UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

Efeito da fragmentação florestal no estado de São Paulo na interação de
Ficus eximia Schott e suas vespas associadas

LUDMILA MARIA RATTIS TEIXEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,
como parte das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: Entomologia.

Ribeirão Preto - SP
2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

Efeito da fragmentação florestal no estado de São Paulo na interação de
Ficus eximia Schott e suas vespas associadas

Ludmila Maria Rattis Teixeira

Dissertação apresentada à Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,
como parte das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: Entomologia

Orientador: Rodrigo Augusto Santinelo Pereira

Ribeirão Preto - SP
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Rattis-Teixeira, Ludmila Maria

Efeito da fragmentação florestal no estado de São Paulo na interação de *Ficus eximia* Schott (Moraceae) e suas vespas associadas. Ribeirão Preto. 2010
68 p. : il. ; 30cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração:
Entomologia.

Orientador: Pereira, Rodrigo Augusto Santinelo.

1. Fragmentação florestal 2. *Ficus* 3. Interação inseto-planta 4. Mutualismo
5. Ecologia de paisagens

“Trained to control our variables, we prefer to study systems where the uncontrollable human impact is minimal, and our first inclination is to put a fence around our study sites to exclude disturbance by people. However, in order to understand human impact we must consider people as part of the system and include them in our studies just like any other variable. A science of biodiversity must incorporate the impact of humans on the landscape as well as their behavior vis-à-vis the environment...” (Otto T. Solbrig)

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e profissionais a eles vinculados;

À FAPESP e CAPES pela bolsa concedida e PROAP/CAPES e FAPESP (04/10299-4) pelo auxílio financeiro;

À Fundação Florestal e ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo pela autorização e apoio logístico e aos seus funcionários e ajudantes de campo: Beto, Célia, Fábio, Lauro, Sérgio, Teodoro e vigilantes da “TREZE” (Estação Ecológica dos Caetetus); Alex, Bruno Lima, Cris, Eurico, Helder, Homero, Osvaldo, Roberto e Zezinho (Parque Estadual Morro do Diabo);

Aos docentes desta Universidade em especial, Prof. Dr. Marco Antonio Del Lama, Prof^ª Dr^ª Zilá Paulino Simões e Prof^ª Dr^ª Márcia Bitondi pela impecável didática e empenho no ensino; e a Prof^ª Dr^ª Angélica Maria Penteado-Dias da Universidade Federal de São Carlos pela ajuda na identificação dos braconídeos;

Ao Prof. Dr. Rodrigo Augusto Santinelo Pereira pela oportunidade, orientação e confiança a cada passo dado;

Aos colegas do laboratório de Ecologia Vegetal: Luís Francisco, Larissa Elias, Sérgio Jansen, Fernando Farache, Pamela Silva, Mariana Lapate, Monise Cerezini, Anayra Lamas, Vanessa do Ó, Luciano Palmieri, Michele Medeiros, Ana Cazarotti e Paulo Furini;

A todos que colaboraram com os trabalhos de campo e coleta de dados: Luís Francisco, Luciano Palmieri, Mariana Lapate, Fernando Farache, Monise Cerezini, Sérgio Jansen, Vanessa do Ó, Michele Medeiros, Ana Cazaroti e Paulo Furini;

Agradeço especialmente ao Luis Francisco (Mafalda) pela análise preliminar das métricas das paisagens, por viabilizar grande parte do trabalho em campo; pela classificação das imagens de satélite e, com grande generosidade, compartilhar seus conhecimentos e experiências, discutir cada etapa do trabalho e me ensinar a trabalhar em campo;

Ao Fernando Farache, Henrique Cantalogo, Vanessa do Ó, Larissa Elias e Fátima Rattis pela revisão do texto;

À Prof. Dra. Sônia Zampieron por sempre me encorajar e dar oportunidades;

Aos amigos Vinicius Cardoso, Gabriela Venturini, Reginaldo Machado e Rogério Silva, em especial à querida Danielle Miranda;

Ao Henrique, pela parceria incondicional;

Aos avós Geralda, Alcides, Luzia e Oswaldo que sempre rezaram para a onça não me pegar na mata;

Aos meus irmãos Jayme (e Ana Paula), Luciana e Paula por sempre me defender e ouvir;

À minha bebezinha, Maria Paula que brinca com os figos no chão;

Ao Paulo Teixeira e à Fátima Rattis: meus queridos pais, dos quais me orgulho tanto... Impossível enumerar todas as formas de ajuda que vocês me proporcionaram;

A Deus... Que a tudo sonda e sabe o quanto sou grata a todos que foram seus instrumentos na minha vida acadêmica...

Índice

Resumo.....	8
Abstract	9
Índice de figuras	10
Índice de tabelas	11
1. Introdução.....	12
2. Objetivos	17
3. Materiais e Métodos	19
3.1 - Espécie estudada	20
3.2 - Áreas de estudo	20
3.2.1 -Ribeirão Preto	21
3.2.2 - Gália.....	22
3.2.3 – Teodoro Sampaio	24
3.3 - Coleta de dados	25
3.4 - Forma de análise dos dados	27
3.4.1 - Disponibilidade de vespas polinizadoras	27
3.4.2 - Fragmentação vs. comunidade de vespas	28
3.4.3 – Efeito da fragmentação sobre os componetes reprodutivos das figueiras.....	28
4. Resultados	31
4.1 – Características das paisagens	32
4.2 – Disponibilidade de vespas polinizadoras	33
4.3 – Fragmentação vs. comunidade de vespas.....	36
4.4 – Efeito da fragmentação sobre os componentes reprodutivos das figueiras.....	40
5. Discussão.....	48
5.1 – Disponibilidade de vespas polinizadoras	49
5.2 – Fragmentação vs. comunidade de vespas.....	50
5.3 – Efeito da fragmentação sobre os componentes reprodutivos das figueiras.....	51
6. Considerações finais.....	53
7. Referências bibliográficas	55
Apêndices	60
Apêndice 1 - Paisagem e Classificação dos mapas	61
Apêndice 2 – Fotodocumentação das vespas	65
Apêndice 3 - Coletas	68

Resumo

Frente ao intenso processo de fragmentação florestal sofrido no Brasil, este trabalho avaliou o efeito da fragmentação de Florestas Estacionais Semidecíduais no Estado de São Paulo sobre a interação *Ficus eximia* e vespas (polinizadoras e não-polinizadoras). A abordagem foi realizada em duas escalas, (1) Na paisagem, com comparações entre os dados encontrados nas regiões de Teodoro Sampaio (menos fragmentada); Gália (intermediária) e Ribeirão Preto (mais fragmentada); e (2) Na escala local, considerando as características da paisagem no entorno das plantas amostradas. As questões investigadas foram: (a) Existe limitação de pólen em paisagens muito degradadas? (b) A estrutura da comunidade de vespas varia de acordo com o nível de fragmentação e distúrbio dos habitats? (c) Possíveis limitações de pólen ou parasitismo por vespas não-polinizadoras comprometem os componentes primários de fecundidade das figueiras nas paisagens mais fragmentadas? Para responder tais questões, coletamos figos na fase interfloral (após a entrada da polinizadora e antes da maturação das sementes e prole) e figos em fase próxima à emergência das vespas. Os resultados mostraram que não houve indícios de limitação de vespas polinizadoras em nenhuma das paisagens estudadas. As comunidades apresentaram padrão aninhado, ou seja, a comunidade mais pobre em espécies – Teodoro Sampaio – representou uma subamostra das comunidades mais ricas – Ribeirão Preto e Gália. A disponibilidade de vespas polinizadoras parece ser maior na paisagem mais fragmentada. As vespas parasitas inquilinas afetaram negativamente as produções de sementes e polinizadores em Ribeirão Preto; as vespas galhadoras também afetaram negativamente a produção de sementes em Gália e a produção de sementes e polinizadores em Teodoro Sampaio. No entanto, não foram detectadas, em geral, relações significativas entre as variáveis relacionadas ao potencial reprodutivo das figueiras e as características das paisagens estudadas. O presente estudo mostrou que o mutualismo *Ficus*-vespas de figo parece ser robusto às alterações da paisagem em escala subcontinental. O sistema reprodutivo alógamo das figueiras, com polinização biótica aprimorada pelo vento torna esse sistema biológico bastante insensível às modificações ambientais em pequena escala.

