostrais PEI (Parque Estadual do Ibitipoca), PEB (Parque Estadual do Brigadeiro) e PNC (Parque Nacional do Caparaó). Modificado de Safford (1999).



**Figura 2.2.** Fotos de campos de altitude: 1-2 (Parque Nacional do Caparaó), 3-4 (Parque Estadual do Brigadeiro).

## 2.5. Referências

- Andrade, G. I.; M. S. Ivoneide; G. W. Fernandes & V. L. Scatena. 1995. Aspectos biológicos das galhas de *Tomoplagia rudolphi* (Díptera: Tephritidae) em *Vernonia polyanthes* (Asteraceae). **Rev. Brasil. Biol** **55**: 819-829.
- Araujo, A. P. A.; J. D. Paula; M. A. A. Carneiro & J. H. Schoereder. 2006. Effects of host plant architecture on colonization by galling insects. **Austral Ecology** **31**:343-348.
- Attrill, M. J.; R. Stafford & A. A. Rowden. 2001. Latitudinal diversity patterns in estuarine tidal flats: indications of a global cline. **Ecography** **24**: 318-324.
- Begon, M.; J. L. Harper & C. R. Townsend. 1996. **Ecology: individuals, populations, communities**, 3<sup>a</sup> ed. Sunderland Associates, Sunderland. 986p.
- Blanche, K. R. 2000. Diversity of insect-induced galls along a temperature-rainfall gradient in the tropical savannah region of the Northern Territory, Australia. **Austral Ecology** **25**: 311-318.
- Blanche, K. R. & J. A. Ludwig. 2001. Species richness of gall-inducing insects and host plants along altitudinal gradient in Big Bend National Park, Texas. *American Midland Naturalist* **145**: 219-232.
- Blanche, K. R. & M. Westoby. 1995. Gallforming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. **Ecology** **76**: 2334-2337.
- Carneiro, M. A. A.; C. S. A. Branco ; C. E. D. Braga; E. D. Almada; M. B. M. Costa; G. W. Fernandes & V. C. Maia. 2009. Are gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) host plant specialists? **Revista Brasileira de Entomologia**. (Submetido)
- Cornell, H.V. & O. Washburn. 1979. Evolution of the richness area correlation of cynipid gall wasps on oak trees: a comparison of two geographic areas. **Evolution** **33**: 257-274.
- Cuevas-Reyes, P.; C. Siebe; M. Martínez-Ramos & K. Oyama. 2003. Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. **Biodiversity and Conservation** **12**: 411-422.
- Cuevas-Reyes, P.; M. Quesada; C. SIEBE & K. Oyama 2004a. Spatial patterns of herbivory by gall-forming insects: a test of the soil fertility hypothesis in a Mexican tropical dry forest. **Oikos** **107**: 181-189.

- Cuevas-Reyes, P.; M. Quesada,; P. Hanson,; R. Dirzo & K. Oyama,. 2004b. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: the importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density. **Journal of Ecology** **92**:707-716.
- Currie, D. J.; P. Francis, & J. T. Kerr, 1999. Some general propositions about the study of spatial patterns of species richness. **Écoscience** **6**: 392-399.
- Cornelissen, T.; G. W. Fernandes & J. Vasconcelos-Neto. Size does matter: variation in herbivory between and within plants and the plant vigor hypothesis. **Oikos** **117**: 1121-1130, 2008.
- Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. **American Scientist** **38**:209-221.
- Espirito-Santo, M. M.; F. S. Neves; F. R. Andrade-Neto & G. W. Fernandes. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. **Oecologia** **153**: 353–364, 2007.
- Fernandes, G.W. 1992. Plant family and age effects on insular gall-forming species richness. **Globally ecology and biogeography letters** **2**: 71-74.
- Fernandes, G. W.; M. A. A. Carneiro; A. C. F. Lara; L. R. Allain; G. R. Julião; G. I. Andrade; T. R. Reis & I. M. Silva. 1996. Gallling insects on neotropical species of *Baccharis* (Asteraceae). **Tropical Zoology** **9**: 315-332.
- Fernandes, G. W. & A. C. F. Lara. 1993. Diversity of Indonesian gall-forming herbivores along altitudinal gradients. **Biodiversity Letters** **1**:186-192.
- Fernandes, G. W. & A. C. F. Lara. 1993b. The Geography of galling insects and the mechanisms that result in patterns. *In*: P. W. Price; W. J. Mattson & Y.N. Baranchikov (eds.), *The ecology and evolution of gall-forming insects*. General Technical Report NC-174. United States Department of Agriculture, p. 42-47.
- Fernandes, G. W.; G. R. Julião; R. C. Araújo; S. C. Araújo; J. A. Lombardi, D. Negreiros, & M. A. A. Carneiro. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. **Naturalia** **26**: 211-244.
- Fernandes, G.W. & P. W. Price. 1988. Biographical gradients in galling species richness. Test of hypotheses. **Oecologia** **76**:161-167.
- Fernandes, G. W. & P. W. Price. 1992. The adaptative significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. **Oecologia** **90**:14-20.

- Ferreira, A. S.; G. W. Fernandes & L. G. Carvalho. 1990. Biologia e história natural de *Euphaleurus ostreoides* (Homóptera: Psyllidae) cecidógeno de *Lonchocarpus guilleminianus* (Leguminosae). **Rev. Brasil. Biol** **50**: 417-423.
- Fleck, T. & C. R. Fonseca. 2007. Hipótese sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis-intra-específico, interespecífico e de comunidade. **Neotropical Biology and Conservation** **2**: 36-45.
- Florentine, S. K.; A. Raman & K. Dhileepan. 2005. Effects of gall induction by *Epiblema strenuana* on gas exchange, nutrients, and energetics in *Parthenium hysterophorus*. **BioControl** **50**: 787-801.
- Fisher, A.G. 1960. Latitudinal variation in organic diversity. **Evolution** **14**:64-81.
- Fonseca, C. R. & W. W. Benson. 2003 Ontogenetic succession in Amazonian ant-trees. **Oikos** **102**: 407-412.
- Fonseca, C. R.; T. Fleck, & G. W. Fernandes. 2006. Processes driving ontogenetic succession of galls in a canopy tree. **Biotropica** **38**: 514-521.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. **Nature** **405**: 220-227.
- Gonçalves-Alvim, S. J. & G. W. Fernandes. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation** **10**: 79-98.
- Gray, J. S. 1997. Marine biodiversity: patterns, threats and conservartion needs. **Biodiversity and Conservation** **6**: 153-175.
- Hansson, L.-A.; H. Annadotter; E. Bergman; S. F. Hamrin; E. Jeppesen; T. Kairesalo; E. Luokkanen; P. A. Nilsson; M. Sondergaard & J. Strand. 1998. Biomanipulation as an application of food chain theory: constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes. **Ecosystems** **1**: 558- 574.
- Huberty, A. F. & R. F. Denno, 2004. Plant water stress and its consequences for herbivorous insects \_ a new synthesis. **Ecology** **85**: 1383\_1398.
- Julião, G. R. 2007. Riqueza e abundância de insetos galhadores associados ao dossel de florestas de terra firme, várzea e igapó da Amazônia Central. (Tese de doutorado). Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA.
- Lara, A. C. F.; G. W. Fernandes & S. J. Goncalves- Alvim. 2002. Tests of hypotheses on patterns of gall distribution along an altitudinal gradient. **Tropical Zoology** **15**: 219-232.
- Larson, K. C. 1998. The impact of two gall-forming arthropods on the photosynthetic rates of their hosts. **Oecologia** **115**: 161-166.

- Latham, R. E. & R. E. Ricklefs. 1993. Global patterns of tree species richness in moist forests: energy-diversity theory does not account for variation in species richness. **Oikos** **67**: 325-333.
- Lawton, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology** **28**:23-29.
- Lawton, J. H. & D. Schröder, 1977. Effects of plant type, size of geographical range and taxonomic isolation on number of insect species associated with British plants. **Nature** **265**:137-40.
- Lomolino, M. V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology & Biogeography** **10**: 3-13.
- Maia, V. C. & G. W. Fernandes. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia** **6**: 423-445.
- Medianero, E.; A. Valderrama & H. Barrios. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical. **Acta Zoológica Mexicana** **89**:153-168.
- Medianero, E. & H. Barrios. 2001. Riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y sotobosque de dos zonas ecológicas en Panamá. **Scientia (Panamá)** **16**:17-42.
- Mendonça, M. S. 2001. Galling insect diversity: the resource synchronisation hypothesis. **Oikos** **95**:171-176.
- Mendonça, M. S. 2007. Plant diversity and galling arthropod diversity searching for taxonomic patterns in an animal-plant interaction in the neotropics. **Boletín Sociedad Argentina Botánica** **42**: 347-357.
- Myers N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- Oyama, K.; M. A. Pérez-Pérez; P. Cuevas-Reyes & R. Luna-Reyes. 2003. Regional and local species richness of gall-inducing insects in two tropical rain forests in Mexico. **Journal of Tropical Ecology** **19**: 595–598.
- Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. **American Naturalist** **100**:33-46.
- Price, P. W. 1992. Evolution and ecology of gall-inducing sawflies. Pages 208-224 in J. D. Shorthouse and O. Rohfritsch, editors. **Biology of insect-induced galls**. Oxford University Press, New Yourk, USA.

- Price, P. W.; G. W. Fernandes; A. C. F. Lara; J. Brawn,; H. Barrios; M. G. Wright; S. P. Ribeiro & N. Rothcliff. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. **Journal of Biogeography** **25**:581-591.
- Price, P. W.; G. W. Fernandes & G. L. Waring. 1987. Adaptive nature of insect galls. **Environmental Entomology** **16**: 15-24.
- Ricklefs, R. E. 2003. **A economia da natureza**, 5<sup>a</sup> ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 436p.
- Rohde, K. 1999. Latitudinal gradients in species diversity and Rapoport's rule revisited: a review of recent work and what can parasites teach us about the causes of the gradients? **Ecography** **22**: 593-613.
- Rohfritsch, O. & J. D. Shorthouse. **Insect galls**. In KAHL, G. and SCHELL, J. S. *Molecular biology of plant tumors*. New York: Academic Press, 1982, vol 1, p. 131-152.
- Safford, H. D. 1999a. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography** **26**: 693-712.
- Safford, H. D. 1999b. Brazilian Pa'ramos II. Macro- and mesoclimate of the *campos de altitude* and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. *Journal of Biogeography* **26**, 713–737.
- Safford, H. D. 2001. Brazilian Paramos. III. Patterns and Rates of Postfire Regeneration in the Campos de Altitude. **Biotropica** **33**: 282–302.
- Safford, H. D. 2007. Brazilian Paramos. IV. Phytogeography of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*. **Journal of Biogeography** **34**: 1701–1722
- Strong, D. R.; J. H. Lawton & R. Southwood. 1984. Insects on plants. Community patterns and mechanisms. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 313 p.
- Townsend, C. R.; M. Begone; J. L. Harper. 2006. **Fundamentos em ecologia**, 2<sup>a</sup> ed. Artmed, Porto Alegre. 592p.
- Veldtman, R. & M. A. McGeoch. 2003. Gall-forming insect species richness along a nonscleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: The importance of plant community composition. **Austral Ecology** **28**:1-13.
- Willis, K. J. & R. J. Whittaker. 2002. Species diversity – scale matters. **Science** **295**: 1245-1248.
- Wright, M. G. & M. J. Samways. 1996. Gall insect species richness in African Fynbos and Karoo vegetation: the importance of plant species richness. **Biodiversity Letters** **3**:151-155.

Wright, M. G. & M. J. Samways. 1998. Insect species richness tracking plant species richness in a diverse flora: gall-insect in the Cape Floristic Region, South Africa. **Oecologia** **115**:427-433.



### 3. Capítulo 1

## Insetos galhadores em arbustos de campos de altitude da Serra da Mantiqueira- Brasil



### **3.1. RESUMO. Insetos galhadores em arbustos de campos de altitude da Serra da Mantiqueira-Brasil**

A riqueza de Insetos galhadores é alta no sudeste do Brasil. Todavia, existem ainda inúmeras áreas a serem estudadas. O objetivo deste estudo foi descrever a riqueza de insetos galhadores e suas plantas hospedeiras na Serra da Mantiqueira - Brasil. As amostragens foram realizadas em campos rupestres e altitudinais de três regiões da Serra da Mantiqueira 1) campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro, município de Araçuaia - MG e 2) Parque Nacional do Caparaó, município Alto Caparaó-MG e em campos rupestres do 3) Parque Estadual do Ibitipoca, município de Conceição do Ibitipoca-MG. Foram registradas 83 espécies de insetos galhadores em 15 famílias, 27 gêneros e 42 espécies de plantas hospedeiras. A riqueza de insetos galhadores para a região do Parque Estadual do Ibitipoca foi 31, para o Parque Estadual do Brigadeiro foi 39 e para o Parque Nacional do Caparaó foi 15. As famílias que concentraram maior riqueza de insetos galhadores foram Asteraceae com 50,6% e Melastomataceae com 19,2%. A família Cecydomiidae (Diptera) foi a mais frequente representando 82% do total de insetos amostrados. O órgão mais atacado foi o caule (48 %) seguido de folha (37 %). Apenas 12% das galhas descritas neste estudo foram relatadas em trabalhos anteriores, reforçando a necessidade em aumentar o esforço amostral na direção de um maior conhecimento sobre a riqueza e história natural dos insetos galhadores no Brasil.

**Palavras chaves:** biodiversidade, biogeografia, herbivoria, planta hospedeira, altitude.

### **3.2. ABSTRACT. Gall inducing insects in shrubs of campos de altitude from Serra da Mantiqueira-Brazil**

The richness of galling insects is high in southeastern Brazil. However, there are a lack of surveys in many areas. The aim of this study was to describe the richness of galling insects and their host plants from Serra da Mantiqueira - Brazil. Samplings were carried out in campos de altitude from three regions of Serra da Mantiqueira 1) campos de altitude of Brigadeiro State Park, in Araçuaia - MG and 2) Caparaó National Park, in Alto Caparaó-MG and 3) Rupestrian fields of Ibitipoca State Park, in Conceição do Ibitipoca-MG. There were found 83 species of gall inducing insects in 15 families, 27 genera and 42 species of host plants. The richness of galling insects from Ibitipoca State Park was 31, for the Brigadeiro State Park was 39 and 15 in the Caparaó National Park. The two families, Asteraceae (50,6%) and Melastomataceae (19,2%), hosted the highest number of gall morphotypes. The family Cecydomiidae (Diptera) was the most frequent, accounting for 82% of insects sampled. The most attacked organ was the stem (48%) followed by leaf (37%). Only 12% of the galls described in this study were reported in previous studies, reinforcing the need to increase the sampling effort in order to better understand the richness and natural history of galling insects in Brazil.

**Key words:** biodiversity, biogeography, herbivory, host-plant, altitude.

### 3.3. INTRODUÇÃO

As galhas são produzidas por um aumento no tamanho (hipertrofia) e/ou número de células vegetais (hiperplasia) resultando em estruturas simétricas em um ou mais órgãos da planta hospedeira (Mani 1964, Raman 2007). As galhas podem ser consideradas como uma extensão do fenótipo do indutor, uma vez que suas características morfológicas dependem do genótipo do indutor assim como de variáveis ambientais como calor, umidade, solo, etc (Weis *et al.* 1988). Galhas podem ser induzidas por bactérias, fungos, algas, nematóides, rotíferos, copépodos, plantas (Loranthaceae), mas aquelas mais comuns são induzidas por insetos (Raman 2005, Fernandes *et al.* 2009). A relação entre o inseto indutor de galha e a planta hospedeira é classificada como uma relação parasítica, pois o inseto causa modificações estruturais e fisiológicas na planta afetando negativamente seu vigor (Price *et al.* 1986, Price *et al.* 1987). A planta hospedeira não é compensada com nenhum benefício diante dessa relação ecológica. Em contrapartida, o inseto galhador estabelece uma relação fonte-dreno, estando seu desempenho na dependência de sua localização na planta hospedeira (Price *et al.* 1986, Price *et al.* 1987, Larson & Whitham 1997). Por todas essas características, os insetos galhadores são considerados os mais sofisticados herbívoros e capazes de manipular a planta hospedeira em seu benefício (Abrahamson & Weis 1997; Shorthouse *et al.* 2005).

Estimativas mais recentes apontam para uma riqueza em torno de 130.000 espécies de insetos galhadores no planeta diante de aproximações que variam de 5 a 30 milhões de espécies de insetos (Espírito-Santo & Fernandes 2007). Apenas 159 espécies de cecidomyiidae foram descritas para o Brasil, não obstante à elevada riqueza de morfotipos de galhas registradas para os vários ecossistemas brasileiros (Maia 2005). No Brasil, são poucos os trabalhos realizados envolvendo história natural e descrições de morfotipos de galhas diante da grande riqueza de ecossistemas. Alguns ecossistemas foram amostrados apenas recentemente, enquanto outros ainda aguardam pesquisas (Coelho *et al.* 2009). Não temos conhecimento de quaisquer estudos realizados em campos altitudinais e rupestres na Serra da Mantiqueira.