Abstract

Brazilian forests, especially in the central and southeast regions, have been subject to intense habitat fragmentation. This study evaluated the fragmentation effects of semideciduous seasonal forests in São Paulo on the interaction between *Ficus eximia* and associated wasps (pollinating and non-pollinating). Our approach comprised two scales: (1) landscape scale, for which we compared data from the studied regions, namely Teodoro Sampaio (less fragmented), Gália (intermediate) and Ribeirão Preto (more fragmented) and (2) local scale, for which we considered the characteristics of the surrounding landscape of the sampled plant. The investigated issues were the following: (a) Is there pollen limitation in greatly degraded landscapes? (b) Does wasp community structure vary with fragmentation level and habitat disturbance? (c) Is it possible that limitations of pollen or parasitism by non-pollinating wasps compromise the primary fertility components of fig trees in the more-fragmented landscape? To answer these questions, we collected figs at interfloral phase (after the pollinator had entered the fig and before offspring and seeds had completed their development) and figs close to wasp emergence phase. The results showed no evidence of pollination limitation in any studied landscape. The communities had a nested pattern, i.e., the species-poorest community – Teodoro Sampaio – is a subsample of the richer communities – Ribeirão Preto and Gália. The availability of pollinating wasps appears to be greater in more fragmented landscapes. Inquiline fig wasps negatively affected seed and pollinator production in Ribeirão Preto; galler wasps also negatively affected seed production in Gália and seed and pollinator production in Teodoro Sampaio. However, significant relationships between variables related to fig reproductive potential and landscape characteristics were generally not detected. This study showed that *Ficus*-fig wasp mutualism appears to be resistant to landscape changes on a subcontinental scale. The reproductive system of fig biotic pollination enhanced by the wind makes this biological system rather insensitive to small-scale environmental changes.

Índice de figuras

Figura 1: Ciclo de vida das vespas associadas a <i>Ficus</i>	15
Figura 2: Polinização de espécies monóicas de <i>Ficus</i>	15
Figura 3: Localização das áreas de estudo no Estado de São Paulo.....	21
Figura 4: Mapa do uso do solo da região de Ribeirão Preto.....	22
Figura 5: Mapa do uso do solo da região de Gália.....	23
Figura 6: Mapa do uso do solo da região de Teodoro Sampaio	25
Figura 7A: Coleta de <i>Ficus eximia</i> na borda do Parque Estadual Morro do Diabo.....	27
Figura 8: Métricas (variáveis independentes) das três paisagens.....	33
Figura 9: Vespas encontradas nos sicônios na fase interfloral.....	34
Figura 10: Abundância relativa das espécies associadas a <i>F. eximia</i>	37
Figura 11: Gêneros de vespas que ocorrem nas três paisagens.....	38
Figura 12: Componentes reprodutivos de <i>F. eximia</i>	41

Índice de tabelas

Tabela 1: Perfil climático nas três regiões de estudo.....	20
Tabela 2: Modelos lineares das variáveis na fase interfloral nas três paisagens.....	35
Tabela 3: Vespas polinizadoras e não-polinizadoras e modo de colonização.....	36
Tabela 4: Matriz de presença e ausência das vespas que ocorrem em <i>F. eximia</i>	36
Tabela 5: Conjuntos de espécies de vespas associadas a <i>F. eximia</i>	39
Tabela 6: Correlações entre (comunidade de vespas) $\times$ (métricas da paisagem).....	40
Tabela 7: Correlações entre (componentes reprodutivos) $\times$ (métricas da paisagem).....	43
Tabela 8: Correlações entre (não-polinizadoras) $\times$ (métricas de paisagem).....	45
Tabela 9: Correlações entre (componentes reprodutivos) $\times$ (biologias das vespas).....	46
Tabela 10: Correlações entre (índices de Pearson) $\times$ (métricas de paisagem).....	47

1. Introdução

A perda de hábitat nos trópicos, vista hoje como a principal ameaça de extinção biológica (Thomas et al., 2004), pode assumir várias formas, incluindo a conversão para a agricultura, a exploração madeireira e a fragmentação. Fragmentação de hábitat é usualmente definida como um processo na escala da paisagem envolvendo tanto perda quanto rompimento de hábitat (Lord e Norton, 1990, Fahrig, 2003). Desde a publicação da teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur e Wilson, 1967), um número crescente de pesquisas tenta elucidar os principais efeitos da perda de hábitat e da fragmentação em comunidades biológicas (Fahrig, 2003, Pardini et al., 2009). Entre esses efeitos, a perda de diversidade, principalmente das espécies especialistas, é bastante preocupante (Bruna et al., 2002; Pryanga, 2004, Wang et al., 2005).

Paisagens fragmentadas são compostas por redes de manchas de hábitat de composições diferentes. Na maioria dos casos, tais paisagens mantêm algum grau de conectividade através da matriz que permeia os fragmentos (Gascon, et al., 1999). As respostas dos organismos à fragmentação florestal são variadas. Alguns grupos de aves e formigas apresentam decréscimo no número de espécies em ambientes fragmentados, ao passo que, algumas comunidades de pequenos mamíferos e anfíbios podem ser mais ricas em espécies em paisagens fragmentadas. Nesse último caso, o aumento na riqueza de espécies deve-se a invasão de espécies adaptadas à matriz que, com a fragmentação, passam a habitar os fragmentos florestais (Gascon, et al., 1999). Ainda, espécies com dispersão limitada parecem ser mais vulneráveis à perda e alteração do hábitat (Spitzer et al., 1993; Horner-Devine et al., 2003; Bonebrake et al., 2010).

Devido aos efeitos mais evidentes, os estudos de fragmentação têm usado como modelo grupos de organismos reconhecidamente mais sensíveis e/ou com dispersão mais restrita (Pardini, 2004; Asfora e Pontes, 2009). Por outro lado, organismos com grande capacidade de dispersão, como as vespas polinizadoras de figo, são negligenciados. Desta forma, os efeitos da fragmentação de hábitat sobre a estrutura dessas comunidades é ainda desconhecido. Apesar do pequeno tamanho corporal (1 – 2 mm de comprimento) e do curto tempo de vida (aproximadamente 1 dia), essas vespas são capazes de dispersar o pólen das figueiras a distâncias superiores a 100 km (Ahmed et al., 2009), resultando em populações que abrangem escala subcontinental, uma ordem de magnitude maior do que os registros de quaisquer outras espécies de plantas (Nason et al., 1998).

Ficus (Moraceae) constitui um dos maiores gêneros de plantas terrestres, com cerca de 750 espécies (Berg & Corner, 2005), divididas em 19 seções (Rønsted et al., 2008). As vespas que polinizam as figueiras pertencem à família Agaonidae (Hymenoptera, Chalcidoidea), que compreende 20 gêneros (Bouček, 1993; Weiblen, 2002). Geralmente as

plantas de cada seção do gênero são polinizadas por vespas de um gênero particular de Agaonidae (Cook & Segar, 2010). O sistema *Ficus*-vespas de figo envolve uma relação complexa que provavelmente se estabeleceu no Terciário superior, há cerca de 60 milhões de anos (Rønsted et al., 2005).

O ciclo de vida dos figos e das vespas (figura 1) é dividido em cinco fases bem definidas (Galil & Eisikovitch, 1968). A primeira, denominada fase A ou pré-feminina, é marcada pela presença de flores pistiladas imaturas. Com o amadurecimento de tais flores, os estigmas se tornam receptivos à polinização e o figo libera substâncias voláteis que atraem as vespas polinizadoras (Hossaert-McKey et al., 1994). Nesta fase, denominada fase B ou feminina, as vespas polinizadoras fêmeas (fundadoras) adentram o sicônio através de uma abertura denominada ostíolo, geralmente perdendo as asas e antenas. As fundadoras polinizam as flores pistiladas e depositam seus ovos em algumas delas. As flores polinizadas originam frutos e aquelas que receberam ovos transformam-se em galhas (figura 2), onde as larvas das vespas se desenvolvem. Essa fase é conhecida como fase C ou interfloral. Quando o ciclo de desenvolvimento das vespas está completo, ocorre a maturação das flores estaminadas na inflorescência. Os machos emergem primeiro, acasalando com as fêmeas ainda em suas galhas. Na sequência, fase D, as fêmeas fecundadas emergem de suas galhas e coletam pólen. Na última fase, elas abandonam o figo natal, encontrando então figos receptivos, os quais serão polinizados. Após a saída das vespas, os figos completam seu amadurecimento (Galil & Eisikowitch 1968).

A complexidade do mutualismo *Ficus* – vespas de figo aumenta pela ocorrência de vespas não-polinizadoras, que podem chegar até 30 espécies por espécie hospedeira de *Ficus* (Cook & Segar, 2010). Essas vespas utilizam o figo para desenvolver suas proles, mas não realizam polinização, uma vez que geralmente depositam seus ovos pelo lado externo, inserindo seus longos ovipositores através da parede do figo (Weiblen 2002).

Figura 1: Ciclo de vida das vespas associadas a *Ficus*. Ilustração modificada de Simon van Noort (www.figweb.org).

As vespas não-polinizadoras afetam negativamente a produção de frutos (função feminina da planta), ovipondo em ovários que poderiam produzir sementes; e também a produção de vespas polinizadoras dispersoras de pólen (função masculina da planta) (Bronstein, 1992; Pereira, 1998). Desta forma, a razão do número de vespas polinizadoras/não-polinizadoras produzidas em cada figo relaciona-se diretamente aos componentes reprodutivos das figueiras. Com isso, qualquer variação nessa razão, resultante de processos de alteração do hábitat natural (e.g. fragmentação florestal) alteraria o sucesso reprodutivo das figueiras e a manutenção do mutualismo.

Figura 2: Polinização de espécies monóicas de *Ficus* cujas funções masculinas (produção de vespas) e femininas (produção de sementes) ocorrem na mesma inflorescência (Pereira et al., 2010)

As figueiras são consideradas recursos-chave para frugívoros em florestas tropicais, pois provêem frutos em períodos de escassez de outros recursos (Terborgh, 1986; Kinnaird et al., 1996; Kannan & James, 1999; Shanahan et al., 2001). Ao atrair frugívoros, tais árvores

ajudam na chegada de sementes ingeridas em outros locais, representando um papel importante na regeneração e recomposição de comunidades vegetais (Kinnaird et al., 1996; Thornton et al., 1996; Galindo-Gonzalez et al., 2000; Thornton et al., 2001; Guevara et al., 2004). Essa característica de recurso-chave é resultado do padrão fenológico, no qual a produção de figos é sincronizada em cada planta, mas árvores diferentes florescem assincronicamente ao longo do ano (Milton et al., 1982; Windsor et al., 1989; Corlett, 1993; Figueiredo et al., 1995; Figueiredo & Sazima, 1997; Pereira et al., 2007^a). Em nível populacional, a presença de plantas florescendo ao longo do ano é fundamental para a manutenção da população das pequenas vespas polinizadoras que dependem exclusivamente das figueiras para se reproduzirem (Janzen, 1979; Weiblen, 2002).

No Brasil, particularmente no Estado de São Paulo, a fragmentação florestal acentuada coloca em risco a conservação de espécies de *Ficus*, com efeitos negativos indiretos sobre a fauna e espécies vegetais com dispersão zoocórica. A análise da produção relativa de sementes e vespas (vetores do pólen) polinizadoras nas safras de uma determinada figueira fornece informações sobre os componentes primários de suas funções feminina e masculina, respectivamente (Pereira, 1998). Estes componentes primários podem ser utilizados inicialmente para estimar o sucesso reprodutivo da planta e a sensibilidade do mutualismo *Ficus*-vespas polinizadoras às condições ambientais. Há relatos de que populações pequenas de *Ficus* são limitadas pela disponibilidade de vespas polinizadoras, deixando parte da safra sem polinização (Compton et al., 1994). Desta forma, a baixa disponibilidade de polinizadoras poderia resultar em maiores proporções de figos não polinizados ou na menor produção de sementes.

Questiona-se qual seria o efeito da fragmentação do hábitat sobre tais espécies, que, por um lado, aparentemente são mais resilientes por apresentar grande capacidade de dispersão das vespas polinizadoras (Nason et al., 1998; Ahmed et al., 2009) e por outro, podem ser mais susceptíveis à fragmentação por participarem de interações ecológicas altamente específicas e obrigatórias (Bond, 1994; Johnson & Steiner, 2000; Ghazoul, 2005; Klank et al., 2010). Assim, para avaliarmos o efeito da fragmentação de Florestas Estacionais Semidecíduais no Estado de São Paulo sobre a interação *Ficus eximia* e vespas (polinizadoras e não-polinizadoras), propusemos os seguintes objetivos e questões.

2. *Objetivos*

1) Avaliar se o nível de fragmentação da paisagem interfere na reprodução das figueiras:

- ✓ Existe limitação de pólen em paisagens mais fragmentadas?
- ✓ A diversidade de espécies de vespas não-polinizadoras associadas à *Ficus eximia* variam de acordo com o nível de fragmentação da paisagem?
- ✓ Possíveis limitações de pólen ou parasitismo por vespas não-polinizadoras comprometem os componentes primários de fecundidade das figueiras nas paisagens mais fragmentadas?

3. Materiais e Métodos

3.1 - Espécie estudada

Ficus eximia pertence ao subgênero *Urostigma*, seção *Americana*. É uma espécie monóica e seus indivíduos apresentam hábito terrícola estabelecendo-se sobre troncos caídos ou diretamente no solo. *Ficus eximia* é polinizada por vespas do gênero *Pegoscapus* Cameron 1906 e associada a outras espécies de vespas não-polinizadoras pertencentes aos gêneros *Aepocerus* Mayr 1885, *Anidarnes* Bouček 1993, *Eurytoma* Illiger 1807, *Heterandrium* Mayr 1885, *Idarnes* Walker 1843, *Physothorax* Mayr 1885 e *Torymus* Dalman 1820, além de outras espécies de vespas pertencentes à família Braconidae (Hym., Ichneumonoidea). Os figos são verdes quando maduros, atingindo aproximadamente 1,5 cm de diâmetro. A floração de *F. eximia* é assincrônica entre indivíduos, ocorrendo durante todo o ano entre os indivíduos da população do campus da USP/Ribeirão Preto (Cerezini et al., 2007), porém encontramos um padrão mais sazonal em alguns locais (ver Apêndice 3). *Ficus eximia* desenvolve-se bem em ambientes pouco perturbados sendo que raramente são encontrados juvenis em bordas e clareiras de matas.

3.2 - Áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em três áreas de Floresta Estacional Semidecidual (Veloso et al., 1991) no interior do Estado de São Paulo (figura 3). O clima nas áreas de estudo (tabela 1) é predominantemente continental, caracterizado por apresentar alta sazonalidade, com inverno seco e estação chuvosa no verão.

Tabela 1: Perfil climático nas três regiões de estudo. A altitude apresentada foi a obtida pelos pontos marcados neste estudo. Fonte: Ribeirão Preto (Boletim CIIAGRO, 2010); Gália (Tabanez et al., 2005); Teodoro Sampaio (Faria, 2006).

Paisagem	Altitude	Temperatura média	Precipitação média
Ribeirão Preto	500 – 775	22,8°C	1.462 mm
Gália	470 – 720	21,5°C	1.431 mm
Teodoro Sampaio	251 – 595	21,0°C	1.200 mm

Cada paisagem foi delimitada por uma área quadrangular de 31,6 km de lado, totalizando 100.000 ha. Para o reconhecimento da área de estudo foram utilizadas cartas topográficas na escala de 1:50.000 (www.ibge.gov.br/download/geociencias/topo50/tif/), e 1:250.000 (www.ibge.gov.br/download/geociencias/topo250/pdf/) obtidas no sítio do IBGE,

além de mapas e imagens de diversas fontes (Kotchetskoff-Henriques 2003, Google Earth (<http://earth.google.com/>), Ditt 2000, Tabanez et al., 2005 e Faria, 2006)

A partir de análises preliminares e visitas às regiões, classificamos como paisagem muito fragmentada a paisagem de Ribeirão Preto, seguida por Gália e Teodoro Sampaio (menos fragmentada). A proporção de hábitat remanescente em Ribeirão Preto é cerca de três vezes menor que Gália e cinco vezes menor que Teodoro Sampaio.

Figura 3: Localização das áreas de estudo no estado de São Paulo. Os quadrados abrangem 100.000 hectares. Fonte: mosaico com imagens do satélite CBERS (CCD) elaborado pelo INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br)

3.2.1 -Ribeirão Preto

A região situa-se entre as latitudes $21^{\circ} 27' - 21^{\circ} 11' S$ e longitudes $48^{\circ} 07' - 47^{\circ} 49' O$, com altitude variando de 500 – 775. O desmatamento foi impulsionado pela cultura cafeeira. Com a chegada da ferrovia a Ribeirão Preto em 1883, a capacidade de escoamento da produção aumentou e, conseqüentemente, as áreas plantadas na região. Atualmente a matriz é composta predominantemente por canaviais, com poucas áreas destinadas a pastagens, produção de eucalipto e assentamentos ligados à reforma agrária, restando cerca de 630 fragmentos com tamanhos que variam de 0,05 a 754 hectares. A região de estudo

(figura 4) abrange os municípios de Barrinha, Cravinhos, Dumont, Guataporá, Luis Antônio, Motuca, Pradópolis, Ribeirão Preto e Sertãozinho.