Os campos situados em altas altitudes foram denominados por Barreto (1949) de “campos alpinos” e por Rizzini (1963) de “campos altimontanos”. Todavia, essas classificações englobam ecossistemas que apesar de serem fisionomicamente semelhantes, diferem quanto às características litológicas, origens geológicas, matriz do entorno, assim como características biológicas, a exemplo da composição florística

(Rizzini 1979). Devido a tais diferenças, os campos situados em elevadas altitudes foram subdivididos em “campos quartizíticos” e “altimontanos” por Rizzini (1979) e posteriormente em “campos rupestres” e “campos de altitude” por Ferri (1980).

Os campos rupestres são formados predominantemente por rochas como quartzitos e arenitos e estão associados predominantemente ao bioma cerrado, embora possam ocorrer imersos em matrizes de outros biomas (Caiafa & Silva 2005). Já os campos altitudinais ocorrem predominantemente sobre rochas graníticas e encontram-se inseridos numa matriz de mata atlântica (Moreira & Camelier 1977). A vegetação de ambas as fisionomias são predominantemente dominadas por ervas e arbustos sendo Asteraceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Bromeliaceae as famílias mais comuns nos campos de altitude e Asteraceae, Xyridaceae, Velloziaceae, Cyperaceae e Melastomataceae as famílias mais comuns nos campos rupestres (Martinelli 2007).

Além de importância biológica e geológica, ambientes montanhosos do sudeste brasileiro são regiões de cabeceiras de rios, como exemplo, os campos de altitude associados à Serra do Mar e Serra da Mantiqueira são responsáveis pelo abastecimento de 25 % da população brasileira o que justifica, *per se* sua conservação (Safford 1999). Somando-se, campos rupestres e campos de altitude da Serra da Mantiqueira e suas disjunções estão associados ao bioma Cerrado e ao bioma Mata Atlântica, dois *hotspots* em biodiversidade (Mayer 2000).

O objetivo deste estudo foi descrever a riqueza de morfotipos de galha por meio da caracterização de suas formas externas e os padrões de ocorrência nas plantas hospedeiras. Este trabalho é parte de um esforço em descrever a história natural de insetos galhadores associados a suas plantas hospedeiras nos campos rupestres e campos de altitude brasileiros.

### 3.4. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas em campos rupestres e altitudinais de três regiões da Serra da Mantiqueira: 1) campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro, município de Araponga - MG e 2) Parque Nacional do Caparaó, município Alto Caparaó-MG e em campos rupestres do 3) Parque Estadual do Ibitipoca, município de Conceição do Ibitipoca-MG.

O Parque Estadual do Brigadeiro localiza-se na zona da mata de Minas Gerais, entre os meridianos 42°20' e 42°40'S e os paralelos 20°20' e 21°00'W (Engevix 1995). Sua litologia é predominantemente constituída por formações graníticas (Machado-Filho *et al.* 1983). O clima é classificado como mesotérmico médio (CW<sub>b</sub>) sendo a temperatura média anual de 18°C e a precipitação de 1.300 mm. A vegetação predominante são fragmentos secundários de floresta estacional semi-decídua (Veloso *et al.* 1991) e campos de altitude (Ferri 1980). Em inventário florístico realizado em campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro for Caiafa & Silva (2005), foram registradas 81 espécies de plantas vasculares sendo Orchidaceae seguida de Asteraceae as famílias mais representativas.

O Parque Nacional do Caparaó está localizado entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo (20°25'S, 41°48'W) (Safford 2001). O solo é predominantemente formado por rochas metafórficas (Machado Filho *et al.* 1983). A temperatura média é de 10,5 °C enquanto a precipitação média de 1800 mm. A vegetação é composta por fragmentos secundários de floresta estacional semi-decidual e campos de altitude acima dos 2.250 m (Safford 2001).

O Parque Estadual do Ibitipoca está localizado no sudeste de Minas Gerais (21° 42' S e 43° 54' W). O solo é predominantemente quartizítico (CETEC 1983). Apresenta temperatura média de 18,9 °C e precipitação média de 1.395 mm (Lemos & Melo-Franco 1976). O clima da região é classificado como mesotérmico úmido (classificação de Köppen) (CETEC 1983). Apresenta diferentes fitofisionomias: campo gramíneo, campo rupestre, campo com arbustos e arvoretas além de capões de mata (Andrade & Souza 1995). Estudos florísticos prévios demonstraram a grande importância da região por concentrar alta biodiversidade e um elevado número de espécies endêmicas (Rodela 1998).

As amostragens foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Fernandes *et al.* (1988). Para cada região, foram escolhidos dez pontos em diferentes altitudes e com vegetação herbácea-arbustiva (Tabel 3.1). Foram excluídas das

amostragens áreas de mata, áreas próximas às trilhas ou com qualquer interferência antrópica visível. Para uma padronização, em cada ponto, foram amostrados a riqueza de galhas das cem primeiras plantas lenhosas de porte arbustivo (até 2 m de altura) por meio de contagem direta sobre a copa, totalizando 1.000 plantas por região e 3.000 plantas em todo o trabalho. Estudos prévios demonstram diferenças na riqueza de morfotipos de galhas em vegetação de diferentes arquiteturas enfocando a arquitetura da planta como um dos fatores explicativos de concentração de riqueza de insetos indutores de galhas, sendo arbustos, o tipo de vegetação que concentra maior riqueza de galhas (Fernandes *et al.* 1996, Price *et al.* 1997, Golçalves & Fernandes 2001).

A descrição do morfotipo de galha associada à identificação da espécie de planta-hospedeira é um indicativo confiável da riqueza de insetos indutores de galhas (Carneiro *et al.* 2009). Cerca de 95% das espécies de cecidomiídeos descritas no Brasil podem ser identificadas com base em sua forma externa associada à planta hospedeira em que ocorre, reforçando o uso dessa metodologia como confiável em estudos com insetos galhadores (Price *et al.* 1998, Blanche 2000, Cuevas *et al.* 2003, 2004; Oyama *et al.* 2003).

As galhas e plantas hospedeiras foram coletadas e trazidas para o laboratório para análises mais detalhadas. Todas as plantas e galhas foram montadas, identificadas e depositadas no Herbário (BHCB) do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Minas Gerais. A classificação das espécies hospedeiras seguiu a classificação proposta pelo “Angiosperm Phylogeny Group” (APGII 2003, ver também Souza & Lorenzi 2005). Galhas foram registradas somente uma vez em cada ponto de coleta para estimar a riqueza. As galhas foram fotografadas e categorizadas de acordo com a cor, forma, presença ou ausência de tricomas e de acordo com o órgão onde ocorreram. A identificação do insetos galhadores foi feita quando possível.

### 3.5. RESULTADOS

Num universo de 36 famílias, 96 gêneros e 157 espécies de plantas (Tabela 3.2), foram registradas 83 espécies de galhas induzidas por artrópodes em 15 famílias, 27 gêneros e 42 espécies de plantas hospedeiras (Tabela 3.2 e 3.3, Figura 3.1-6). A riqueza de insetos galhadores para a região do P. E. do Ibitipoca foi 31, para o P. E. do Brigadeiro foi 39 e para o P. N. do Caparaó foi 15. As famílias que concentraram maior riqueza de insetos galhadores foram às famílias mais frequentes. A família Asteraceae representou 28% das plantas coletadas seguida da família Melastomataceae que representou 19,1% das plantas coletadas, ambas concentraram 50,6 % e 19,2 %, das ocorrências de galhas, respectivamente (Tabela 3.4). Os gêneros que concentraram maior riqueza de galhas foram *Baccharis* (Asteraceae) seguido de *Tibouchina* (Melastomataceae) com 34% e 12%, respectivamente. As espécies com maior riqueza de galhas foram *Baccharis salzmanii* DC. (12%), *Baccharis platypoda* DC. (8%), *Baccharis reticularia* DC., (5%), *Baccharis serrulata* (Lam.) Pers. (5%) e *Tibouchina multiflora* Cogn. (5%). Os gêneros e espécies que concentraram maior riqueza de galhas pertencem às famílias de plantas com maior ocorrência, Asteraceae (28%) e Melastomataceae (19,1%), respectivamente. O número de insetos galhadores diferiu significativamente entre os taxa. Os táxons mais frequentes foram Cecydomiidae (Diptera) (82%), seguidas de Lepidoptera (8%), Homoptera (4%), Acarina (2%), Tephritidae (Diptera) (1%) e Fungi (1%). As formas de galhas mais frequentes foram intumescência (26%), globosa (17%), elíptica (12%), fusiforme (12%) e discóide (8%). O órgão mais atacado foi o caule (48 %) seguido de folha (37 %), gema apical (13%) e flor (1%). Setenta e oito por cento (78%) das galhas foram glabras.

### 3.6. DISCUSSÃO

Embora os avanços dos estudos com insetos galhadores realizados em diferentes biomas brasileiros seja evidente [Mata Atlântica (Fernandes *et al.* 2001; Mendonça 2007), Cerrado (Fernandes *et al.* 1988, Maia & Fernandes, 2004; Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Pantanal (Julião *et al.* 2002), Floresta Tropical Amazônica (Julião *et al.* 2005), Floresta Estacional Subtropical (Dalbem & Mendonça 2006); Restinga (Maia 2001, 2005, Maia *et al.* 2002; Mendonça 2007, Oliveira & Maia, 2005); Floresta Estacional Decidual Seca (Coelho *et al.* 2009)], este é o primeiro esforço em descrever a riqueza e parte da história natural dos insetos indutores de galhas de campos rupestres e altitudinais de regiões da Serra da Mantiqueira. Neste estudo, foram documentadas 83



espécies de insetos galhadores, sendo que apenas dez (12%) já haviam sido documentadas. Prévios estudos relatam *Baccharis platypoda* DC. (Tabela 2, Figura 1(h) com 1 galha (Fernandes *et al.* 1996); *Baccharis reticularia* DC. (Tabela 2, Figura 1(m,o) com 2 galhas (Carneiro *et al.* 2009); *Baccharis salzmanii* DC. (Tabela 2, Figura 2(a,d,f) com 3 galhas (Carneiro *et al.* 2009); *Eremanthus erythropappa* (DC.) Sch. Bip. (Tabela 2, Figura 3(g) com 1 galha (Fernandes *et al.* 1997); *Symphypappus brasiliensis* (Gardner) R.M. King & H. Rob. (Tabela 2, Figura 3(j) com 1 galha; *Croton buxifolius* (Baill.) Müll. Arg. (Tabela 2, Figura 3(o) com 1 galha (Carneiro *et al.* 2009); *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Tabela 2, Figura 5(c) com 1 galha (Carneiro *et al.* 2009).

O fato de apenas 12% das galhas descritas neste estudo já terem sido relatadas em trabalhos prévios, reforça a necessidade em aumentar o esforço amostral na direção de um maior conhecimento sobre a riqueza e história natural dos insetos galhadores.

A família Asteraceae e Melastomataceae são as mais frequentes em campos altitudinais e rupestres do Brasil (Martinelli 2007). Neste trabalho, a família Asteraceae também foi a mais freqüente, representando 28% do total de plantas coletadas, seguida da família Melastomataceae (19%). Estes resultados corroboram os dados de Safford (1999) para duas regiões de campos altitudinais (Itatia e Serra dos Órgãos). O autor demonstra que a família Asteraceae representa (20%) de toda a riqueza florística da região, enquanto o gênero *Baccharis* é responsável por 5%. Encontramos resultados semelhantes com Asteraceae representando 31% do total de plantas hospedeiras seguida de Melastomataceae (26%). Alguns estudos relatam uma maior riqueza de insetos galhadores em famílias e gêneros mais frequentes (Fernandes, 1992; Blanche & Westody, 1995). Famílias mais frequentes hospedariam uma maior riqueza de galhas. Para o sistema inseto indutor de galha-planta, equívocos na escolha do hospedeiro, filogeneticamente muito próximos, poderia levar a um aumento nas taxas de especiação em nível de gênero ou até mesmo em nível de família, resultando numa maior riqueza de espécies de insetos galhadores (Fleck & Fonseca, 2007). Alguns mecanismos como os expostos por Espírito-Santo *et al.* (2007) argumentam que variações na riqueza de insetos galhadores entre plantas hospedeiras podem ser dirigidas por diferenças inter-específicas na arquitetura das plantas por meio da disponibilidade de tecidos jovens e indiferenciados. Autores complementam que a arquitetura da planta pode ter sido um fator explicativo para a radiação de espécies em plantas com arquiteturas semelhantes. Táxons próximos filogeneticamente tendem a ter arquiteturas semelhantes. Em nosso estudo, a família Asteraceae concentrou 50% do total de galhas enquanto

Melastomatacea concentrou 19%, corroborando a hipótese do tamanho do taxa que prediz que as famílias mais ricas em espécies hospedam uma maior riqueza de insetos galhadores (Fernandes, 1992; Blanch & Westody, 1995). Estudos em outros ecossistemas brasileiros mostraram padrões semelhantes, Cerrado (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001), Campos Rupestres (Maia & Fernandes 2004), Mata Atlântica (Fernandes *et al.* 2001), Florestas Estacionais Deciduais Secas (Coelho *et al.* 2009), Floresta Sazonal Sub-tropical (Mendonça, 2007).

Apesar da família Asteraceae e Melastomataceae terem concentrado 69% da riqueza total de galhas, apenas dois gêneros, *Baccharis* (Asteraceae) (34%) e *Tibouchina* (Melastomataceae) (12%) foram responsáveis por 46% da riqueza total. Estudos têm demonstrado que alguns táxons concentram um grande número de galhas (Fernandes & Price 1988; Fernandes *et al.* 1996; Blanche 2000). Alguns gêneros têm sido considerados super-hospedeiros. Trabalhando com o gênero *Baccharis*, Fernandes *et al.* (1996) relataram 121 espécies de insetos galhadores em apenas 40 espécies de plantas hospedeiras, podendo, o gênero *Baccharis*, ser o taxa que hospede maior riqueza de insetos galhadores na região neotropical. Investigando correlações entre o efeito da fertilidade do solo e a riqueza de insetos galhadores em parques nacionais australianos, Blanche & Westbody (1995) encontraram uma correlação negativa, entretanto espúria. Os autores argumentam que o gênero *Eucalyptus* (Myrtaceae) é mais rico e abundante em ambientes inférteis e por concentrar uma elevada riqueza de insetos galhadores, seria a causa da maior riqueza destes nos solos inférteis. Outros gêneros são conhecidos por hospedarem uma grande riqueza de insetos galhadores, a exemplo de *Salix* (Salicaceae) e *Quercus* (Fagaceae) (Price 1992). Um dos fatores explicativos para os gêneros *Eucalyptus*, *Quercus* e *Salix* concentrarem uma elevada riqueza de insetos galhadores está no fato destes se recuperarem rapidamente a impactos como fogo, secas severas assim como intensa herbivoria (Price 1992; Blanche & Westbody, 1995). Todavia, mais estudos são necessários para se buscar fatores que expliquem a elevada riqueza de insetos galhadores associados aos gêneros *Baccharis* e *Tibouchina*.

Neste estudo, 82% das espécies de insetos galhadores pertencem à família Cecydomiidae (Diptera) reafirmando a grande riqueza de espécies dessa família no Brasil e também na região Neotropical (Gagné 1994; Fernandes *et al.* 2001; Julião *et al.* 2002; Cuevas-Reyes *et al.* 2004).

Estudos descritivos com insetos galhadores no Brasil possuem um padrão relacionado ao órgão da planta hospedeira mais atacado. Estudos em diferentes biomas


como Cerrado (Maia & Fernandes 2004), Mata Atlântica (Fernandes & Negreiros 2006), Pantanal (Julião *et al.* 2002), Matas Estacionais Deciduais (Coelho *et al.* 2009) apontam para uma maior riqueza de galhas nas folhas. Entretanto, neste estudo, 48% das galhas concentraram-se no caule, enquanto apenas 37% concentraram-se nas folhas. Estes resultados diferem da maioria dos estudos realizados até o momento. Trabalhando em campos rupestres ao longo da Cadeia do Espinhaço, Carneiro *et al.* (2009) também encontraram o mesmo padrão. Uma maior riqueza de galhas no caule. Os autores argumentam que os insetos hospedados no caule das plantas teriam uma maior resistência à danos mecânicos e a disponibilidade de tecidos com melhor qualidade nutricional (Carneiro *et al.* 2009, Veldtman & McGeoch 2003, Inbar *et al.* 2004; Price 2005). Proteção contra fatores externos é uma das principais pressões de seleção para a guilda de insetos galhadores (Price *et al.* 1987). Entretanto, não está claro porque somente os resultados de pesquisas realizadas em campos rupestres e campos de altitude mostraram este padrão de ocorrência no Brasil. Talvez, como estes locais estão mais expostos a fatores abióticos como vento, variações térmicas e alta frequência de fogo (Giulietti 1987, Giulietti 1997, Safford 1999, Safford 2001), diferente de outros biomas brasileiros, (Julião *et al.* 2002, Fernandes & Negreiros 2006) haja uma pressão seletiva diferencial que favoreça um maior número de galhas no caule. Todavia, estudos relacionados à mortalidade diferencial em insetos galhadores localizados em folhas e ramos são necessários para o teste dessa hipótese.

Este é o primeiro estudo realizado em campos altitudinais e campos rupestres da Serra da Mantiqueira. Sete prioridades para pesquisa e conservação em campos de altitude foram traçadas por Safford (1999), entre elas, o aumento do esforço em inventários faunísticos e florísticos. O pobre entendimento sobre os recursos biológicos das unidades de conservação e sobre o que é endêmico ou ameaçado dificulta o gerenciamento adequado dos recursos naturais além de impedir a elaboração de mapas e análises de endemismos, distribuição geográfica e padrões de diversidade, essenciais para a elaboração de estratégias de conservação. Assim, outros trabalhos são necessários para um maior conhecimento sobre a riqueza de insetos galhadores nessa área, dada à importância desta guilda para a conservação da biodiversidade e como importante modelo ecológico.

### 3.7. REFERÊNCIAS

- Abrahamson, W. G. & A. E. Weis. 1997. **Evolutionary ecology across three trophic levels: goldenrods, gallmakers and natural enemies**. New Jersey, Princeton University Press, xvi+456 p.
- Andrade, P. M. & H. C. Souza. 1995. Contribuição ao conhecimento da vegetação do Parque Estadual do Ibitipoca, Lima Duarte Minas Gerais. **Revista Árvore** **19**: 249-261.
- APGII. 2003. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APGII. **Botanical Journal of the Linnean Society** **141**: 399-436.
- Barreto, H. L. 1949. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. **Boletim de Geografia** **14**: 14-28.
- Blanche, K. R. 2000. Diversity of insect-induced galls along a temperature–rainfall gradient in the tropical savannah region of the Northern Territory, Australia. **Austral Ecology** **25**: 311–318.
- Blanche, K. R. & M. Westoby. 1995. Gall-forming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. **Ecology** **76**: 2334-2337.
- Caiafa, A. N. & A. F. Silva. 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais-Brasil. **Rodriguésia** **56**: 163-173.
- Carneiro, M. A. A.; C. S. A. Branco ; C. E. D. Braga; E. D. Almada; M. B. M. Costa; G. W. Fernandes & V. C. Maia. 2009. Are gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) host plant specialists? **Revista Brasileira de Entomologia**. (Submetido)
- Cetec. 1983. Diagnóstico ambiental de Minas Gerais. Belo Horizonte. Secretaria do Meio Ambiente de Minas Gerais.
- Coelho, M. S.; E. D. Almada; G. W. Fernandes, M. A. A. Carneiro, R. M. Santos; A. V. Quintino & A. Sanchez-Azofeifa. 2009. Gall inducing arthropods from a seasonally dry tropical forest in Serra do Cipó, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**.(Aceito para publicação)
- Cuevas-Reyes, P.; C. Siebe; M. Martínez-Ramos & K. Oyama. 2003. Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. **Biodiversity and Conservation** **12**: 411–422.

- Cuevas-Reyes, P.; M. Quesada; P. Hanson; R. Dirzo & K. Oyama. 2004. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry Forest: the importance of plant species richness, life forms, host plant age and plant density. **Journal of Ecology** **92**: 707-716.
- Dalbem, R. V. & M. S. Mendonça. 2006. Diversity of galling arthropods and host plants in a subtropical forest of Porto Alegre, Southern Brazil. **Neotropical Entomology** **35**: 616-624.
- Espírito-Santo, M. M. & G. W. Fernandes. 2007. How many species of gall-inducing insects are there on earth, and where are there? **Annals of the Entomological Society of America** **100**: 95-99.
- Engevix. 1995. Caracterização do meio físico da área autorizada para criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – Relatório técnico final dos estudos – 8296-RE-H4-003/94 “VER. 1”. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 34p.
- Espírito-Santo, M. M.; Neves, F. S.; Andrade-Neto, F. R. & Fernandes, G. W. 2007. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. **Oecologia** **153**:353–364.
- Fernandes, G. W. 1992. Plant age and size effects on insular gall-forming species richness. **Global Ecology And Biogeography** **2**: 71-74.
- Fernandes, G. W.; R. C. Araújo; S. C. Araújo; J. A. Lombardi; A. S. Paula; R. Loyola; T. G. Cornelissen. 1997. Insect Galls From Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil. **Naturalia** **22**: 221-224.
- Fernandes, G. W.; G. R. Julião; R. C. Araújo; S. C. Araújo; J. A. Lombardi; D. Negreiros & M. A. A. Carneiro. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. **Naturalia** **26**: 211-244.
- Fernandes, G. W.; M. A. A. Carneiro; A. C. F. Lara; L. R. Allain; G. R. Julião; G. I. Andrade; T. R. Reis & I. M. Silva. 1996. Galling insects on neotropical species of *Baccharis* (Asteraceae). **Tropical Zoology** **9**: 315-332.
- Fernandes, G. W.; G. R. Julião; R. C. Araújo; S. C. Araújo; J. A. Lombardi, D. Negreiros, & M. A. A. Carneiro. 2001. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Valley, Brazil. **Naturalia** **26**: 211-244.
- Fernandes, G. W. & D. Negreiros. 2006. A comunidade de insetos galhadores da RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana** **7**: 111-120.

- Fernandes, G. W. & P. W. Price. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. **Oecologia 76**: 161-167.
- Ferri, M. G. 1980. **Vegetação Brasileira**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo: 157p.
- Fleck, T. & C. R. Fonseca. 2007. Hipótese sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis-intra-específico, interespecífico e de comunidade. **Neotropical Biology and Conservation 2**: 36-45.
- Gagné, R. J. 1994. **The gall midges of the region neotropical**. Ithaca, Comstock, xiv+352 p.
- Gonçalves-Alvim, S. J. & G. W. Fernandes. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation 10**: 79-98.
- Inbar, M.; M. Wink & D. Wool. 2004. The evolution of host plant manipulation by insects: molecular and ecological evidence from gall-forming aphids on *Pistacia*. **Molecular Phylogenetics and Evolution 32**: 504-511.
- Julião, G. R.; M. E. C. Amaral & G. W. Fernandes. 2002. Galhas de insetos e suas plantas hospedeiras no Pantanal sul-mato-grossense. **Naturalia 27**: 47-74.
- Julião, G. R.; E. M. Venticinque; G. W. Fernandes & J. E. Kraus. 2005. Richness and abundance of gall-forming insects in the Mamirauá Varzea, a flooded Amazonian forest. **Uakari 1**: 39-42.
- Larson, K.C. & T. G. Whitham. 1997. Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling. **Oecologia: 109**: 575-582.
- Lemos, A. B. & M. V. Melo-Franco. 1976. **Situação atual dos Parques Florestais e Reservas Biológicas de Minas Gerais**. Fundação João Pinheiro 6:33-41. 
- Machado-Filho, L.; M. W., Ribeiro; S. R. Gonzalez, C. A. Schenini; A. Santos-Neto; R. C. B. Palmeira; J. L. Pires; W. Teixeira & H. E. F. Castro. 1983. Geologia. *In*: **Projeto RADAMBRASIL**. Geologia. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Volume 32. Rio de Janeiro. p. 56-66.
- Maia, V. C. 2001. The gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from three restingas of Rio de Janeiro State, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia 18**: 583-629.
- Maia, V. C. 2005. Catálogo dos Cecidomyiidae (Diptera) do estado do Rio de Janeiro. **Biota Neotropica 5**: 1-26.

- Maia, V. C.; M. A. P. Azevedo & M. S. Couri. 2002. New contribution to the knowledge of the gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from the restinga of Barra de Maricá (Rio de Janeiro, Brazil). **Studia Dipterologica** **9**: 447-452.
- Maia, V. C. & G. W. Fernandes. 2004. Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia** **6**: 423-445.
- Mani, M. S. 1964. **The ecology of plant galls**. Dr. Junk, The Hague, xii+434.
- Martinelli, G. 1996. Campos de Altitude. Editora Index. Rio de Janeiro. 160p.
- Mendonça, M. S. 2007. Plant diversity and galling arthropod diversity searching for taxonomic patterns in an animal-plant interaction in the neotropics. **Boletín Sociedad Argentina Botánica** **42**: 347-357.
- Moreira, A. A. N. & C. Camelier. 1977. Relevô. *In*: Geografia do Brasil: Região Sudeste. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 3, p. 1-50.
- Myers N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- Oyama, K.; M. A. Pérez-Pérez; P. Cuevas-Reyes & R. Luna-Reyes. 2003. Regional and local species richness of gall-inducing insects in two tropical rain forests in Mexico. **Journal of Tropical Ecology** **19**: 595–598.
- Oliveira, J. C. & V. C. Maia. 2005. Ocorrência e caracterização de galhas de insetos na restinga de Grumari (Rio de Janeiro, RJ, Brasil). **Arquivos do Museu Nacional** **63**: 669-675.
- Panizzi, A. R. & J. R. P. Parra. 2009. Bioecologia e nutrição de insetos – Base para o manejo integrado de pragas, p. 597 – 639. *In*: Fernandes, G. W. & Carneiro, M. A. (eds). Insetos Galhadores. Brasília, CT-Agro.
- Price, P. W. 1992. Evolution and ecology of gall-inducing sawflies. Pages 208-224 *in* J. D. Shorthouse and O. Rohfritsch, editors. **Biology of insect-induced galls**. Oxford University Press, New Yourk, USA.
- Price, P.W.; G.L. Waring & G.W. Fernandes. 1986. Hypotheses on the adaptive nature of galls. **Proceedings of the Entomological Society of Washington** **88**: 361-363.
- Price, P. W.; G. W. Fernandes & G. L. Waring. 1987. Adaptive nature of insect galls. **Environmental Entomology** **16**: 15-24.
- Price, P. W.; G. W. Fernandes; A. C. F. Lara; J. Brawn; D. Gerling; H. Barrios; M. G. Wright; S. P. Ribeiro & N. Rothcliff. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. **Journal of Biogeography** **25**: 581-591.

- Price, P. W.; H. Roininen & A. Zinovjev. 1997. Adaptive radiation of gall-inducing sawflies in relation to architecture and geographic range of willow host plants, p. 196-203. In: G. Csóka, W. J. Mattson, G. N. Stone, and P. W. Price (eds.). **Biology of gall-inducing arthropods**. St. Paul: USDA Tech., Rep. NC-199.
- Price, P. W. 2005. Adaptive radiation of gall-inducing insects. **Basic and Applied Ecology** **6**: 413-421.
- Raman, A.; C. W. Schaefer, & T. M. Withers. 2005. **Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods**. New Hampshire: Science, 2005. 2 v.
- Rizzini, C. T. 1963. **Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil**. Separata da Revista Brasileira de Geografia, 1. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 64 p.
- Rizzini, C. T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC, 374p.
- Rodela, L. G. 1998 Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. v. 12.
- Safford, H. D. 1999. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography** **26**: 693-712.
- Safford, H. D. 2001. Brazilian Paramos. III. Patterns and Rates of Postfire Regeneration in the Campos de Altitude. **Biotropica** **33**: 282–302.
- Shorthouse, J. D.; D. Wool & A. Raman. 2005. Gall-inducing insects – Nature’s most sophisticated herbivores. **Basic and Applied Ecology** **6**: 407-411.
- Souza, V. C. & H. Lorenzi. 2005. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, Instituto Plantarum, ix+640p.
- Veldtman, R. & M. A. McGeoch. 2003. Gall-forming insect species richness along a non-scleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: the importance of plant community composition. **Austral Ecology** **28**: 1-13.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 123p.
- Weis, A. E.; R. Walton & C. L. Crego. 1988. Reactive plant tissue sites and the population biology of gall makers. **Annual Review of Entomology** **33**: 467-486.



**Tabela 3.1.** Coordenadas geográficas dos dez pontos de coleta de três regiões da Serra da Mantiqueira, MG (PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó).

Pontos de coleta	PEI		PEB		PNC	
	Coordenadas	Altitude	Coordenadas	Altitude	Coordenadas	Altitude
1	21° 10' 55,7" S 43° 52' 52,4" W	1498 m	20° 43' 36,8" S 42° 28' 48,5" W	1492 m	20° 27' 25,3" S 41° 48' 0,2" W	2486 m
2	21° 42' 29,2" S 43° 52' 28,5" W	1664 m	20° 43' 25,4" S 42° 29' 4,7" W	1388 m	20° 27' 51,9" S 41° 48' 20,6" W	2226 m
3	21° 41' 14,3" S 43° 52' 31,0" W	1587 m	20° 44' 40,4" S 42° 28' 24,8" W	1754 m	20° 24' 48" S 41° 50' 5" W	2106 m
4	21° 40' 20,5" S 43° 52' 17,6" W	1568 m	20° 44' 58,9" S 42° 28' 16,1" W	1889 m	20° 24' 56,3" S 41° 49' 53,7" W	2180 m
5	21° 40' 30,2" S 43° 52' 49,0" W	1651m	20° 41' 27,8" S 42° 28' 27,6" W	1714 m	20° 28' 3,6" S 41° 48' 39,7" W	2208 m
6	21° 41' 11,7" S 43° 53' 26,6" W	1777 m	20° 41' 48,3" S 42° 28' 45,1" W	1649 m	20° 27' 20" S 41° 48' 39,7" W	2294 m
7	21° 41' 35,6" S 43° 52' 41,1" W	1499 m	20° 36' 34,3" S 42° 23' 14,7" W	1678 m	20° 25' 46,5" S 41° 48' 7,2" W	2659 m
8	21° 42' 40,1" S 43° 52' 54,0" W	1460 m	20° 36' 37" S 42° 23' 18,8" W	1619 m	20° 25' 24,4" S 41° 48' 2,9" W	2575 m
9	21° 42' 7,4" S 43° 53' 02,1" W	1442 m	20° 36' 35" S 42° 24' 20,5" W	1362 m	20° 24' 45,7" S 41° 49' 27,6" W	2157 m
10	21° 42' 10,6" S 43° 53' 52,2" W	1534 m	21° 43' 16,5" S 42° 28' 39,5" W	1281 m	20° 25' 17,2" S 41° 49' 22,7" W	2356 m

**Tabela 3.2.** Plantas hospedeiras, descrição e local de ocorrência das galhas em campos rupestres e campos altitudinais de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó).