Figura 4: Mapa do uso do solo da região de Ribeirão Preto. O retângulo em vermelho representa a área de 100.000 ha analisada. Elaborado por Coelho, LFM (dados não publicados).

3.2.2 - Gália

A região de Gália localiza-se entre as latitudes 22° 30' - 22° 14' S e as longitudes 49° 52' - 49° 34' O, com altitude variando entre 470 e 720 m. O grande diferencial do processo de substituição de áreas florestais por cafezais está associado ao Sr. Olavo Amaral Ferraz, que em 1927 comprou uma propriedade com cerca de 3.000 alqueires, reservando cerca de 900 alqueires de mata virgem como área de caça e ocupando a área restante com cafezais, portanto os fragmentos nessa região encontram-se isolados a cerca de 80 anos. Com o passar

dos anos, Ferraz adotou uma postura conservacionista e solicitou ao governo do Estado a desapropriação da área florestada para criação de uma unidade de conservação, a Estação Ecológica de Caetetus. Atualmente, a região possui a matriz mais diversificada entre as três escolhidas neste estudo, com predomínio de cafezais e pastagens, além de frações menores destinadas a produção de laranja, coco, borracha (seringais) e eucalipto. Apesar de bastante fragmentada, há fragmentos com área bastante expressiva, alguns atingindo entre 500 a 1000 ha, além de outros com menos de 100 ha (Tabanez et al., 2005). A região (figura 5) abrange os municípios de Alvinlândia, Fernão, Gália, Garça, Lucianópolis, Lupércio e Ubirajara.

Figura 5: Mapa do uso do solo da região de Gália. O retângulo em vermelho representa a área de 100.000 ha analisada. Elaborado por Coelho, LFM (dados não publicados).

3.2.3 – Teodoro Sampaio

A região de Teodoro Sampaio localiza-se entre as latitudes 22° 38' - 22° 21' S e as longitudes 52° 28' - 52° 10', com altitude variando entre 250 a 720 m. Criado em 1986, preserva a última grande área de floresta de planalto no território paulista: o Parque Estadual Morro do Diabo (figura 6).

Esta região teve a taxa de desmatamento aumentada significativamente em 1922, com a chegada da ferrovia a Presidente Prudente. Em 1941, o governo do Estado de São Paulo iniciou o processo de criação de três reservas florestais na região do Pontal do Paranapanema, totalizando 297.370 ha de floresta estacional semidecidual. Das três reservas a única viabilizada foi a do Morro do Diabo, transformada em 1986 em Parque Estadual (Ditt, 2000). A redução da cobertura florestal no entorno do Parque Estadual Morro do Diabo (PEMD), ocorreu nos últimos 60 anos. Atualmente, além dos 33.845 ha protegidos pelo Parque, restam cerca de 10.000 ha distribuídos em diversos remanescentes, a maioria com menos de 50 ha e poucos fragmentos entre 500 e 2000 ha (Ditt, 2000). A região de estudo abrange Teodoro Sampaio e Euclides da Cunha Paulista (SP) e Santo Antônio do Caiuá (PR).

Figura 6: Mapa do uso do solo da região de Ribeirão Preto. O retângulo em vermelho representa a área de 100.000 ha analisada. Elaborado por Coelho, LFM (dados não publicados).

3.3 - Coleta de dados

Percorremos as três paisagens de forma a abranger o máximo possível de sua extensão. Todos os indivíduos de *F. eximia* localizados foram georreferenciados (mais detalhes nos Apêndices 1 e 3) e monitorados. Ao longo do trabalho percebeu-se que apenas os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) > 35 cm se reproduziam. A partir de então somente estes foram visitados. Safras provindas de árvores do hábitat, da matriz e da borda dos fragmentos foram coletadas. Os figos foram coletados de forma assistemática em vários ramos da árvore, utilizando-se podão ou serra de corrente para alta-poda (“High Limb Chainsaw”, item 81078 em <http://www.forestry-suppliers.com>) para os indivíduos com galhos a mais de 12 metros de altura.

O período de coleta foi de setembro de 2007 a julho de 2010 (Apêndice 3). Alguns ramos reprodutivos foram coletados, herborizados e depositados como material testemunha no Herbário da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (SPFR), sob os números: 11266; 11268; 11850; 11855; 12387; 12394; 12400; 12660. Cada localidade foi visitada pelo menos em intervalos bimestrais, visando obter amostragem representativa de todas as estações do ano.

Para avaliação da disponibilidade de vespas que colonizam (fundadoras), coletamos 50 sicônios de todos os indivíduos de *F. eximia* encontrados nas fases interfloral. Essa medida quantifica as vespas que colonizam os sicônios, uma vez que as vespas fundadoras morrem no interior do sicônio após a polinização/oviposição. Os figos foram cortados ao meio e tanto as vespas do lúmen quanto aquelas do ostíolo da inflorescência foram contadas. Foram coletadas 46 safras em Ribeirão Preto, 38 em Gália e 23 em Teodoro Sampaio.

Para caracterizar os componentes reprodutivos das figueiras e a comunidade de vespas de figo coletamos de 20 a 30 sicônios por planta na fase de emergência das vespas (fase D). Essa fase é detectada em campo quando machos do gênero *Pegoscapus* (os primeiros a emergir - Pereira 2007^a) eram observados caminhando no interior dos figos. Em laboratório, os sicônios foram individualizados em frascos plásticos de 50 mL e mantidos tampados com tecido *voil* até a emergência de todas as vespas. Após cerca de 72 h foi adicionado álcool 70% e os frascos conservados em congelador a -20°C. Posteriormente, os sicônios foram cortados em quatro partes iguais e o (1) número de sementes, (2) flores não-polinizadas (flores vazias), (3) galhas cujas larvas morreram (bexigas) e (4) sementes que foram brocadas por vespas do gênero *Idarnes* (Pereira et al., 2007^b) foram contados em uma destas seções. Este método foi utilizado com sucesso em outros estudos (Kerdelhué & Rasplus, 1996; Pereira, 1998, 2002). Foram coletadas dez safras em cada paisagem.

Os insetos que emergiram de cada figo foram triados com o auxílio de lupa estereoscópica, separados em morfoespécies e o número de indivíduos de cada sexo em cada morfoespécie foi registrado. A identificação ao nível de gênero foi realizada por meio de chave de identificação para gêneros de vespas de figo do Novo Mundo (Bouček, 1993). Exemplares de cada morfoespécie em bom estado foram separados para a montagem em cartões entomológicos conforme metodologia descrita por Noyes (1982). Estes exemplares são mantidos em uma coleção de referência e duplicatas serão depositadas no Museu de Zoologia da USP (MZUSP).

Adicionalmente, realizamos coletas massivas para complementação da estimativa de riqueza de espécies nas paisagens. Nessas amostragens, vários figos (50 a 100) foram coletados na fase próxima à emergência das vespas e acondicionados em sacos de tecido *voil*

até a emergência das vespas que foram conservadas em congelador a -20°C e identificadas. Nesse tipo de coleta tínhamos somente os dados de ocorrência das espécies, sem a quantificação dos componentes descritos acima.

Figura 7A: *Ficus eximia* na borda do Parque Estadual Morro do Diabo – TS; este indivíduo situa-se na borda sul do parque, cujo limite é o Rio Paranapanema. **7B:** Coleta na borda leste do mesmo parque.

3.4 - Forma de análise dos dados

3.4.1 - Disponibilidade de vespas polinizadoras

A disponibilidade de vespas polinizadoras, expressa em número médio de fundadoras e porcentagem de figos sem fundadoras por safra, foram analisadas nas escalas regional e local. Na escala regional essas variáveis foram comparadas entre paisagens por meio de análise de variância (ANOVA), usando cada safra como unidade amostral. Na escala local a disponibilidade de fundadoras foi correlacionado, por meio de modelos lineares, à porcentagem de hábitat e à extensão de borda dos fragmentos nos raios de 1 e 5 km ao redor

das plantas amostradas. A classificação das imagens de satélite e o cálculo das métricas de paisagem ao redor das plantas amostradas foram detalhados no Apêndice 1. Todas as análises estatísticas desse estudo foram realizadas no programa R (R Development Core Team).

3.4.2 - Fragmentação vs. comunidade de vespas

As comunidades de vespas de figo associadas a *F. eximia* foram comparadas entre as três paisagens por meio de um modelo estrutural simples (Lewinsohn et al., 2006). Assim foi criada uma matriz de presença e ausência das espécies de vespas (linhas) e as paisagens nas colunas. Essa análise permite detectar possíveis estruturas nas comunidades, como por exemplo, o aninhamento, no qual as comunidades mais pobres em espécies são subamostras das comunidades mais ricas.