Planta hospedeira	Taxon galhador	PEIB	PEB	PNC	Órgão	Forma	Cor	Pubescência	Câmaras	Referência
<b>Asteraceae</b>										
<i>Aspilia foliosa</i> (Gardner) Benth. & Hook.	Homoptera		x		folha	elíptica	marrom	glabra	1	Figura 1 (a)
	Cecidomyiidae		x		gema apical	fusiforme	marrom	glabra	1	Figura 1 (b)
<i>Baccharis aratatubensis</i> Malag. & Hatschb.	Lepidoptera		x		caule	intumescência	verde	glabra	1	Figura 1 (c)
	Lepidoptera			x	caule	claviforme	cinza	glabra	1	Figura 1 (d)
<i>Baccharis platypoda</i> DC.	Cecidomyiidae		x		caule	fusiforme curvada	marrom	glabra	1	Figura 1 (e)
	Cecidomyiidae		x		folha	intumescência	verde	glabra	várias	Figura 1 (f)
	Cecidomyiidae		x	x	folha	elíptica	marrom	glabra	1	Figura 1 (g)
	Cecidomyiidae		x	x	folha	discóide	verde	glabra	1	Figura 1 (h)
	Cecidomyiidae		x		folha	legume	marrom	glabra	1	Figura 1 (i)
	Cecidomyiidae		x		flor	intumescência	verde	glabra	1	Figura 1 (j)
	Cecidomyiidae			x	gema apical	globosa	marrom	glabra	várias	Figura 1(k)
	<i>Baccharis reticularia</i> DC.	Homoptera	x			folha	enrolada	marrom	glabra	1
Cecidomyiidae		x			caule	globosa	marrom	glabra	várias	Figura 1 (m)
Homoptera		x			folha	discóide	verde	glabra	1	Figura 1 (n)
<i>Baccharis salzmanii</i> DC.	Cecidomyiidae	x			gema apical	elíptica	marrom	glabra	várias	Figura 1 (o)
	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	glabra	várias	Figura 2 (a)
	Lepidoptera	x			folha	claviforme	verde	glabra	1	Figura 2 (b)
	Lepidoptera	x			caule	globosa	marrom	glabra	1	Figura 2 (c)
	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 2 (d)
	Cecidomyiidae	x			folha	elíptica	verde	glabra	1	Figura 2 (e)
	Cecidomyiidae	x			folha	discóide	verde	glabra	1	Figura 2 (f)
	Cecidomyiidae	x			folha	elíptica	verde	glabra	1	Figura 2 (g)
Cecidomyiidae	x			gema apical	irregular	marrom	glabra	várias	Figura 2 (h)	

**Tabela 3.2. Cont.**

<b>Planta hospedeira</b>	<b>Taxon galhador</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>	<b>Órgão</b>	<b>Forma</b>	<b>Cor</b>	<b>Pubescência</b>	<b>Câmeras</b>	<b>Referência</b>
<i>Baccharis serrulata (Lam.) Pers.</i>	Cecidomyiidae	x			caule	fusiforme curvada	marrom	glabra	1	Figura 2 (i)
	Cecidomyiidae		x		caule	claviforme	marrom	glabra	1	Figura 2 (j)
	Cecidomyiidae		x		caule	cilíndrica	marrom	glabra	1	Figura 2 (k)
	Lepidoptera		x		caule	fusiforme	cinza	glabra	1	Figura 2 (l)
	Cecidomyiidae		x		gema apical	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 2 (m)
<i>Baccharis trimera(Less.) DC.</i>	Fungo		x		folha	elíptica	marrom	glabra	1	Figura 2 (n)
	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	verde	glabra	1	Figura 2 (o)
<i>Cyrtocymura scorpioides (Lam.) H. Rob.</i>	não identificado			x	folha	enrolada	verde	glabra	1	Figura 3 (a)
	Cecidomyiidae		x		folha	irregular	marrom	glabra	1	Figura 3 (b)
<i>Hololepis pedunculata (DC. ex Pers.) DC.</i>	Lepidoptera		x		caule	fusiforme	marrom	glabra	1	Figura 3 (c)
	Cecidomyiidae		x		caule	fusiforme	marrom	glabra	1	Figura 3 (d)
<i>Mikania meticulata</i>	Cecidomyiidae	x			folha	discóide	verde	glabra	1	Figura 3 (e)
<i>Vanillosmopsis erythropappa(DC.) Sch. Bip.</i>	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	marrom	glabra	varias	Figura 3 (f)
	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	marrom	glabra	1	Figura 3 (g)
	Cecidomyiidae	x			folha	legume	verde	glabra	1	Figura 3 (h)
<i>Pseudobrickellia angustissima. (Spreng. ex Baker)</i>	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	marrom	glabra	1	Figura 3 (i)
<i>Symphyopappus brasiliensis (Gardner) R.M. King &amp; H. Rob.</i>	Cecidomyiidae			x	caule	intumescência	marrom	glabra	varias	Figura 3 (j)
	Lepidoptera			x	caule	intumescência	verde	glabra	1	Figura 3 (k)
	Cecidomyiidae			x	folha	elíptica	verde	glabra	1	Figura 3 (l)
<b>Ericaceae</b>										
<i>Gaylussacia decipiens Cham.</i>	Cecidomyiidae		x		caule	intumescência	marrom	pilosa	1	Figura 3 (m)
<b>Euphorbiaceae</b>										
<i>Croton buxifolius (Baill.) Müll. Arg.</i>	Cecidomyiidae		x		caule	fusiforme curvada	marrom	pilosa	1	Figura 3 (n)
	Cecidomyiidae		x		folha	globosa	marrom	glabra	1	Figura 3 (o)

**Tabela 3.2. Cont.**

<b>Planta hospedeira</b>	<b>Taxon galhador</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>	<b>Órgão</b>	<b>Forma</b>	<b>Cor</b>	<b>Pubescência</b>	<b>Câmeras</b>	<b>Referência</b>
<i>Croton migrans</i> Casar.	Cecidomyiidae		x	x	caule	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 4 (a)
<i>Croton splendidus</i> Mart. ex Colla	Cecidomyiidae			x	folha	discóide	marrom	glabra	1	Figura 4 (b)
<b>Fabaceae</b>										
<i>Hymenolobium janeirensense</i> var. <i>stipulatum</i> (N.F. Mattos) Lima	Cecidomyiidae		x		caule	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 4 (c)
<b>Lamiaceae</b>										
<i>Hyptis monticola</i> Mart. ex Benth.	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	marrom	pilosa	1	Figura 4 (d)
	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	pilosa	1	Figura 4 (e)
<i>Hyptis racemulosa</i> Mart. ex Benth. sp1	Cecidomyiidae			x	caule	fusiforme	vermelha	pilosa	várias	Figura 4 (f)
	Cecidomyiidae		x		folha	irregular	marrom	pilosa	1	Figura 4 (g)
<b>Lauraceae</b>										
<i>Ocotea tristis</i> (Nees & C. Mart.) Mez	Cecidomyiidae	x			caule	globosa	marrom	glabra	várias	Figura 4 (h)
<b>Lythraceae</b>										
<i>Diplusodon buxifolius</i> Cham. & Schldl.	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 4 (i)
<b>Malpighiaceae</b>										
<i>Byrsonima variabilis</i> Juss.	Cecidomyiidae	x			caule	fusiforme	marrom	glabra	1	Figura 4 (j)
<b>Myrsinaceae</b>										
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Cecidomyiidae			x	folha	elíptica	marrom	glabra	1	Figura 4 (k)
	Cecidomyiidae			x	caule	intumescência	marrom	pilosa	1	Figura 4 (l)
<i>Myrsine emarginella</i> Mart.	Acarina	x			folha	ferruginosa	vermelha	pilosa	1	Figura 4 (m)
<b>Melastomataceae</b>										
<i>Campananesia rufa</i> (O.Berg)	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	glabra	várias	Figura 4 (n)
<i>Lavoisiera compta</i> DC.	Cecidomyiidae		x		caule	globosa	marrom	glabra	1	Figura 4 (o)
<i>Leandra áurea</i> (Cham.)	Cecidomyiidae	x			folha	esférica	vermelha	pilosa	1	Figura 5 (a)
<i>Leandra sp1</i>	Cecidomyiidae		x		caule	fusiforme	marrom	glabra	várias	Figura 5 (b)

**Tabela 3.2. Cont.**

<b>Planta hospedeira</b>	<b>Taxon galhador</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>	<b>Órgão</b>	<b>Forma</b>	<b>Cor</b>	<b>Pubescência</b>	<b>Câmeras</b>	<b>Referência</b>
<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	Cecidomyiidae	x			gema apical	elíptica	marrom	pilosa	1	Figura 5 (c)
<i>Microlicia</i> sp1	Cecidomyiidae			x	gema apical	fusiforme	marrom	glabra	1	Figura 5 (d)
<i>Tibouchina collina</i> Cogn.	Cecidomyiidae	x			folha	discóide	marrom	pilosa	1	Figura 5 (e)
	Cecidomyiidae	x			caule	intumescência	marrom	pilosa	várias	Figura 5 (f)
<i>Tibouchina faveolata</i> Cogn.	Cecidomyiidae		x		folha	cônica	marrom	pilosa	1	Figura 5 (g)
	Cecidomyiidae		x		gema apical	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 5 (h)
<i>Tibouchina heteromalla</i> (D. Don) Cogn.	Cecidomyiidae		x		folha	intumescência	verde	pilosa	1	Figura 5 (i)
<i>Tibouchina martiusiana</i> (DC.) Cogn.	Cecidomyiidae	x			caule	fusiforme	marrom	glabra	várias	Figura 5 (j)
<i>Tibouchina multiflora</i> Cogn.	Cecidomyiidae		x		caule	irregular	marrom	pilosa	várias	Figura 5 (k)
	Cecidomyiidae		x		folha	puntiforme	vermelha	pilosa	1	Figura 5 (l)
	Cecidomyiidae		x		caule	intumescência	verde	pilosa	várias	Figura 5 (m)
	Cecidomyiidae		x		gema apical	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 5 (n)
<b>Orchidaceae</b>										
<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	Cecidomyiidae		x		folha	puntiforme	verde	glabra	1	Figura 5 (o)
	Cecidomyiidae				caule	intumescência	marrom	glabra	1	Figura 6 (a)
<b>Pentaphragmaceae</b>										
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	Tephritidae		x		caule	globosa	marrom	glabra	1	Figura 6 (b)
	Cecidomyiidae		x		gema apical	globosa	verde	glabra	1	Figura 6 (c)
	Cecidomyiidae		x		folha	discóide	marrom	glabra	1	Figura 6 (d)
<b>Poaceae</b>										
<i>Chusquea caparaensis</i> L.G. Clark	Cecidomyiidae			x	caule	fusiforme	marrom	glabra	várias	Figura 6 (e)
<b>Salicaceae</b>										
<i>Abatia americana</i> (Gardner) Eichler	Cecidomyiidae			x	folha	elíptica	verde	glabra	1	Figura 6 (f)

**Tabela 3.2. Cont.**

<b>Planta hospedeira</b>	<b>Taxon galhador</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>	<b>Órgão</b>	<b>Forma</b>	<b>Cor</b>	<b>Pubescência</b>	<b>Câmeras</b>	<b>Referência</b>
<b>Verbenaceae</b>										
<i>Lantana sp1</i>	Acarina		x		folha	globosa	verde	glabra	1	Figura 6 (g)
	Cecidomyiidae		x		caule	intumescência	marrom	pilosa	1	Figura 6 (h)

**Tabela 3.3.** Plantas amostradas em campos rupestres e campos altitudinais de três regiões da Serra da Mantiqueira, Minas Gerais (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó).

<b>Espécie</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>
<b>Amaryllidaceae</b>			
<i>Alstroemeria isabellina</i> Herb.		X	
<b>Asclepiadaceae</b>			
<i>Ditassa mucronata</i> Mart.		X	
<i>Ditassa</i> sp1		X	
<b>Asteraceae</b>			
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) D.C.			X
<i>Achyrocline satureoides</i> D.C.	X	X	X
<i>Ageratum fastigiatum</i> (Gardn.) R. M. King et H. Rob.	X		
<i>Aspilia clauseniana</i> Baker	X		
<i>Aspilia foliosa</i> (Gardner)		X	
<i>Aspilia subpetiolata</i> Baker	X		
<i>Aspilia</i> sp.	X		
<i>Baccharis aracetubensis</i> Malag. & Hatschb.			X
<i>Baccharis calvescens</i> D.C.			X
<i>Baccharis cylindrica</i> (Less.) D.C.			X
<i>Baccharis leptcephala</i> D.C	X		
<i>Baccharis platypoda</i> D.C	X	X	X
<i>Baccharis punctulata</i> D.C.	X		
<i>Baccharis reticularia</i> D. C.	X		
<i>Baccharis</i> cf. <i>sagittalis</i> (Less.) D. C.			X
<i>Baccharis salzmanii</i> D. C.	X	X	
<i>Baccharis serrulata</i> (Lam.) Pers.		X	X
<i>Baccharis stylosa</i> Gardner		X	
<i>Baccharis trimera</i> D.C.	X		X
<i>Chromolaena cylindrocephala</i> (Sch. Bip. ex Baker) R.M. King & H. Rob.			X
<i>Chromolaena multiflosculosa</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.		X	
<i>Chromolaena</i> sp	X		
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H. Rob.		X	
<i>Dendrophorbium pellucidinerve</i> (Sch. Bip. ex Baker) C. Jeffrey	X		
<i>Eupatorium adenolepis</i> Sch. Bip. ex Baker	X		
<i>Eupatorium</i> sp.	X		
<i>Graphistylis dichroa</i> (Bong.) B. Nord.			X
<i>Hololepis pedunculata</i> (DC. ex Pers.) DC.			
<i>Lessingianthus</i> sp1		X	X
<i>Lucilia lycopodioides</i> (Less.) S. E. Freire	X		X
<i>Mikania meticulata</i>	X		
<i>Mikania nummularia</i> DC	X		
<i>Mikania oblongifolia</i> DC	X		
<i>Mikania</i> sp.	X		
<i>Pseudobrickellia angustissima</i> (Spreng. ex Baker) R.M.King & H.Rob	X		
<i>Senecio brasiliensis</i> (Gardner) R.M. King & H. Rob.			X
<i>Symphopappus brasiliensis</i> (Gardner) R.M. King & H. Rob.			X
<i>Stenophalium chionaea</i> (DC.) Anderb.			X

**Tabela 3.3. Cont.**

<b>Espécie</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>
<i>Stenocephalum megapotamicum</i> (Spreng.) Sch. Bip.	x		
<i>Stevia claussoni</i> Sch. Bip. ex Baker			x
<i>Vanillosmopsis erythropappa</i> Sch. Bip.	x		
<i>Vernonanthura</i> sp1		x	
<i>Vernonia calida</i> Gleason	x		
<i>Vernonia</i> sp1	x		
<i>Vernonia</i> sp2			x
<b>Celastraceae</b>			
<i>Plenckia populsea</i> Reissek			x
<b>Cunnonaceae</b>			
<i>Weinmannia humilis</i> Engl.	x		x
<b>Dennstaldtaliaceae</b>			
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon		x	x
<b>Ericaceae</b>			
<i>Agarista oleifolia</i> (Cham.) G. Don			x
<i>Gaylussacia decipiens</i> Cham.		x	
<i>Gaylussacia densa</i> Cham.		x	
<i>Gaylussacia hispida</i> DC.			x
<i>Gaultheria eriophylla</i> (Pers.) Sleumer ex Burt			x
<i>Gaultheria serrata</i> (Vell.) Sleumer ex Kin.-Gouv.		x	
<i>Leucothoe subrotunda</i> (Pohl.) D.C.	x		
<b>Escalloniaceae</b>			
<i>Escallonia cf. farinea</i> A. St.-Hil.			x
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Croton buxifolius</i> (Baill.) Müll. Arg.		x	
<i>Croton migrans</i> Casar.		x	x
<i>Croton splendidus</i> Mart. ex Colla			x
<b>Fabaceae (Leguminosae)</b>			
<i>Eriosema</i> sp1			x
<i>Hymenolobium janeirensis</i> var. <i>stipulatum</i> (N.F. Mattos) Lima		x	
<i>Mimosa conferta</i> Benth.	x		
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub	x		
<i>Senna organensis</i> (Glaz. ex Harms) H.S. Irwin & Barneby			x
<b>Flacourtiaceae</b>			
<i>Abatia americana</i> (Gardner) Eichler		x	
<b>Gesneriaceae</b>			
<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.		x	
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Eriope macrostachya</i> Mart.	x		
<i>Hesperozygis cf. myrtoides</i> (Saint-Hilaire) Epling		x	
<i>Hyptis amaurocauloe</i> Benth.	x		
<i>Hyptis glomerata</i> Mart.	x		
<i>Hyptis monticola</i> Mart.	x		
<i>Hyptis racemulosa</i> Mart. ex Benth.			x



**Tabela 3.3. Cont.**

<b>Espécie</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>
<i>Hyptis sp1</i>	X		
<i>sp 1</i>		X	X
<b>Lauraceae</b>			
<i>Ocotea pulchella (Nees) Mez</i>	X		
<i>Ocotea tristis (Nees &amp; C. Mart.) Mez</i>	X		
<b>Lycopodiaceae</b>			
<i>Licopodium thyoides Humb. &amp; Bonpl. ex Willd.</i>		X	
<b>Lythraceae</b>			
<i>Diplusodon buxifolius (Cham. &amp; Schlecht.) DC.</i>	X		
<i>sp1</i>		X	
<b>Malpighiaceae</b>			
<i>Byrsonima variabilis Juss.</i>	X		
<i>Byrsonima sp1</i>	X		
<i>Euphorbia sp.</i>	X		
<i>sp 1</i>	X		
<b>Melastomataceae</b>			
<i>Cambesedesia espora subsp. ilicifolia Triana</i>	X		
<i>Coanophyllon sp.</i>	X		
<i>Lavoisiera compta DC</i>	X	X	
<i>Leandra aurea (Cham.) Cogn.</i>	X		
<i>Leandra confusa Cogn.</i>	X		
<i>Leandra erostrata (DC.) Cogn.</i>	X		
<i>Leandra faveolata (D. C.) Cogn.</i>	X		
<i>Leandra pennipilis Cogn.</i>	X		
<i>Leandra sp1</i>		X	
<i>Marcetia taxifolia (A. St.-Hil.) DC.</i>	X	X	
<i>Miconia chartacea Triana</i>	X		
<i>Miconia corallina Spring</i>	X		
<i>Miconia theaezans (Bonpl.)</i>	X		
<i>Microlicia confertiflora Naud.</i>	X		
<i>Microlicia isophylla DC</i>	X		
<i>Microlicia viminalis (D. C.) Triana</i>	X		
<i>Microlicia sp1</i>			X
<i>sp1</i>	X		
<i>Tibouchina cardinalis (Bonpl.) Cogn.</i>	X		
<i>Tibouchina collina Cogn.</i>	X		
<i>Tibouchina eleurissa</i>	X		
<i>Tibouchina faveolata Cogn.</i>		X	
<i>Tibouchina grandiflora Hort.</i>	X		
<i>Tibouchina heteromalla (D. Don) Cogn.</i>		X	
<i>Tibouchina martiusiana (DC.) Cogn.</i>	X		
<i>Tibouchina multiflora Cogn.</i>	X	X	
<i>Tibouchina semidecandra (Mart. &amp; Schrank ex DC.) Cogn.</i>		X	
<i>Tibouchina sp1</i>			X

**Tabela 3.3. Cont.**

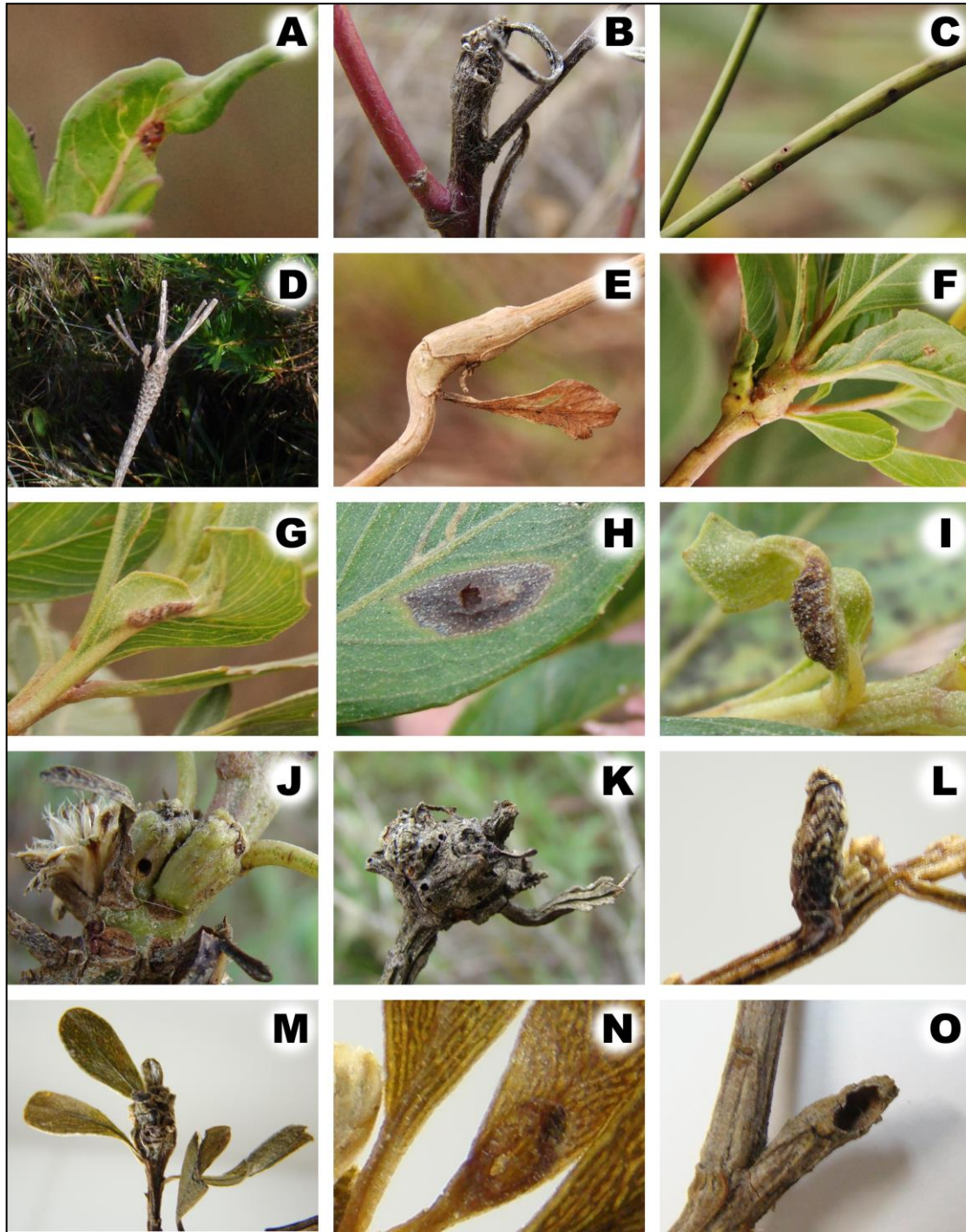
<b>Espécie</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>
<i>Tibouchina sp2</i>	X		
<i>Trembleya parviflora (Don) Cogn.</i>	X	X	
<b>Myrsinaceae</b>			
<i>Myrsine congesta (Schwack ex Mez) Pipoly</i>	X		
<i>Myrsine coriacea (Sw.) R. Br. ex Roem. &amp; Schult.</i>	X		X
<i>Myrsine emarginella Mart.</i>	X		
<i>Psychotria velloziana Benth.</i>	X		
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Campomanesia rufa (Berg)</i>	X		
<i>Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O. Berg</i>		X	
<i>Myrceugenia alpigena (DC.) Landrum</i>			X
<i>Myrcia montana Cambess.</i>			X
<i>Sebastiania sp1.</i>	X		
<b>Onagraceae</b>			
<i>Fuchsia regia (Vell.) Munz</i>		X	X
<b>Orchidaceae</b>			
<i>Epidendrum secundum Jacq.</i>		X	
<b>Oxalidaceae</b>			
<i>Oxalis confertissima A. St.-Hil.</i>			
<b>Pentaphragmaceae</b>			
<i>Piperomia galioides Kunth</i>		X	
<b>Phyllanthaceae</b>			
<i>Phyllanthus lagoensis Müll. Arg.</i>		X	
<i>Ternstroemia brasiliensis Cambess.</i>		X	
<b>Poaceae</b>			
<i>Chusquea caparaoensis L.G. Clark</i>			X
<b>Proteaceae</b>			
<i>Roupala brasiliensis Mart.</i>	X		
<i>Roupala sp1</i>			X
<i>Roupala sp2</i>	X		
<b>Rhamnaceae</b>			
<i>Rhamnus sphaerosperma Sw.</i>	X		
<b>Rubiaceae</b>			
<i>Borreria capitata (ruiz et Pavani) DC</i>	X		
<i>Bohreria verticillata (L.) G. Mey</i>	X		
<i>Coccocypselum aureum (Spreng.) Cham. &amp; Schldtl.</i>		X	
<i>Diodia teres Walter</i>		X	
<i>Hillia sp1</i>		X	
<i>Palicourea rigida Kunth</i>		X	
<i>Psychotria sp1</i>		X	
<i>Spermacoce poaya A. St.-Hil.</i>		X	
<i>sp 1</i>	X		
<b>Salicaceae</b>			
<i>Abatia americana (Gardner) Eichler</i>			X

**Tabela 3.3. Cont.**

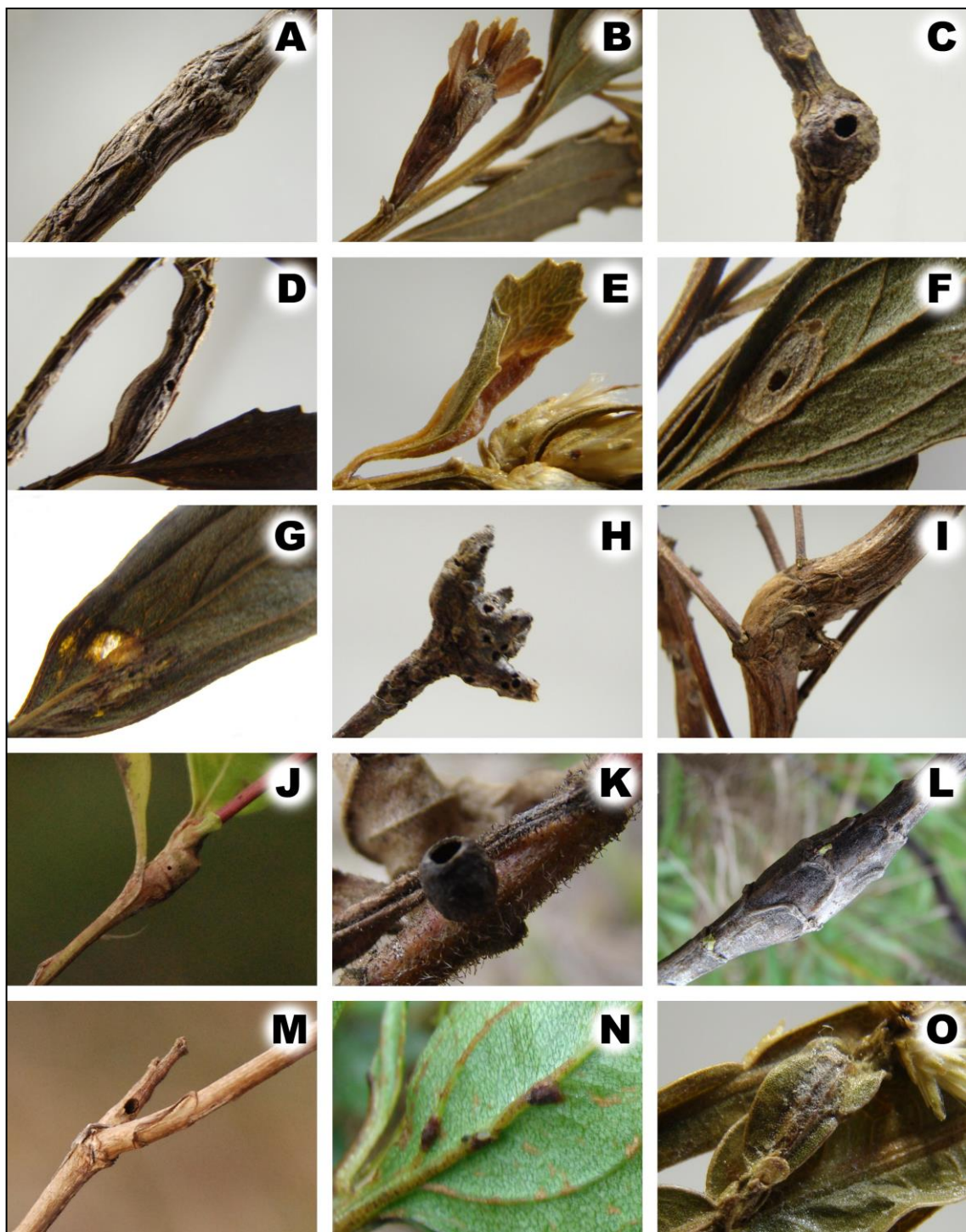
<b>Espécie</b>	<b>PEI</b>	<b>PEB</b>	<b>PNC</b>
<b>Scrophulariaceae</b>			
<i>Esterhazyia macrodonta</i> Cham. & Schltdl.	x		
<i>Esterhazia splendida</i> J. C. Mikan			x
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum cladothrichum</i> Vand. ex Dunal		x	
<i>Solanum Swartzianum</i> Rosm. & Schult	x		
<b>Turneraceae</b>			
<i>Turnera sp1</i>		x	
<b>Valerianaceae</b>			
<i>Valeriana sp1</i>		x	
<b>Velloziaceae</b>			
<i>Vellozia variegata</i> Goethart & Henrard		x	
<b>Verbenaceae</b>			
<i>Lantana hypoleuca</i> Briq.	x		
<i>Lantana sp1</i>		x	
<i>sp1</i>	x		
<i>sp2</i>	x		

**Tabela 3.4.** Plantas e galhas amostradas em campos rupestres e campos altitudinais de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Riqueza de plantas, riqueza de plantas hospedeiras e riqueza de galhas das famílias coletadas.

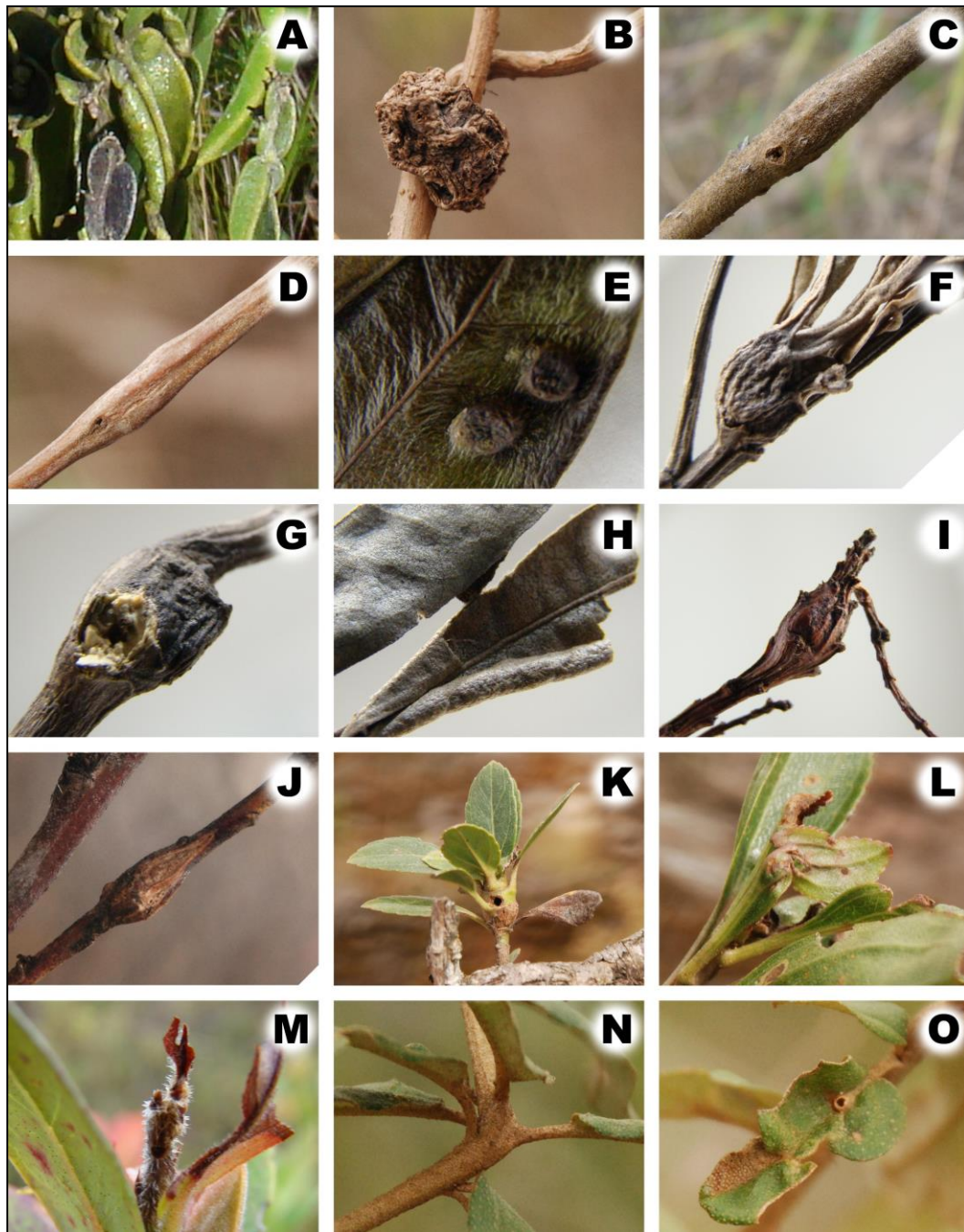
Famílias	Plantas		Plantas hospedeiras		Galhas	
	Riqueza	Porcentagem do total de plantas	Riqueza	Porcentagem do total de hospedeiras	Riqueza	Porcentagem do total de galhas
Asteraceae	44	28	13	31	42	50,6
Ericaceae	7	4,6	1	2,4	1	1,2
Euphorbiaceae	3	1,9	3	7,1	4	4,8
Fabaceae	5	3,2	1	2,4	1	1,2
Lamiaceae	8	5,1	3	7,1	4	4,8
Lauraceae	2	1,3	1	2,4	1	1,2
Lythraceae	2	1,3	1	2,4	1	1,2
Malpighiaceae	4	2,5	1	2,4	1	1,2
Melastomataceae	30	19,1	11	26,1	16	19,2
Myrsinaceae	4	2,5	2	4,8	3	3,6
Orchidaceae	1	0,6	1	2,4	2	2,4
Pentaphragmaceae	1	0,6	1	2,4	3	3,6
Poaceae	1	0,6	1	2,4	1	1,2
Salicaceae	1	0,6	1	2,4	1	1,2
Verbenaceae	4	2,5	1	2,4	2	2,4
Outras famílias	40	25,5	0	0	0	0