A diversidade de vespas não-polinizadoras foi comparada entre paisagens por meio de diagrama de distribuição de abundância entre as espécies (Magurran, 1988; Martins e Santos, 1999). Testes formais de hipóteses não foram usados para comparar a diversidade de vespas pela dificuldade de se delimitar as unidades amostrais. A safra amostrada não é suficiente para representar a diversidade local de vespas, sendo necessário amostrar várias plantas para se ter uma boa estimativa da diversidade. Assim, não é adequado aplicar índices de diversidade nos dados das safras individualmente, pois não representam uma boa estimativa da diversidade total.

O efeito da fragmentação de hábitat sobre o número de espécies de vespas por safra foi avaliado, da mesma forma que o item 3.4.1, nas escalas regional e local. O número de espécies de vespas (variável resposta) foi modelado linearmente como função da porcentagem de hábitat e extensão de borda dos fragmentos nos raios de 1 e 5 km ao redor das plantas amostradas.

3.4.3 – Efeito da fragmentação sobre os componentes reprodutivos das figueiras

O efeito da fragmentação de hábitat sobre os componentes reprodutivos das figueiras (produção de vespas polinizadoras e sementes) foi avaliado, da mesma forma que o item 3.4.1, nas escalas regional e local. Nessa etapa analisamos variáveis que expressam possíveis limitações de pólen por falta de polinizadores e efeitos negativos do parasitismo por vespas não-polinizadoras. Devido à complexidade do sistema, não foi possível isolar esses dois grupos de variáveis, resultando, portanto, numa análise conjunta desses efeitos. Todas as

análises foram realizadas por meio de modelos lineares, usando as variáveis descritas na sequência.

As variáveis resposta analisadas foram:

1) Número de vespas polinizadoras e número de sementes produzidas por figo. Essas duas variáveis expressam tanto possíveis limitação de vespas fundadoras colonizando os figos, quanto os efeitos do parasitismo por vespas inquilinas e parasitóides, além da competição por ovários com vespas galhadoras não-polinizadoras.

2) Número de (i) flores vazias. (ii) bexigas e (iii) sementes brocadas por figo. O nº de flores vazias expressa possível limitação de fundadoras, o que resultaria na não utilização de todas as flores disponíveis. O nº de bexigas expressa a mortalidade larval, cujas causas não são conhecidas. Porém, alguns fatores responsáveis pela mortalidade poderiam ser (i) a deficiência de polinização, dificultando a formação da galha, (ii) parasitismo frustrado, no qual uma vespa inquilina ou parasitóide ovipositou na galha, mas não conseguiu, por algum motivo, se estabelecer, resultando na morte da larva hospedeira e (iii) efeitos abióticos e/ou nutricionais sobre a planta amostrada, resultantes de possíveis alterações ambientais causadas pela fragmentação do hábitat. O número de sementes brocadas expressa a intensidade da infestação por vespas inquilinas, que na ausência de galhas hospedeiras passam a brocar sementes (Pereira et al., 2007^b)

3) Porcentagem de vespas não-polinizadoras por figo. Expressa o nível de infestação do figo por vespas não-polinizadoras.

4) Impacto das vespas não-polinizadoras sobre a produção de vespas polinizadoras e sementes. Essa variável foi representada pelo índice de correlação de Pearson calculado entre o número de polinizadoras ou sementes *vs.* o número de não-polinizadoras por figo em cada safra. Essa variável permite testar se o impacto das não-polinizadoras sobre a produção de vespas polinizadoras e sementes é relacionado às características das paisagens.

5) Número total de vespas não-polinizadoras e número de vespas por biologia (galhadora, inquilina e parasitóide) por figo. Na classe galhadoras foram somadas as abundâncias das vespas dos gêneros *Anidarnes*, *Aepocerus* e *Idarnes* grupo *flavicollis* – figura a, Apêndice 2. A classe inquilinas compreendeu as vespas do gênero *Idarnes* grupo *carne* – figura c, Apêndice 2. Por fim, as vespas dos gêneros *Eurytoma*, *Heterandrium*, *Physothorax* e *Torymus* foram agrupadas na classe parasitóides – figura b, Apêndice 2.

As variáveis independentes foram:

1) Paisagem. Variável categórica (Ribeirão Preto, Gália e Teodoro Sampaio) usada nas análises na escala regional.

- 2) Porcentagem de hábitat e extensão de borda (m) nos raios de 1 e 5 km ao redor das plantas amostradas, usadas nas análises na escala local.
- 3) Número total de vespas não-polinizadoras e número de vespas por biologia.

4. Resultados

4.1 – Características das paisagens

A perda de hábitat resultou em diferentes padrões entre as três paisagens estudadas. Comparando-se, Ribeirão Preto apresenta número intermediário de fragmentos, sendo eles de pequeno tamanho e alto grau de isolamento, resultando numa menor cobertura vegetal e menor extensão de borda de mata.

A região de Teodoro Sampaio apresenta fragmentos, em geral, maiores, mas em menor número e grau intermediário de isolamento, resultando na maior porcentagem de hábitat dentre as paisagens, com extensão da borda assemelhando-se à paisagem de Ribeirão Preto (ver figura 8E).

A paisagem de Gália apresenta rede hídrica complexa, associada a fragmentos de matas ciliares de tamanho pequenos e médios, compondo um grande número de manchas de hábitat e elevada extensão de borda, sendo a paisagem com menor isolamento entre os fragmentos (figura 8).

Note que a relação entre porcentagem de hábitat e extensão de borda nas paisagens estudadas se enquadra no padrão típico em forma de parábola (figura 8E).

Figura 8A – D: Métricas de paisagem ao redor das plantas de *F. eximia* amostradas nas fases interfloral e de emergência das vespas. As métricas foram calculadas nas áreas de 1 e 5 km de raio da planta amostrada (ver Material e Métodos). As barras verticais representam o erro padrão da média. RP = Ribeirão Preto (N=29), EEC = Gália (N=18) e TS = Teodoro Sampaio (N=19). **E:** Padrão da relação entre a proporção de hábitat e o comprimento da borda entre paisagens (modificado de Fahrig, 2003). As paisagens estudadas foram posicionadas visualmente por questões didáticas.

4.2 – Disponibilidade de vespas polinizadoras

Não houve indícios de limitação de vespas polinizadoras em nenhuma das paisagens estudadas, uma vez que todas as safras de figos amostradas receberam fundadoras. No entanto, a disponibilidade de vespas polinizadoras parece ser maior em Ribeirão Preto, pois a porcentagem de figos não polinizados nessa paisagem foi significativamente menor ($F_{2,102}=4,5$; $P=0,008$) e o número de fundadoras por figo foi marginalmente maior ($F_{2,102}=2,3$; $P=0,1$; figura 9). Ainda, nas três paisagens, safras com menor porcentagem de figos não polinizados foram as que receberam maiores números de fundadoras por figo,

confirmando que essa variável expressa a disponibilidade de polinizadores (Ribeirão Preto: $r = -0,07$; $P = 0,085$. Gália: $r = -0,29$; $P = 0,001$. Teodoro Sampaio: $r = -0,24$; $P = 0,022$).

Considerando a paisagem nas escalas de 1 e 5 km de raio no entorno das plantas amostradas, houve correlação positiva significativa apenas entre o número de fundadoras por figo e a porcentagem de hábitat a 1 km da figueira na paisagem de Gália (tabela 2). Esses resultados sugerem que a disponibilidade de vespas fundadoras é pouco afetada por variáveis que atuam em escala mais local (*e.g.* vizinhança da planta).

Figura 9: Disponibilidade de vespas polinizadoras nas três paisagens estudadas. **A** - Número médio de vespas fundadoras por sicônios. **B**: Porcentagem de sicônios sem fundadoras (não polinizados). As barras verticais representam o erro padrão da média. Tamanho amostral: Ribeirão Preto = 46, Gália = 38 e Teodoro Sampaio = 23 safras.

Tabela 2: Modelos lineares usados para explicar a disponibilidade de vespas polinizadoras (nº de fundadoras/figo e proporção de figos não polinizados) em função das características do entorno das plantas amostradas (% de hábitat e extensão de borda em metros), em duas escalas espaciais (1 e 5 km de raio ao redor da planta). N = número de safras amostradas.