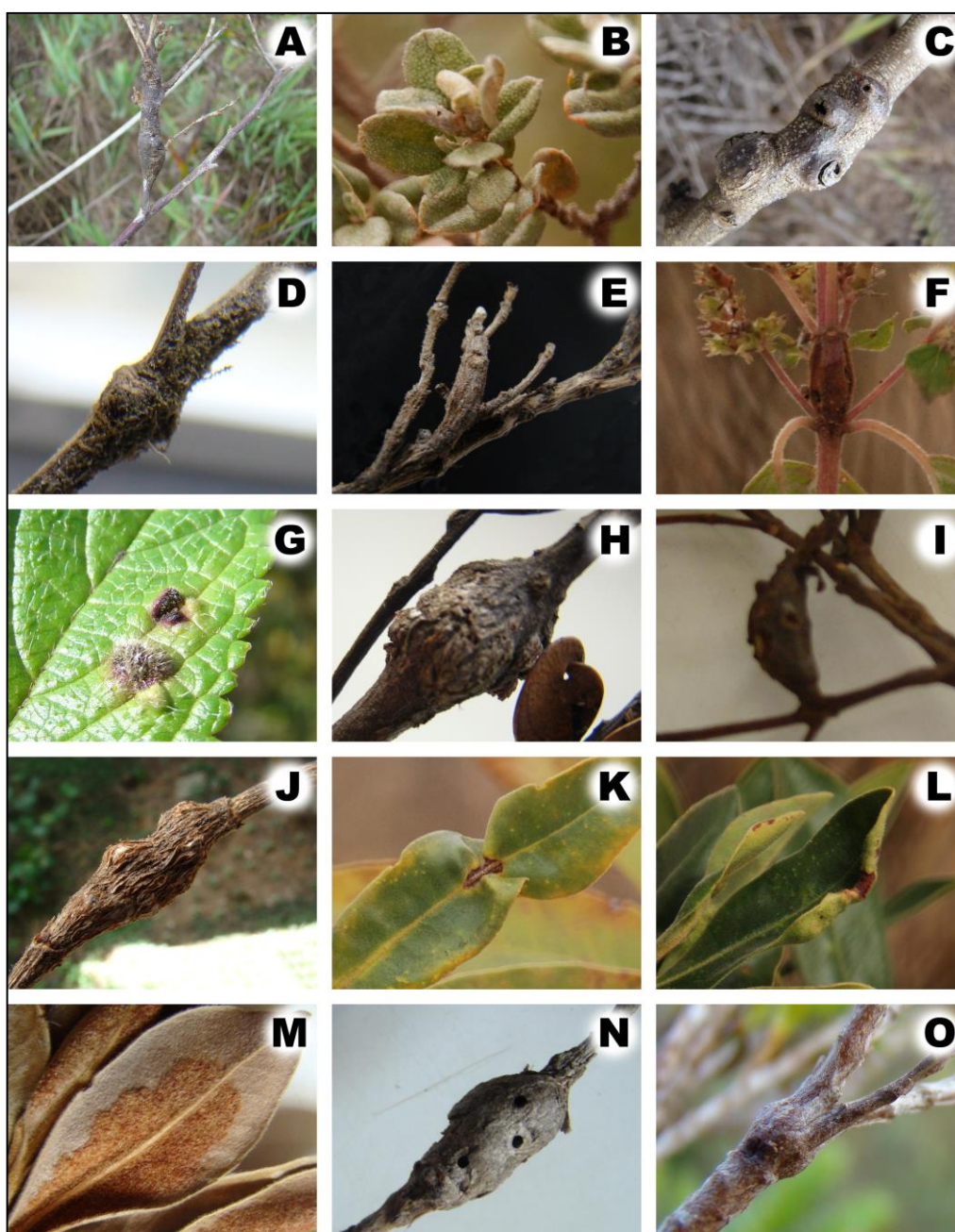
**Figure 3.1.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Asteraceae (*Aspilia foliosa* (a-c), *Baccharis aratatubensis* (d), *Baccharis platypoda* DC (e-k), *Baccharis reticularia*DC. (l-o)).



**Figure 3.2.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Asteraceae (*Baccharis salzmanii* (a-j), *Baccharis serrulata* (k-n), *Baccharis trimera* (o)).

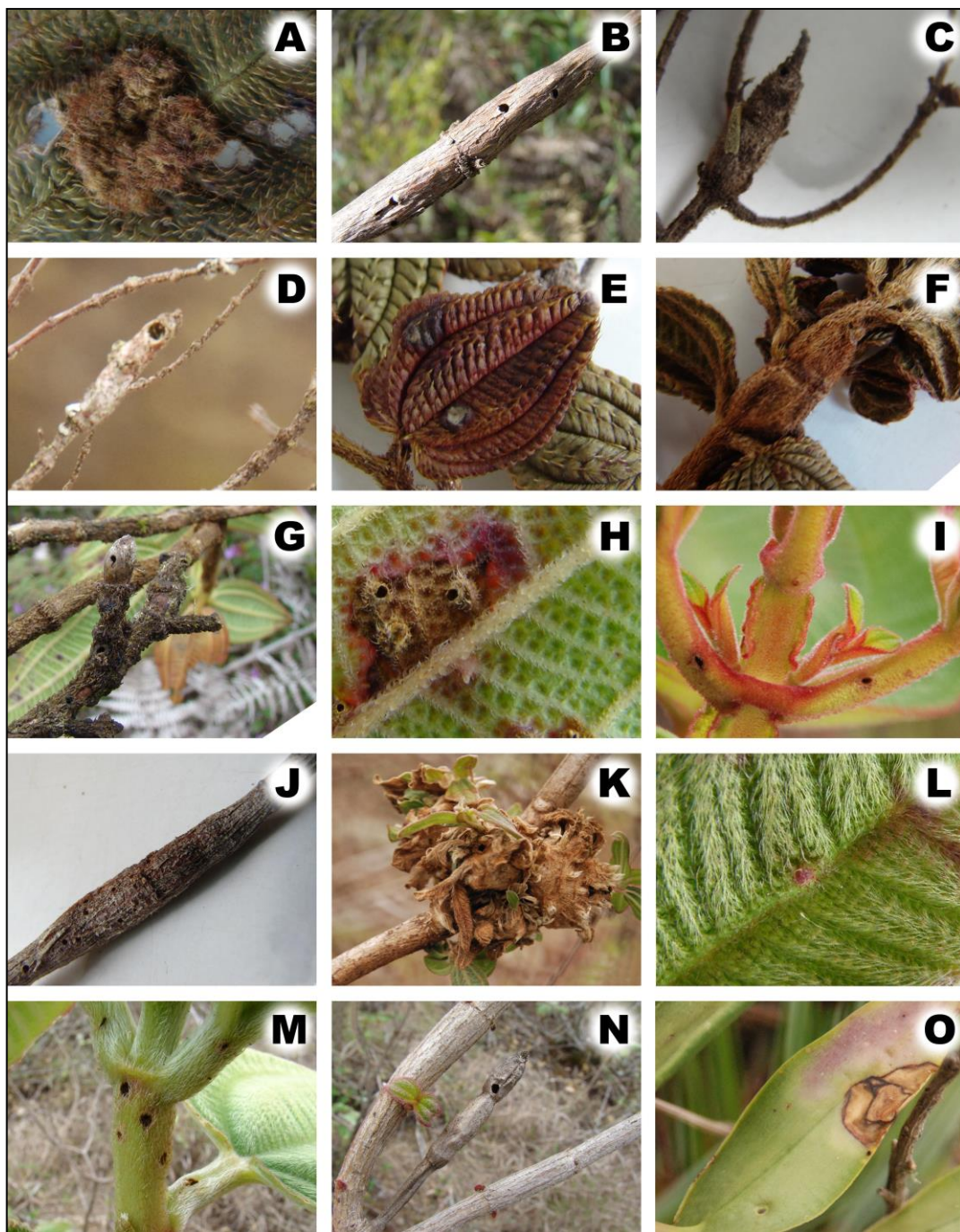


**Figure 3.3.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Asteraceae (*Baccharis trimera* (a), *Cyrtocymura scorpioides* (b-c), *Hololepis pedunculata* (d), *Mikania meticulata* (e), *Vanillosmopsis erythropappa* (f-h), *Pseudobrickellia angustissima* (i), *Symphypappus brasiliensis* (j-l)), Ericaceae (*Gaylussacia decipiens* (m)), Euphorbiaceae (*Croton buxifolius* (n-o)).

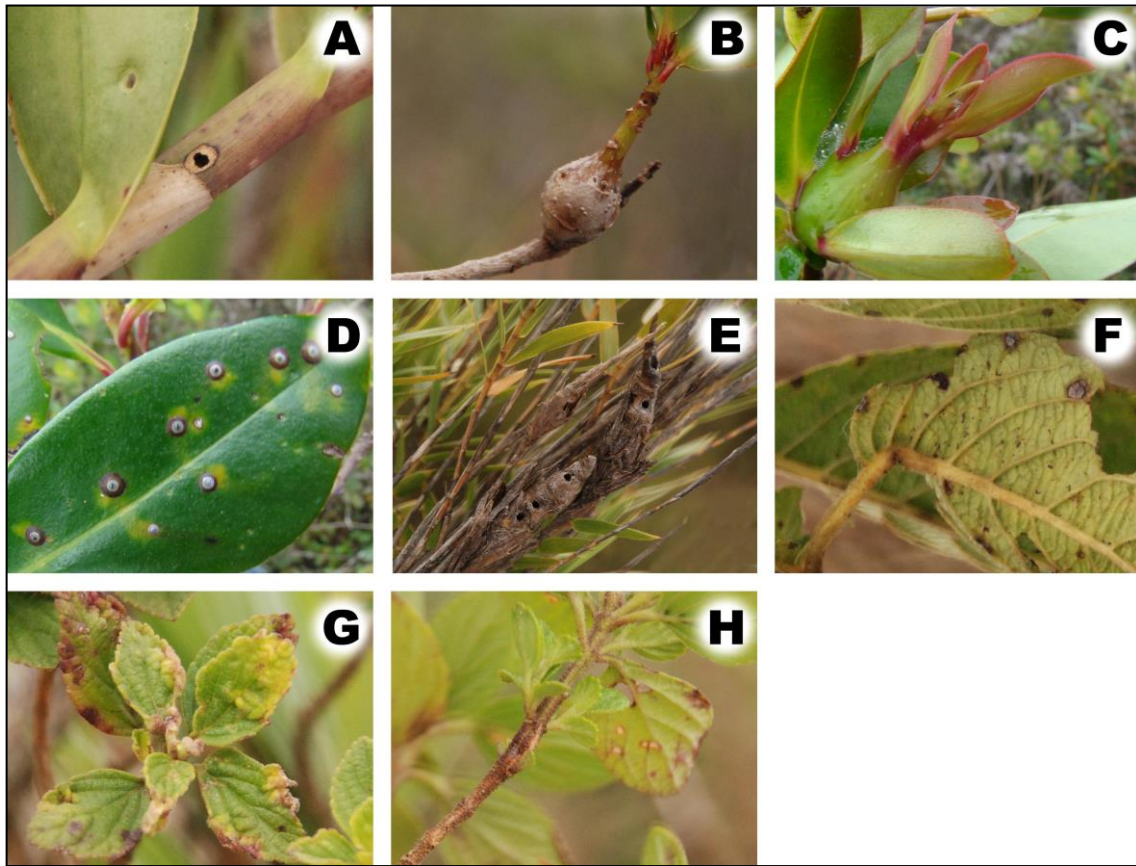


**Figure 3.4.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Euphorbiaceae (*Croton migrans* (a), *Croton splendidus* (b)), Fabaceae (*Hymenolobium janeirense* (c)), Lamiaceae (*Hyptis monticola* (d-e), *Hyptis racemulosa* (f-g)), Lauraceae (*Ocotea tristis* (h)), Lythraceae (*Diplusodon buxifolius* (i)), Malpighiaceae (*Byrsonima variabilis* (j)), Myrsinaceae (*Myrsine coriacea* (k-l), *Myrsine emarginella* (m)), Melastomataceae (*Campananesia rufa* (n), *Lavoisiera compta* (o)).





**Figure 3.5.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Melastomataceae (*Leandra aurea* (a), *Leandra sp1* (b), *Marcetia taxifolia* (c), *Microlicia sp1* (d), *Tibouchina collina* (e-f), *Tibouchina faveolata* (g-h), *Tibouchina heteromalla* (i), *Tibouchina martiusiana* (j), *Tibouchina multiflora* (k-n)), Orchidaceae (*Epidendrum secundum* (o)).



**Figure 3.6.** Plantas hospedeiras e galhas de três regiões Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. (PIB = Parque Estadual do do Ibitipoca, PEB = Parque Estadual do Brigadeiro, PNC = Parque Nacional do Caparaó). Orchidaceae (*Epidendrum secundum* (a)), Pentaphyllacaceae (*Ternstroemia brasiliensis* (b-d)), Poaceae (*Chusquea caparaoensis* (e)), Salicaceae (*Abatia americana* (f)), Verbenaceae (*Lantana spl* (g-h)).

#### 4. Capítulo 2

### Padrões de riqueza de insetos indutores de galhas em arbustos de campos de altitude da Serra da Mantiqueira-Brasil



#### **4.1. RESUMO. Padrões de riqueza de insetos indutores de galhas em arbustos de campos de altitude da Serra da Mantiqueira-Brasil**

A descoberta de amplos padrões de biodiversidade tem estimulado a geração de inúmeras teorias na ecologia. Insetos galhadores são considerados excelentes modelos ecológicos. O objetivo deste trabalho foi testar as hipóteses do “gradiente altitudinal” que prediz que a riqueza de insetos galhadores diminui com a altitude, “hipótese da riqueza de plantas” que prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a riqueza de plantas e “hipótese da densidade de plantas” que prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a densidade de plantas. As amostragens dos insetos galhadores foram realizadas em campos rupestres e altitudinais de três regiões da Serra da Mantiqueira-Brasil: 1) campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro, município de Araponga – MG, 2) Parque Nacional do Caparaó, município Alto Caparaó e em 3) campos rupestres do Parque Estadual do Ibitipoca, município Conceição do Ibitipoca. Foram registradas 83 espécies de insetos galhadores em 15 famílias, 27 gêneros e 42 espécies de plantas hospedeiras. A riqueza de insetos galhadores para a região do Parque Estadual do Ibitipoca foi 31, para o Parque Estadual do Brigadeiro foi 39 e para o Parque Nacional do Caparaó foi 15. As únicas hipóteses corroboradas foram a do gradiente altitudinal ( $R^2= 0,54$ ;  $F=9.142$ ;  $P=0.0150$ ;  $y = e^{(2.7420036-0.0005478x)}$ ) e de riqueza de plantas ( $R^2 = 0,53$ ;  $F=5.363$ ;  $P= 0.0281$ ;  $y = e^{(1.19730-0.05305x)}$ ). Este estudo corrobora a hipótese de que ambientes sob estresse ambiental possuem uma maior riqueza de insetos galhadores.

**Palavras chaves:** herbivoria, altitude, riqueza de plantas, densidade de plantas, hipóteses de riqueza.

#### **4.2. ABSTRACT. Richness patterns of gall inducing insects in shrubs of campos de altitude from Serra da Mantiqueira-Brazil**

The discovery of broad biodiversity patterns has stimulated the generation of many theories in ecology. Galling insects are considered excellent ecological models. The aim of this study was to test the (1) "altitudinal gradient" hypotheses, which predicts that the galling insects richness decreases with altitude, (2) "Plant richness hypothesis" which predicts that the galling insects richness increases with the plants richness and (3) "plant density hypothesis", which predicts that the galling insects richness increases with the plant density. Samplings were carried out in campos de altitude from three regions of Serra da Mantiqueira 1) campos de altitude of Brigadeiro State Park, in Araponga - MG and 2) Caparaó National Park, in Alto Caparaó-MG and 3) Rupestrian fields of Ibitipoca State Park, in Conceição do Ibitipoca-MG. It was recorded 83 species of gall inducing insects in 15 families, 27 genera and 42 species of plants. The richness of galling insects in the region of the Ibitipoca State Park was 31, for the Brigadeiro State Park was 39 and 15 in the Caparaó National Park. Only two hypotheses were corroborated. The altitudinal gradient ( $R^2 = 0.54$ ,  $F = 914$ ,  $P = 0.015$ , and  $y = (2.7420036 - 0.0005478x)$ ) and the plant richness ( $R^2 = 0.53$ ,  $F = 536$ ,  $P = 0.028$ ,  $y = e(1.19730 - 0.05305x)$ ). This study supports the hypothesis that stressed environments have higher richness of galling insects.

**Key words:** herbivory, altitude, plant richness, plant density, richness hypothesis.

### 4.3. INTRODUÇÃO

A descoberta de amplos padrões de biodiversidade estimula a geração de teorias ecológicas (Price *et al.* 1998). Dessa forma, os ecólogos buscam a compreensão dos padrões de biodiversidade assim como dos mecanismos geradores destes (MacArthur 1972, Tilman 1989, Brown 1995).

Os padrões latitudinais, que descrevem uma maior diversidade em ambientes tropicais quando comparados a ambientes subtropicais, assim como os padrões altitudinais e de profundidade, que descrevem uma correlação negativa entre o aumento de altitude e profundidade com a diversidade biológica, foram descritos para diferentes táxons (Dobzhansky 1950, Fischer 1960, Pianka 1966, Gray 1997, Gaston 2000, Attrill *et al.* 2001, Lomolino 2001).

Estes padrões operam em escala global, entretanto, há evidências de que mesmo quando padrões locais ou regionais corroboram os padrões globais, seus mecanismos geradores podem ter origens distintas (Currie *et al.*, 1999; Willis & Whittaker, 2002). Entre os vários mecanismos geradores dos padrões destacam-se: idade evolutiva (Ricklefs 2003), estabilidade do habitat (Rohde 1999, Attrill *et al.* 2001), heterogeneidade do habitat (Pianka 1966), extremidade ambiental (Gray 1997), interações tróficas (Hansson *et al.* 1998), produtividade (Latham & Ricklefs 1993), assim como contingência histórica (Latham & Ricklefs 1993, Gray 1997). Não existe um mecanismo geral atuando sobre os padrões, mas sim um conjunto destes (Latham & Ricklefs 1993, Begon *et al.* 1996, Price *et al.* 1998, Currie *et al.* 1999, Gaston 2000, Attrill *et al.* 2001, Willis & Whittaker 2002, Ricklefs 2003, Townsend *et al.* 2006). A maioria dos padrões globais estudados baseiam-se em comparações regionais e em compilações de diversas fontes e técnicas de coleta (Fischer 1960, Williams 1964).

Uma forma de minimizar o artefato amostral é a escolha de bons modelos de estudos ecológicos e por meio de padronização das metodologias de coleta e análise (Fernandes & Price 1988, Price *et al.* 1998). Insetos indutores de galhas são considerados excelentes modelos ecológicos por serem abundantes, diversos e possuírem hábitos sésseis, o que facilita a observação em campo, quando comparados a insetos de vida livre (Fernandes & Price 1988).

Insetos galhadores representam uma guilda que se desenvolve nos tecidos meristemáticos das plantas hospedeiras onde as larvas modificam o processo de crescimento natural dos tecidos, transformando as células atacadas em uma estrutura que proporciona excelente qualidade nutricional para as larvas do inseto além de abrigo

contra as adversidades externas (Price *et al.* 1987). Vários estudos tentaram elucidar os padrões de distribuição de riqueza de insetos galhadores em escala local, regional e global (Fleck & Fonseca 2007). Todavia, alguns testes de hipóteses ainda são incipientes e resultados contraditórios reafirmam a necessidade de mais pesquisas que corroborem ou refutem as hipóteses aqui descritas na literatura.

Insetos galhadores parecem ser mais ricos em latitudes intermediárias e baixas altitudes (Fernandes & Lara 1993), assim como em vegetação com solo de baixa qualidade nutricional (Blanche & Ludwig 2001, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004) e ambientes sobre forte estresse higrótérmico (Fernandes & Price 1988, Price *et al.* 1998, Fernandes & Lara 1993b, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b, Lara *et al.* 2002). Além dos fatores ambientais, características das plantas hospedeiras parece ter uma forte influência sobre a riqueza de insetos galhadores. Fatores como a área geográfica (Cornell & Washburg 1979, Cuevas-Reyes *et al.* 2003), tamanho do táxon da planta hospedeira (Fernandes 1992; Blanch & Westody, 1995) à qual a planta pertence (isolamento taxonômico), densidade Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001; Cuevas-Reyes *et al.* 2004), vigor (Cornelissen *et al.* 2008), arquitetura (Araújo *et al.* 2006) e riqueza de plantas (Wright & Samways 1996; 1998; Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001; Oyama *et al.* 2003; Cuevas-Reyes *et al.* 2004b) podem ser parte da explicação para os padrões de riqueza de insetos galhadores.

O objetivo deste trabalho foi testar as hipóteses do 1) gradiente altitudinal (Fernandes & Price 1988, Fernandes & Lara 1993) que prediz que a riqueza de insetos galhadores diminui com a altitude, 2) hipótese da riqueza de plantas (Wright & Samways 1996; 1998; Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001; Oyama *et al.* 2003; Cuevas-Reyes *et al.* 2004b) que prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a riqueza de plantas e 3) hipótese da densidade de plantas (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004) que prediz que a riqueza de insetos galhadores aumenta com a densidade de plantas.

#### 4.4. MATERIAIS E MÉTODOS

##### *Área de Estudo*

As amostragens foram realizadas em campos rupestres e altitudinais de três regiões da Serra da Mantiqueira: 1) campos de altitude do P. E. do Brigadeiro, município de Araponga - MG e 2) P. N. do Caparaó, município Alto Caparaó-MG e em campos rupestres do 3) P. E. do Ibitipoca, município de Conceição do Ibitipoca-MG.

O P. E. Do Brigadeiro localiza-se na zona da mata de Minas Gerais, entre os meridianos 42°20' e 42°40'S e os paralelos 20°20' e 21°00'W (Engevix 1995). Sua litologia é predominantemente constituída por formações graníticas (Machado-Filho *et al.* 1983). O clima é classificado como mesotérmico médio (CW<sub>b</sub>) sendo a temperatura média anual de 18°C e a precipitação de 1.300 mm. A vegetação predominante são fragmentos secundários de floresta estacional semi-decídua (Veloso *et al.* 1991) e campos de altitude (Ferri 1980). Em inventário florístico realizado em campos de altitude do Parque Estadual do Brigadeiro for Caiafa & Silva (2005), foram registradas 81 espécies de plantas vasculares sendo Orchidaceae seguida de Asteraceae as famílias mais representativas.

O P. N. do Caparaó está localizado entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo (20°25'S, 41°48'W) (Safford 2001). O solo é predominantemente formado por rochas metafórficas (Machado Filho *et al.* 1983). A temperatura média é de 10,5 °C enquanto a precipitação média de 1800 mm (Safford 2001). A vegetação é composta por fragmentos secundários de floresta estacional semi-decidual e campos de altitude acima dos 2.250 m (Safford 2001).

O P. E. do Ibitipoca está localizado no sudeste do estado de Minas Gerais (21° 42' S e 43° 54' W). O solo é predominantemente quartizítico (CETEC 1983). Apresenta temperatura média de 18,9 °C e precipitação média de 1.395 mm (Lemos & Melo-Franco 1976). O clima da região é classificado como mesotérmico úmido (classificação de Köppen) (CETEC 1983). Apresenta diferentes fitofisionomias: campo gramíneo, campo rupestre, campo com arbustos e arvoretas além de capões de mata (Andrade & Souza 1995). Estudos florísticos prévios demonstraram a grande importância da região por concentrar alta biodiversidade e um elevado número de espécies endêmicas (Rodela 1998).



### *Amostragem de Insetos indutores de galhas e suas plantas hospedeiras.*

As amostragens foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Fernandes *et al.* (1988). Para cada região, foram escolhidos dez pontos em diferentes altitudes e com vegetação herbácea-arbustiva, totalizando trinta pontos de coleta (n=30). Foram excluídas das amostragens áreas de mata, áreas próximas às trilhas ou com qualquer interferência antrópica visível. Para uma padronização, em cada ponto, foram amostrados a riqueza de galhas das cem primeiras plantas lenhosas de porte arbustivo (até 2 m de altura) por meio de contagem direta sobre a copa, totalizando 1.000 plantas por região e 3.000 plantas em todo o trabalho. A densidade de plantas foi calculada com o número de plantas amostradas dividido pela área. Estudos prévios demonstram diferenças na riqueza de morfotipos de galhas em vegetação de diferentes arquiteturas enfocando a arquitetura da planta como um dos fatores explicativos de concentração de riqueza de insetos galhadores, sendo arbustos, o tipo de vegetação que concentra maior riqueza de galhas (Golçalves & Fernandes 2001, Fernandes *et al.* 1996, Price *et al.* 1997).

De acordo com Carneiro *et al.* (2009) a descrição do morfotipo de galha associada à identificação da espécie de planta-hospedeira é um indicativo confiável da riqueza de insetos galhadores. Cerca de 95% das espécies de Cecidomiídeos descritas no Brasil podem ser identificadas com base em sua forma externa associada à planta hospedeira em que ocorre, reforçando uso dessa metodologia como confiável em estudos com insetos galhadores (Price *et al.* 1998, Blanche 2000, Cuevas *et al.* 2003, 2004; Oyama *et al.* 2003).

As galhas e plantas hospedeiras foram coletadas e trazidas ao laboratório para análises mais detalhadas. Todas as plantas e galhas foram montadas, identificadas e depositadas no Herbário (BHCB) do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Minas Gerais. A classificação das espécies hospedeiras seguiu a classificação proposta pelo “Angiosperm Phylogeny Group” (APGII 2003, ver também Souza & Lorenzi 2005). Galhas foram registradas somente uma vez em cada ponto de coleta para estimar a riqueza.

### *Análise dos dados*

Cada hipótese foi testada separadamente para todas as serras estudadas e individualmente para cada serra. Todas as hipóteses foram testadas através de análises de regressão linear simples com erros Poisson seguidas de ajuste para sobredispersão

quando necessário (Crawley 2002). A variável Y foi a riqueza de insetos galhadores as variáveis x foram a altitude, a riqueza e a densidade de plantas (razão entre o número de indivíduos e a área amostrada). Para testar se houve diferenças na riqueza de insetos galhadores entre as regiões foi utilizado ANOVA. Todas as análises foram feitas com o pacote estatístico R e seguidas pela inspeção dos modelos para verificar se os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram satisfeitos (R Development Core Team. 2005).

#### 4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas 83 espécies de insetos galhadores em 15 famílias, 27 gêneros e 42 espécies de plantas hospedeiras. A riqueza de insetos galhadores para a região do Parque Estadual do Ibitipoca foi 31, para o Parque Estadual do Brigadeiro foi 39 e para o Parque Nacional do Caparaó foi 15.

Não houve variação significativa de riqueza de galhas com a altitude para as três regiões: PEB ( $\chi^2_{1,9}=6,5$ ;  $p=0.796$ ), PNC ( $\chi^2_{1,9}= 9.141$ ;  $p=0.794$ ) e PEI ( $F_{1,9}= 5.116$ ;  $p=0.0535$ ). Quando os dados foram analisados para as três regiões, houve uma variação significativa da riqueza de galhas com a altitude ( $y = e^{(2.7420036-0.0005478x)}$ ;  $F_{1,29}=9.142$ ;  $P=0.015$ ,  $R^2= 0,54$ ) (Figura 4.1).

Poucos estudos testaram a influência da altitude sobre a riqueza de insetos galhadores. Utilizando os dados de literatura do velho mundo (Indonésia), Fernandes & Lara (1993) montaram um modelo onde a altitude tem altíssima influência sobre a riqueza de insetos galhadores. Neste trabalho, a variação altitudinal foi de 3400 m. A altitude respondeu por 76% da variação da riqueza de insetos galhadores. Já em estudos que testaram a variação da riqueza de insetos galhadores nas mesmas altitudes, entretanto seguindo amostragens pareadas em ambientes méxicos e xéricos, a altitude foi fator explicativo de variação da riqueza de insetos galhadores somente em ambientes xéricos (Fernandes & Price 1988, Lara *et al.* 2002). O intervalo altitudinal de Fernandes & Price (1988) foi de 3538m enquanto Lara *et al.* (2002) trabalharam numa variação altitudinal de 700 m. Os autores argumentam que a maior riqueza de insetos galhadores está mais associada às vegetações escleromórficas características de ambientes xéricos do que com a altitude *per se*. A vegetação escleromórfica, comuns em ambientes estressados, além de possuir folhas longevas, é rica em compostos de defesa, fornecendo proteção à guilda de insetos galhadores contra inimigos naturais (Fernandes & Price 1988). Vários trabalhos corroboram essa hipótese (Fernandes & Price 1988,

Fernandes & Lara 1993b, Price *et al.* 1998, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b, Lara *et al.* 2002). Entretanto, trabalhos realizados por Blanche (2000), Blanche & Ludwig (2001) e Veldtman & Mcgeoch (2003) obtiveram resultados inversos, ou seja uma maior riqueza de insetos galhadores em ambientes méxicos. Os autores sugerem que a presença de táxons super-hospedeiros, concentradores de insetos galhadores, pode estar gerando parte destes resultados.

Neste trabalho, a altitude não influenciou a riqueza de insetos galhadores de forma significativa quando as análises foram feitas em separado para cada região (n=10). Talvez esses resultados tenham ocorrido devido à pequena variação altitudinal de cada serra (PEB=608m; PNC=553m; PEI=335m). Em regiões tropicais, a temperatura diminui em 0,6°C a cada 100m de altitude enquanto a precipitação aumenta em altas altitudes (Sarmiento 1986, Carneiro *et al.* 1995). Portanto, para que haja uma modificação higrotermica significativa seria necessário uma variação altitudinal maior. Quando as análises foram realizadas com todas as regiões (n=30) essa variação foi ampla (1378m) e o padrão de variação de riqueza de insetos galhadores com altitude foi corroborado. Outro fator a influenciar os resultados é a presença de taxa super-hospedeiros de insetos galhadores. Nos campos de altitude há um mosaico de arbustos, especialmente espécies de *Baccharis* (Asteraceae) (Safford 1999 a b, 2001, 2007). De acordo com Fernandes *et al.* (1996), o gênero *Baccharis* pode ser o taxa que hospede maior riqueza de insetos galhadores na região neotropical. A presença de um gênero super-hospedeiro de espécies de insetos galhadores pode ter obscurecido o padrão.

Não houve variação significativa de riqueza de galhas e a riqueza de plantas para as três serras: PEB ( $\chi^2_{1,9}=5.092$ ;  $p=0.2243$ ), PNC ( $\chi^2_{1,9}=8.497$ ;  $p=0.398$ ) e PEI ( $F_{1,9}=1.183$ ;  $p=0.308$ ). Quando os dados foram analisados para as três regiões, houve uma variação significativa da riqueza de galhas com a riqueza de plantas ( $y = e^{(1.19730 - 0.05305x)}$ ,  $F_{1,29}=5.363$ ,  $P= 0.028$ ,  $R^2 = 0,53$ ) (Figura 4.2).

Alguns estudos corroboraram a hipótese de aumento na riqueza de insetos galhadores com o aumento da riqueza de plantas (Wright & Samways 1996, 1998, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Oyama *et al.* 2003, Cuevas-Reyes *et al.* 2004b). Já Fernandes & Price *et al.* (1988) encontraram uma fraca e positiva correlação entre as duas variáveis. Outros autores não encontraram uma correlação (Blanche 2000; Lara *et al.* 2002), enquanto Cuevas-Reyes *et al.* (2003) encontraram uma correlação negativa. O mecanismo que parece direcionar essa padrão é uma relação positiva entre o número de plantas potencialmente hospedeiras e a riqueza de insetos galhadores, mesmo que esta

associação ecológica seja espécie-específica (Fleck & Fonseca 2007). A hipótese da riqueza de plantas é fortemente influenciada pela composição de espécies vegetais podendo a presença ou ausência de táxons super-hospedeiros influenciarem os resultados (Fernandes & Price 1988, Price 1992, Blanche & Westbody 1995, Fernandes *et al.* 1996, Blanche 2000). Neste trabalho, acreditamos que a presença do gênero *Baccharis* (Asteraceae) pode ter obscurecido o padrão quando as análises foram realizadas nas regiões separadamente (n=10). O que não ocorreu quando as análises foram realizadas com todas as serras (n=30).

Não houve variação significativa de riqueza de galhas com a densidade de plantas para as três serras: PEB ( $\chi^2_{1,9}=5.2614$ ;  $p=0.2528$ ), PNC ( $\chi^2_{1,9}=8.6409$ ;  $p=0.4507$ ) e PEI ( $F_{1,9}=1.2462$ ;  $p=0.2967$ ). Nem mesmo quando os dados foram analisados para as três regiões, houve uma variação significativa da riqueza de galhas com a densidade de plantas ( $F_{1,29}=2.2081$ ;  $p=0.1485$ ).

O mecanismo que parece direcionar a relação entre densidade de plantas e riqueza de insetos galhadores é a possível correlação positiva entre o aumento da densidade de plantas e de sítios de oviposição por unidade de área assim como a diminuição da pressão por inimigos naturais (efeito top-down) (Solomon 1981, Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001). Insetos galhadores, por serem espécie-específicos, são diretamente influenciados pela composição de plantas da comunidade. Alguns taxons podem concentrar uma elevada riqueza de insetos galhadores (Fernandes & Price 1988; Fernandes *et al.* 1996; Blanche 2000). Portanto, a riqueza de insetos galhadores pode estar mais associada à composição da comunidade vegetal do que a densidade de plantas (Fernandes & Price 1988, Price 1992, Blanche & Westbody 1995, Fernandes *et al.* 1996, Blanche 2000). Apesar disso, alguns estudos corroboraram a hipótese de densidade de plantas mostrando uma correlação positiva entre esta e a riqueza de insetos galhadores (Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001, Cuevas-Reyes *et al.* 2004). Provavelmente, uma explicação alternativa é que esses ambientes são floristicamente mais diversos que os ambientes onde o padrão não foi registrado. No nosso estudo, a presença ou ausência do gênero super-hospedeiro *Baccharis* (Asteraceae) pode estar influenciando mais os resultados do que a densidade de plantas.