Escala	Modelos	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
		Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>
1 km	nº de fundadoras x hábitat	-	<0,01	0,781	+	0,15	0,018	-	0,02	0,456
	figos não polinizados x hábitat	+	0,01	0,515	-	0,02	0,384	+	0,01	0,649
	nº de fundadoras x borda	+	0,01	0,478	-	0,01	0,487	-	0,03	0,459
	figos não polinizados x borda	-	<0,01	0,943	+	<0,01	0,731	+	0,11	0,107
5 km	nº de fundadoras x hábitat	-	0,01	0,490	+	0,07	0,106	-	<0,01	0,850
	figos não polinizados x hábitat	-	0,02	0,316	-	0,04	0,259	+	<0,01	0,942
	nº de fundadoras x borda	+	0,04	0,217	+	0,04	0,217	-	0,03	0,440
	figos não polinizados x borda	-	0,06	0,115	-	0,05	0,100	+	0,04	0,357
N		46			38			23		

4.3 – Fragmentação vs. comunidade de vespas

As paisagens mais fragmentadas apresentaram maior número de espécies de vespas de figo (tabela 3), sendo que as comunidades apresentaram padrão aninhado, ou seja, as comunidades mais pobres em espécie são uma subamostra das comunidades mais ricas (tabela 4).

Tabela 3: Número de espécies por gênero de vespas polinizadoras e não-polinizadoras amostradas nas três paisagens e provável biologia larval segundo Elias et al., (2008) e observações de campo:

(Sub)Família	Gêneros	Ribeirão Preto	Gália	Teodoro Sampaio	Biologia
Agaoninae	<i>Pegoscapus</i>	1	1	2	Polinizadora
	<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i>	5	5	5	Inquilina
Sycophaginae	<i>Idarnes</i> grupo <i>flavicollis</i>	2	1	1	Galhadora
	<i>Anidarnes</i>	1	1	0	Galhadora
Otitesellinae	<i>Aepocerus</i>	2	1	1	Galhadora
	<i>Heterandrium</i>	2	2	2	Parasitóide
Eurytomidae	<i>Eurytoma</i>	3	3	2	Parasitóide
Torymidae	<i>Physothorax</i>	3	3	0	Parasitóide
	<i>Torymus</i>	0	1	0	Parasitóide
Nº de espécies		19	18	13	-

Tabela 4: Presença e ausência de espécies nas três paisagens estudadas. * Espécies especialistas em *F. eximia* (não observadas em outros hospedeiros). Tamanho amostral: Ribeirão Preto = 10 + 7 (quantitativas + massivas), Gália = 10 + 4 e Teodoro Sampaio = 10 + 4 safras.

Morfoespécies	Ribeirão Preto	Gália	Teodoro Sampaio
<i>Aepocerus</i> sp03*	1	1	1
<i>Eurytoma</i> sp01	1	1	1
<i>Eurytoma</i> sp02	1	1	1
<i>Heterandrium</i> sp02	1	1	1
<i>Heterandrim</i> sp07*	1	1	1
<i>Idarnes</i> grupo <i>flavicollis</i> sp06	1	1	1
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp09	1	1	1
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp17*	1	1	1
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp22	1	1	1
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp26	1	1	1
<i>Pegoscapus</i> sp02*	1	1	1
<i>Physothorax</i> sp01	1	1	0
<i>Physothorax</i> sp02	1	1	0
<i>Physothorax</i> sp04	1	1	0
<i>Anidarnes</i> sp03*	1	1	0
<i>Eurytoma</i> sp03	1	1	0
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp27	1	1	0
<i>Idarnes</i> grupo <i>flavicollis</i> sp03	1	0	0
<i>Aepocerus</i> sp09	1	0	0
<i>Torymus</i> sp01	0	1	0
<i>Idarnes</i> grupo <i>carne</i> sp15	0	0	1
<i>Pegoscapus</i> sp08*	0	0	1
Nº total de espécies	19	18	13

Quanto às distribuições de abundância das espécies nas três comunidades nota-se que um menor número de espécies de vespas é predominante (aproximadamente seis espécies) (figura 10).

Figura 10: Abundância relativa das espécies associadas a *F. eximia* nas três paisagens.

Nas três paisagens as vespas polinizadoras foram as mais abundantes nos figos (figura 11A, 11C e 11E). Em Ribeirão Preto e Gália, o gênero mais abundante foi *Idarnes*, principalmente as espécies do grupo *carne*. Em Teodoro Sampaio, tal posição foi ocupada por vespas *Idarnes* grupo *flavicollis* (figura 11B, 11D e 11F). O número de vespas galhadoras (*Idarnes* grupo *flavicollis*, *Aepocerus* e *Anidarnes*) foi significativamente diferente entre as paisagens (tabela 5).

Figura 11: Número médio $\pm$ desvio padrão de indivíduos nos grupos de vespas amostrados nas três paisagens. **A – B:** Ribeirão Preto. **C – D:** Gália. **E – F:** Teodoro Sampaio. Tamanho amostral: Ribeirão Preto = 10, Gália = 10 e Teodoro Sampaio = 10 safras.

Tabela 5: Número de vespas não-polinizadoras (média $\pm$ erro padrão) e análise de variância. N = 10 safras por paisagem.

Variáveis	Paisagens			ANOVA
	Ribeirão Preto	Gália	Teodoro Sampaio	
n° de galhadoras	8 $\pm$ 2	22 $\pm$ 7	38 $\pm$ 10	F_{2,27} = 4,78 P = 0,017
n° de inquilinas	25 $\pm$ 6	38 $\pm$ 8	25 $\pm$ 6	F _{2,27} = 1,42 P = 0,260
n° de parasitóides	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	F _{2,27} = 1,33 P = 0,281
n° total de não-pol.	36 $\pm$ 7	65 $\pm$ 12	66 $\pm$ 15	F _{2,27} = 2,39 P = 0,110
% de vespas não-polinizadoras	20	40	40	F _{2,27} = 3,34 P = 0,051

Considerando a paisagem na escala local, houve correlação positiva significativa apenas entre o número de espécies e a extensão de borda na escala de 5 km na paisagem de Gália (tabela 6).

Tabela 6: Modelos lineares para explicar o número de espécies por safra em função das características do entorno das plantas amostradas (% de hábitat e extensão de borda em metros), em duas escalas espaciais (1 e 5 km de raio ao redor da planta). N = 10 safras por paisagem.

Escala	Efeito	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
		Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>R</i>	<i>Prob.</i>
1 km	% de hábitat	-	0,03	0,634	+	0,07	0,474	+	<0,01	0,861
	borda (m)	-	0,06	0,498	-	0,12	0,329	-	0,12	0,328
5 km	% de hábitat	-	0,05	0,536	+	0,19	0,214	+	0,02	0,715
	borda (m)	-	0,10	0,365	+	0,36	0,066	+	0,02	0,722

4.4 – Efeito da fragmentação sobre os componentes reprodutivos das figueiras

Em escala regional, as características das paisagens parecem não ser variável importante na determinação dos componentes reprodutivos de *Ficus eximia* (produção de vespas polinizadoras e sementes), uma vez que o valor dessas variáveis não diferiu significativamente entre as paisagens (figura 12). No entanto, as figueiras da paisagem de Ribeirão Preto apresentaram produção de vespas polinizadoras e sementes marginalmente maior que as demais paisagens (figuras 12A e 12B). Ainda, em Ribeirão Preto, o número de flores não usadas (flores vazias) foi marginalmente menor (figura 12E). Esses resultados parecem refletir a maior disponibilidade de vespas polinizadoras (fundadoras) em Ribeirão Preto, como mostrado no item 4.2. Os números de bexigas e sementes brocadas não diferiram significativamente entre as paisagens (figuras 12C e 12D).

<i>Variáveis</i>	<i>F_{2,27}</i>	<i>Prob.</i>
sementes	2,18	0,133
polinizadores	1,51	0,238
bexigas	1,58	0,224
flores vazias	2,55	0,097
sementes brocadas	1,67	0,208

Figura 12: Destino das flores femininas em figos de *F. eximia*. **A** - Número médio de sementes por sicônio. **B**: Número médio de polinizadores por sicônio. **C**: Número médio de bexigas por sicônio. **D**: Número médio de sementes brocadas por sicônio. **E**: Número médio de flores vazias por sicônio. As barras verticais representam o erro padrão da média. Tamanho amostral: 10 safras em cada paisagem.

A tabela abaixo da figura mostra os resultados das análises de variância para comparação das paisagens.

Nas escalas locais, 1 e 5 km de raio ao redor das plantas amostradas, as características da paisagem (% de hábitat e extensão de borda) parecem não afetar os componentes reprodutivos das figueiras. Não houve padrão nos modelos lineares analisados. Dentre todos os modelos testados, apenas o número de bexigas *vs.* extensão de borda em Teodoro Sampaio na escala de 5 km foi significativo ($P < 0,05$). Outros dois modelos foram marginalmente significativos ($P < 0,1$), sendo eles: (1) número de bexigas *vs.* % de hábitat (1 km) em Ribeirão Preto e (2) número de flores vazias *vs.* % de hábitat (5 km) em Teodoro Sampaio (tabela 7).

Tabela 7: Modelos lineares usados para explicar os componentes reprodutivos das figueiras (nº de vespas polinizadoras, sementes, flores vazias e bexigas) e a porcentagem de vespas não-polinizadoras em função das características do entorno das plantas amostradas (% de hábitat e extensão de borda em metros), em duas escalas espaciais (1 e 5 km de raio ao redor da planta). N = 10 safras por paisagem.

Escala	Modelos	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
		Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>
1 km	polinizador x hábitat	-	0,02	0,701	-	0,02	0,704	-	0,10	0,369
	semente x hábitat	+	<0,01	0,911	+	0,01	0,819	+	0,05	0,515
	flor vazia x hábitat	-	0,13	0,315	+	0,21	0,185	-	0,18	0,212
	bexiga x hábitat	-	0,37	0,064	+	0,14	0,281	+	0,04	0,578
	% de não-pol x hábitat	-	0,13	0,315	+	0,05	0,537	+	0,07	0,456
	polinizador x borda	+	<0,01	0,890	-	0,04	0,604	+	0,16	0,257
	semente x borda	+	0,02	0,695	+	0,01	0,824	-	<0,01	0,886
	flor vazia x borda	+	<0,01	0,902	-	<0,01	0,951	+	0,31	0,093
	bexiga x borda	-	0,26	0,132	-	0,03	0,640	+	0,22	0,174
	% de não-pol x borda	-	0,01	0,805	+	<0,01	0,862	-	0,07	0,449
5 km	polinizador x hábitat	+	0,03	0,655	-	<0,01	0,876	-	0,10	0,376
	semente x hábitat	+	0,03	0,638	+	<0,01	0,964	+	0,15	0,273
	flor vazia x hábitat	-	0,06	0,460	+	0,06	0,492	-	0,37	0,060
	bexiga x hábitat	-	0,30	0,099	+	0,10	0,373	-	0,06	0,502
	% de não-pol x hábitat	-	0,05	0,543	+	0,03	0,629	-	<0,01	0,991
	polinizador x borda	+	0,14	0,295	+	0,21	0,187	-	0,12	0,325
	semente x borda	+	0,13	0,302	+	0,14	0,283	-	0,23	0,158
	flor vazia x borda	+	<0,01	0,642	-	0,01	0,760	+	0,01	0,833
	bexiga x borda	-	0,31	0,098	+	0,03	0,610	+	0,82	<0,001
	% de não-pol x borda	-	0,19	0,213	-	0,08	0,415	+	0,29	0,107

As métricas de paisagem avaliadas ao redor das plantas amostradas não se correlacionaram, em geral, com a abundância de vespas não-polinizadoras (tabela 8). Observamos apenas uma relação significativa entre número de vespas não-polinizadoras e extensão de borda na paisagem de Ribeirão Preto. No entanto, esse resultado pode ser fruto do acaso, devido ao grande número de modelos testados no mesmo conjunto de dados (48 análises), artefato estatístico conhecido como Erro de Bonferroni.

Nas diferentes paisagens o efeito das vespas não-polinizadoras sobre os componentes reprodutivos de *F. eximia* foi distinto (tabela 9). O conjunto de todas as vespas não-polinizadoras afeta negativamente ora a produção de sementes, ora a produção de polinizadores em todas as regiões. Analisando-se as biológicas separadamente nota-se que as vespas inquilinas afetam negativamente a produção de sementes e polinizadores em Ribeirão Preto; galhadoras afetam sementes em Gália e vespas galhadoras afetam sementes e polinizadores em Teodoro Sampaio.

A paisagem ao redor das plantas amostradas, no entanto, não se relacionou ao impacto das vespas não-polinizadoras sobre os componentes reprodutivos de *F. eximia*, uma vez que não houve relação significativa entre o coeficiente de Pearson (ver item 3.4.3) e as métricas de paisagem nos raios de 1 e 5 km (tabela 10).

Tabela 8: Modelos lineares usados para explicar o número de vespas não-polinizadoras e a abundância de vespas em cada biologia (galhador, inquilinos e parasitóide) em função das características do entorno das plantas amostradas (% de hábitat e extensão de borda em metros), em duas escalas espaciais (1 e 5 km de raio ao redor da planta). N = 10 safras por paisagem.

Escala	Modelos	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
		Incl.	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Incl.	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Incl.	<i>r</i>	<i>Prob.</i>
1 km	não-polinizador x hábitat	+	0,01	0,827	-	0,02	0,707	-	0,02	0,685
	não-polinizador x borda	-	0,15	0,273	-	<0,01	0,929	-	0,02	0,702
	galhador x hábitat	-	0,06	0,496	-	0,14	0,285	-	0,04	0,568
	galhador x borda	-	0,06	0,506	+	<0,01	0,873	-	0,09	0,408
	inquilino x hábitat	+	0,03	0,609	+	0,02	0,722	-	<0,01	0,984
	inquilino x borda	-	0,03	0,607	+	0,02	0,705	-	0,21	0,187
	parasitóide x hábitat	-	0,01	0,769	-	0,02	0,699	-	0,01	0,789
	parasitóide x borda	+	0,03	0,660	-	0,01	0,796	-	0,13	0,304
5 km	não-polinizador x hábitat	-	0,06	0,484	-	<0,01	0,922	-	0,04	0,603
	não-polinizador x borda	-	0,50	0,022	-	0,135	0,297	+	0,33	0,082
	galhador x hábitat	-	0,26	0,131	-	0,06	0,496	-	0,09	0,395
	galhador x borda	-	0,30	0,102	-	<0,01	0,999	-	0,04	0,603
	inquilino x hábitat	-	0,01	0,823	+	0,02	0,694	+	<0,01	0,942
	inquilino x borda	-	0,18	0,216	+	0,08	0,428	+	0,24	0,152
	parasitóide x hábitat	-	0,05	0,531	+	<0,01	0,963	+	<0,01	0,906
	parasitóide x borda	+	0,02	0,726	+	0,03	0,651	+	<0,01	0,958

Tabela 9: Modelos lineares usados para explicar os componentes reprodutivos das figueiras (nº de vespas polinizadoras, sementes, flores vazias e bexigas) em função da abundância de vespas em cada biologia (galhador, inquilinos e parasitóide). N = 10 safras por paisagem.

Modelos	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>
polinizador x não-polinizador	-	0,62	0,007	-	0,45	0,035	-	0,07	0,449
polinizador x galhador	-	0,05	0,513	-	0,12	0,324	-	0,49	0,025
polinizador x inquilino	-	0,62	0,007	-	0,01	0,726	-	0,19	0,207
polinizador x parasitóide	+	0,29	0,108	-	<0,01	0,908	-	0,25	0,144
semente x não-polinizador	-	0,47	0,030	-	0,20	0,199	-	0,54	0,016
semente x galhador	-	0,04	0,564	-	0,36	0,066	-	0,72	0,002
semente x inquilino	-	0,46	0,032	-	0,01	0,747	-	0,11	0,359
semente x parasitóide	-	0,24	0,147	-	0,16	0,259	-	0,36	0,068

Tabela 10: Modelos lineares usados para explicar o impacto das vespas não-polinizadoras sobre a produção de vespas polinizadoras (*r* pol.) e sementes (*r* sem.) como função das características do entorno das plantas amostradas (% de hábitat e extensão de borda em metros), em duas escalas espaciais (1 e 5 km de raio ao redor da planta). N = 10 safras por paisagem. Para detalhes do cálculo do coeficiente de Pearson, ver item 3.4.3.

Escala	Modelos	Ribeirão Preto			Gália			Teodoro Sampaio		
		Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>	Inclinação	<i>r</i>	<i>Prob.</i>
1 km	<i>r</i> pol.x hábitat	+	0,08	0,431	+	0,05	0,529	-	0,19	0,202
	<i>r</i> pol.x borda	+	0,02	0,728	+	0,25	0,145	+	<0,01	0,876
	<i>r</i> sem.x hábitat	-	0,04	0,591	-	0,01	0,967	-	0,03	0,636
	<i>r</i> sem.x borda	+	0,07	0,454	+	0,03	0,630	-	0,02	0,731
5 km	<i>r</i> pol.x hábitat	+	0,01	0,784	-	<0,01	0,860	-	0,16	0,260
	<i>r</i> pol.x borda	-	0,04	0,602	-	0,09	0,398	-	0,01	0,837
	<i>r</i> sem.x hábitat	+	0,09	0,389	-	0,04	0,561	-	0,01	0,753
	<i>r</i> sem.x borda	+	0,20	0,191	-	0,17	0,232	+	0,01	0,777

5. Discussão

Este trabalho abordou o efeito da perda de hábitat no mutualismo *Ficus*-vespas de duas maneiras: (1) na escala da paisagem, com comparações entre os dados encontrados nos três locais e as características que lhe são peculiares e (2) na escala local, criando modelos cujas variáveis preditoras dependiam da localização da árvore na paisagem.