Não houve uma variação na riqueza de insetos galhadores entre as regiões estudadas ( $F_{2,27}=3.14$ ;  $p=0.058$ ). A escolha de campos altitudinais associados ao mesmo complexo de serras, Serra da Mantiqueira, e o fato de somente arbustos terem sido amostrados, pode explicar estes resultados.

Este é o primeiro estudo feito em diferentes regiões da Serra da Mantiqueira utilizando uma amostragem padronizada. Outras serras deverão ser amostradas para que seja alcançada uma melhor compreensão da distribuição dos insetos galhadores e de suas plantas hospedeiras.

#### 4.6. REFERÊNCIAS

- Andrade, P. M. & H. C. Souza. 1995. Contribuição ao conhecimento da vegetação do Parque Estadual do Ibitipoca, Lima Duarte Minas Gerais. **Revista Árvore**, **19**: 249-261.
- Andrade, G. I.; M. S. Ivoneide; G. W. Fernandes & V. L. Scatena. 1995. Aspectos biológicos das galhas de *Tomoplagia rudolphi* (Diptera: Tephritidae) em *Vernonia polyanthes* (Asteraceae). **Rev. Brasil. Biol.**, **55**: 819-829.
- APGII. 2003. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APGII. **Botanical Journal of the Linnean Society** **141**: 399-436.
- Attrill, M. J.; R. Stafford & A. A. Rowden. 2001. Latitudinal diversity patterns in estuarine tidal flats: indications of a global cline. **Ecography** **24**: 318-324.
- Begon, M.; J. L. Harper & C. R. Townsend. 1996. **Ecology: individuals, populations, communities**, 3<sup>a</sup> ed. Sunderland Associates, Sunderland. 986p.
- Blanche, K. R. & J. A. Ludwig. 2001. Species richness of gall-inducing insects and host plants along altitudinal gradient in Big Bend National Park, Texas. *American Midland Naturalist* **145**: 219-232.
- Blanche, K. R. & M. Westoby. 1995. Gallforming insect diversity is linked to soil fertility via host plant taxon. **Ecology** **76**: 2334-2337.
- Brown, J. H. 1995. Macroecology. University of Chicago Press, Chicago.
- Caiafa, A. N. & A. F. Silva. 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais-Brasil. **Rodriguésia** **56**: 163-173.
- Carneiro, M. A. A.; C. S. A. Branco ; C. E. D. Braga; E. D. Almada; M. B. M. Costa; G. W. Fernandes & V. C. Maia. 2009. Are gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) host plant specialists? **Revista Brasileira de Entomologia**. (Submetido)
- Carneiro, M. A. A.; S. P. Ribeiro; G. W. Fernandes. 1995. Artrópodes de um gradiente altitudinal da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** **39**: 597-604.

- Cetec. 1983. Diagnóstico ambiental de Minas Gerais. Belo Horizonte. Secretaria do Meio Ambiente de Minas Gerais.
- Cornelissen, T.; G. W. Fernandes & J. Vasconcelos-Neto. Size does matter: variation in herbivory between and within plants and the plant vigor hypothesis. **Oikos** **117**: 1121-1130, 2008.
- Cuevas-Reyes, P.; C. Siebe; M. Martínez-Ramos & K. Oyama. 2003. Species richness of gall-forming insects in a tropical rain forest: correlations with plant diversity and soil fertility. **Biodiversity and Conservation** **12**: 411-422.
- Cuevas-Reyes, P.; M. Quesada,; C. SIEBE & K. Oyama 2004a. Spatial patterns of herbivory by gall-forming insects: a test of the soil fertility hypothesis in a Mexican tropical dry forest. **Oikos** **107**: 181-189.
- Cuevas-Reyes, P.; M. Quesada,; P. Hanson,; R. Dirzo & K. Oyama,. 2004b. Diversity of gall-inducing insects in a Mexican tropical dry forest: the importance of plant species richness, life-forms, host plant age and plant density. **Journal of Ecology** **92**:707-716.
- Currie, D. J.; P. Francis, & J. T. Kerr, 1999. Some general propositions about the study of spatial patterns of species richness. **Écoscience** **6**: 392-399.
- Crawley, M. 2002. **Statistical Computing: an introduction to data analysis using S-plus**. Baffins Lane, John Wiley & Sons, ix + 761 p.
- Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. **American Scientist** **38**:209-221.
- Engevix. 1995. Caracterização do meio físico da área autorizada para criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – Relatório técnico final dos estudos – 8296-RE-H4-003/94 “VER. 1”. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 34p.
- Ferri, M. G. 1980. **Vegetação Brasileira**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo: 157p.
- Ferreira, A. S., G. W. Fernandes & L. G. Carvalho. 1990. Biologia e história natural de *Euphaleurus ostreoides* (Homóptera: Psyllidae) cecidógeno de *Lonchocarpus guillemianus* (Leguminosae). *Rev. Brasil. Biol.*, vol. 50, p. 417-423.
- Fernandes, G. W. 1987. Gall-forming insects: their economic importance and control. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 31, p. 379-398.
- Fernandes, G. W. & A. C. F. Lara. 1993. Diversity of Indonesian gall-forming herbivores along altitudinal gradients. **Biodiversity Letters** **1**:186-192.

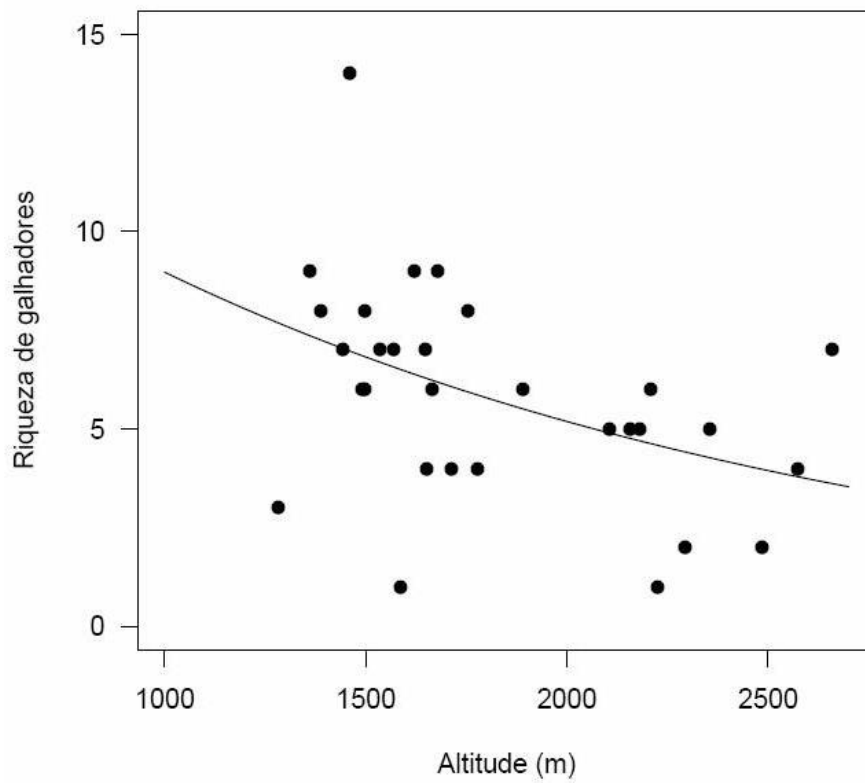
- Fernandes, G. W. & A. C. F. Lara. 1993b. The Geography of galling insects and the mechanisms that result in patterns. *In*: P. W. Price; W. J. Mattson & Y.N. Baranchikov (eds.), *The ecology and evolution of gall-forming insects*. General Technical Report NC-174. United States Department of Agriculture, p. 42-47.
- Fernandes, G. W. & P. W. Price. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. **Oecologia 76**: 161-167.
- Fernandes, G.W. 1992. Plant family and age effects on insular gall-forming species richness. **Globally ecology and biogeography letters 2**: 71-74.
- Fernandes, G. W.; M. A. A. Carneiro; A. C. F. Lara; L. R. Allain; G. R. Julião; G. I. Andrade; T. R. Reis & I. M. Silva. 1996. Galling insects on neotropical species of *Baccharis* (Asteraceae). **Tropical Zoology 9**: 315-332.
- Fleck, T. & C. R. Fonseca. 2007. Hipótese sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis-intra-específico, interespecífico e de comunidade. **Neotropical Biology and Conservation 2**: 36-45.
- Fisher, A.G. 1960. Latitudinal variation in organic diversity. **Evolution 14**:64-81.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. **Nature 405**: 220-227.
- Gonçalves-Alvim, S. J. & G. W. Fernandes. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation 10**: 79-98.
- Gray, J. S. 1997. Marine biodiversity: patterns, threats and conservartion needs. **Biodiversity and Conservation 6**: 153-175.
- Hansson, L.-A.; H. Annadotter; E. Bergman; S. F. Hamrin; E. Jeppesen; T . Kairesalo; E. Luokkanen; P. A. Nilsson; M. Sondergaard & J. Strand. 1998. Biomanipulation as an application of food chain theory: constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes. **Ecosystems 1**: 558- 574.
- Lara, A. C. F.; G. W. Fernandes & S. J. Goncalves- Alvim. 2002. Tests of hypotheses on patterns of gall distribution along an altitudinal gradient. **Tropical Zoology 15**: 219-232.
- Latham, R. E. & R. E. Ricklefs. 1993. Global patterns of tree species richness in moist forests: energy-diversity theory does not account for variation in species richness. **Oikos 67**: 325-333.
- Lemos, A. B. & M. V. Melo-Franco. 1976. **Situação atual dos Parques Florestais e Reservas Biológicas de Minas Gerais**. Fundação João Pinheiro 6:33-41. 

- Lomolino, M. V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology & Biogeography** **10**: 3-13.
- MacArthur, R.H. 1972. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. Harper and Row, New York.
- Machado-Filho, L.; M. W., Ribeiro; S. R. Gonzalez, C. A. Schenini; A. Santos-Neto; R. C. B. Palmeira; J. L. Pires; W. Teixeira & H. E. F. Castro. 1983. Geologia. *In: Projeto RADAMBRASIL*. Geologia. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Volume 32. Rio de Janeiro. p. 56-66.
- Oyama, K.; M. A. Pérez-Pérez; P. Cuevas-Reyes & R. Luna-Reyes. 2003. Regional and local species richness of gall-inducing insects in two tropical rain forests in Mexico. **Journal of Tropical Ecology** **19**: 595–598.
- Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. **American Naturalist** **100**:33-46.
- Price, P. W.; G. L. Waring & G. W. Fernandes. 1987. Hypotheses on the adaptive nature of galls. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, vol. 88, p. 361-363.
- Price, P. W. 1992. Evolution and ecology of gall-inducing sawflies. Pages 208-224 in J. D. Shorthouse and O. Rohfritsch, editors. **Biology of insect-induced galls**. Oxford University Press, New Yourk, USA.
- Price, P. W.; G. W. Fernandes; A. C. F. Lara; J. Brawn,; H. Barrios; M. G. Wright; S. P. Ribeiro & N. Rothcliff. 1998. Global patterns in local number of insect galling species. **Journal of Biogeography** **25**:581-591.
- R Development Core Team (2006). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org>.
- Ricklefs, R. E. 2003. **A economia da natureza**, 5<sup>a</sup> ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 436p.
- Rohde, K. 1999. Latitudinal gradients in species diversity and Rapoport's rule revisited: a review of recent work and what can parasites teach us about the causes of the gradients? **Ecography** **22**: 593-613.
- Rodela, L. G. 1998 Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. v. 12.
- Rohfritsch, O. & J. D. Shorthouse. Insect galls. In KAHL, G. and SCHELL, J. S. *Molecular biology of plant tumors*. New York: Academic Press, 1982, vol 1, p. 131-152.

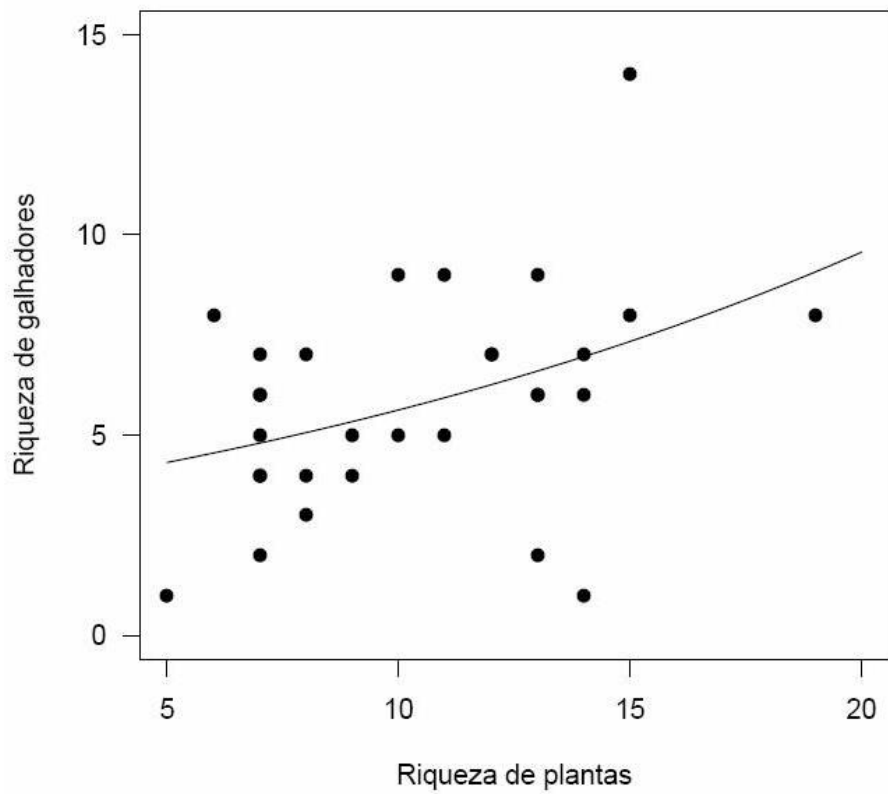


- Safford, H. D. 1999a. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography** **26**: 693-712.
- Safford, H. D. 1999b. Brazilian Pa´ramos II. Macro- and mesoclimate of the *campos de altitude* and affinities with high mountain climates of the tropical Andes and Costa Rica. *Journal of Biogeography* **26**, 713–737.
- Safford, H. D. 2001. Brazilian Paramos. III. Patterns and Rates of Postfire Regeneration in the Campos de Altitude. **Biotropica** **33**: 282–302.
- Safford, H. D. 2007. Brazilian Paramos. IV. Phytogeography of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*. **Journal of Biogeography** **34**: 1701–1722.
- Sarmiento, G. 1986. Ecological features of climate in high tropical montains, p. 11-45. In: S. VULLEUMIER; M. MONASTERIO ( eds. ) High altitude tropical biogeography. New York, Oxford University Press, xx + 451 p.
- Solomon, B. P. 1981. Response of a host-specific herbivore to resource density, relative abundance and phenology. **Ecology** **62**: 1205–1214
- Tilman, D. 1989. Discussion: Population dynamics and species interactions. *Perspectives in ecological theory* (ed. By J. Roughgarden, R. M. May and S. A. May and S. A. Levin), pp. 89-100. Princeton University Press, Princeton.
- Townsend, C. R.; ,M. Begone; J. L. Harper. 2006. **Fundamentos em ecologia**, 2ª ed. Artmed, Porto Alegre. 592p.
- Veldtman, R. & M. A. Mcgeoch. 2003. Gall-forming insect species richness along a nonscleromorphic vegetation rainfall gradient in South Africa: The importance of plant community composition. **Austral Ecology** **28**:1-13.
- Veloso, H. P.; A. L. R. Rangel Filho & J. C. A. Lima. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 123p.
- Willians, C. B. 1964. Patterns in the balance of nature and related problems in quantitative ecology. Academie, London.
- Willis, K. J. & R. J. Whittaker. 2002. Species diversity – scale matters. **Science** **295**: 1245-1248.
- Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. Norton, New York.
- Wright, M. G. & M. J. Samways. 1996. Gall insect species richness in African Fynbos and Karoo vegetation: the importance of plant species richness. **Biodiversity Letters** **3**:151-155.

Wright, M. G. & M. J. Samways. 1998. Insect species richness tracking plant species richness in a diverse flora: gall-insect in the Cape Floristic Region, South Africa. **Oecologia** **115**:427-433.



**Figura 4.1.** Relação entre riqueza de insetos indutores de galhas e altitude. (equação:  $y = e^{(2.7420036 - 0.0005478x)}$ ,  $F_{1,29}=9.142$ ,  $P=0.015$ ,  $R^2=0,54$ ).



**Figura 4.2.** Relação entre riqueza de insetos indutores de galhas e riqueza de plantas (equação:  $y = e^{(1.19730 - 0.05305x)}$ ,  $F_{1,29}=5.363$ ,  $P= 0.028$ ,  $R^2 =0,53$ )