Na escala da paisagem, foi possível notar pontos comuns entre as áreas estudadas. Todas as safras de figos amostradas receberam fundadora; houve vespas parasitas nas três regiões as quais afetaram significativamente as funções reprodutivas das figueiras e as comunidades apresentam padrão aninhado de ocorrência das espécies, ou seja, as comunidades mais pobres em espécie são uma subamostra das comunidades mais ricas.

Na escala local, as características da paisagem próxima à árvore parecem não influenciar os componentes reprodutivos das figueiras nem o mutualismo com as vespas Agaonidae. As poucas relações significativas observadas não apresentaram significado biológico evidente, representando provavelmente artefato estatístico (Erro de Bonferroni) devido ao grande número de análises aplicadas sobre o mesmo conjunto de dados. A grande capacidade de dispersão das vespas polinizadoras (Nason et al., 1998; Ahmed et al., 2009) e a rede complexa de interações entre as figueiras e vespas de figo, gerando alta variação entre safras de figo, potencialmente anulariam os efeitos mais locais da paisagem.

Sabe-se que um dos problemas de estudos em Ecologia de Paisagens é a dificuldade em obter réplicas das áreas incluídas no estudo para efeito de comparação, no entanto, as três regiões foram incluídas no estudo por serem áreas de domínio de Floresta Estacional Semidecidual do interior do estado de São Paulo; pelo processo de fragmentação das paisagens ter começado em diferentes épocas e pelo desmatamento ter resultado em paisagens com configurações distintas, com fragmentos de diferentes números, área média, grau de isolamento e tamanho. Tais características parecem não afetar a procura das vespas às árvores hospedeiras, dado que as polinizadoras utilizam um estrato acima do dossel para se locomover, no entanto a fragmentação afeta a planta hospedeira, *Ficus eximia*, uma espécie de interior e com hábito predominantemente terrícola, que traz diferentes oportunidades de restabelecimento pós-fragmentação em cada uma das paisagens.

A seguir, discutimos cada um dos pontos estudados:

5.1 – Disponibilidade de vespas polinizadoras

Nossos resultados mostram que não há limitação de pólen em paisagens fragmentadas. Esperava-se que *Ficus eximia* teria uma habilidade reprodutiva menor em ambientes mais fragmentados, comparada à habilidade das populações dessas figueiras em

ambientes com maior proporção de hábitat, dado o hábito terrícola e de interior destas populações que teriam capacidade reduzida em sustentar um número suficientemente grande de polinizadores obrigatórios. Contrariando nossas expectativas, não encontramos efeitos diretos da proporção de hábitat sobre o número de vespas fundadoras em cada região, exceto em Gália que apresenta uma rede hídrica complexa, grande número de fragmentos pouco distantes uns dos outros e grande variação da proporção de hábitat local (ao redor dos indivíduos coletados, na escala de 1 km a proporção de hábitat varia de 0,5 – 99%).

A grande capacidade de dispersão das vespas (Nason et al., 1998; Ahmed et al., 2009) faz com que os fragmentos e até mesmo os indivíduos neles contidos, ou na matriz, estejam conectados do ponto de vista das vespas. Analisando o atlas eólico do Estado de São Paulo (Amarante et al., 2001) nota-se que, tomando uma baixa velocidade média do vento nas áreas de estudo, as vespas percorreriam facilmente 18 km/h (~400 km/dia). Consideramos aqui que as vespas são levadas pelo vento até encontrarem um hospedeiro, pela percepção de voláteis (Ware e Compton, 1994; Grison-Pigé et al., 2002; Proffit et al., 2008).

5.2 – Fragmentação vs. comunidade de vespas

Em nenhum figo ou amostra foram encontradas todas as espécies de vespas presentes na comunidade talvez porque os recursos são utilizados pelas vespas de figo tão rapidamente que, indivíduos de outras espécies são excluídos por outras fêmeas competidoras (Hawkins e Compton, 1992). Assim, as fêmeas que não encontram recursos em um figo, voam para outros até encontrar os recursos procurados. Apesar de afetar o número de espécies, é muito improvável que a competição por sítios de oviposição seja suficientemente forte para limitar o número de vespas em frutos ou em árvores individuais (Hawkins e Compton, 1992).

O padrão aninhado de estruturação das comunidades de vespas entre as três paisagens sugere que a fragmentação de hábitat favorece as espécies não-polinizadoras de *Ficus*, aumentando sua importância nessas comunidades. Os fatores que levariam ao favorecimento das espécies não-polinizadoras em paisagens mais fragmentadas ainda são desconhecidos. No entanto, uma explicação possível seria a maior longevidade dessas vespas na fase adulta. Assim, a fragmentação abriria mais nichos para estabelecimento de figueiras, permitindo a manutenção de uma população local de vespas não-polinizadoras. Estudos futuros sobre a história de vida dessas vespas seriam necessários para testar essa hipótese.

Gália, cujo grau de fragmentação é intermediário e o isolamento entre fragmentos é menor apresenta comunidade de vespas semelhante à comunidade encontrada em Ribeirão Preto, partilhando quatro espécies, de dois gêneros (*Eurytoma* e *Physotorax*), que não

ocorrem em Teodoro Sampaio, que por sua vez compreende braconídeos parasitóides (Hymenoptera, Ichneumonoidea), ausentes nas outras duas regiões. Vespas da subfamília Braconidae são, em sua maioria, parasitóides que apresentam grau variável de especificidade de hospedeiro sendo que, a maioria de suas espécies ataca insetos fitófagos principalmente Lepidoptera, Diptera ou Coleoptera (Cirelli e Penteado-Dias, 2003). Neste estudo, não foi possível identificar qual hospedeiro os braconídeos utilizaram para se estabelecer.

As vespas não-polinizadoras parecem obter maior sucesso reprodutivo em ambientes alterados provavelmente pela facilidade de localizar hospedeiros, que parecem se agregar em ambientes perturbados. Tentamos avaliar se havia uma distribuição agregada dos indivíduos de *F. eximia*, mas a amostragem empregada não foi delineada para captar tais padrões de forma correta.

5.3 – Efeito da fragmentação sobre os componentes reprodutivos das figueiras

Os resultados sugerem que a fragmentação e perda de hábitat não alteraram significativamente os componentes reprodutivos de *F. eximia* e não levaram a um maior impacto das vespas não-polinizadoras, conforme se presumia.

O impacto negativo da fragmentação sobre a reprodução de *F. eximia* era esperado, uma vez que as plantas dessa espécie apresentam estratégia de estabelecimento de espécies secundárias, estabelecendo-se no interior dos fragmentos mais preservados. Assim, esperava-se que a proporção de florestas remanescentes se correlacionasse positivamente com a densidade populacional dessa espécie. Porém há uma peculiaridade: os indivíduos de *F. eximia* de grande porte foram/são poupados na ocasião do desmatamento, pois a madeira não apresenta valor comercial, são difíceis de serem tiradas – muitas vezes causando danos à maquinaria – servem de sombra nos pastos, lavouras e sedes das fazendas. Ou seja, mesmo em paisagens muito desmatadas, como a região de Ribeirão Preto, ainda há muitos indivíduos remanescentes na matriz. Desta forma, o desmatamento seletivo pode ter contribuído para a manutenção do tamanho populacional dessas figueiras, permitindo a manutenção do mutualismo com as vespas Agaonidae.

No entanto, apesar de não detectarmos, em geral, diferenças significativas nas variáveis relacionadas à reprodução das figueiras, observamos diferenças qualitativas nos tipos de interações com vespas não-polinizadoras. As vespas galhadoras foram significativamente mais abundantes nas paisagens menos fragmentadas, moldando, potencialmente, a estrutura dessas comunidades de vespas (Bonsall e Mangel, 2004; Elias et al., 2008; Ghara e Borges, 2010). Isso explicaria o melhor potencial reprodutivo das figueiras

na área mais fragmentada (Ribeirão Preto). As galhadoras são as primeiras a colonizar o figo, chegando, muitas vezes, antes das polinizadoras (Bronstein, 1999; Elias et al., 2008). Silva, P.A.C. e Pereira R.A.S. (dados não publicados) observaram que em *Ficus citrifolia* o crescimento das galhas das primeiras colonizadoras fazem com que o ostíolo se feche, impossibilitando a entrada das vespas polinizadoras na fase B. Bronstein (1999) notou que apesar de *Anidarnes bicolor* não interferir na atividade de polinização de *Pegoscapus mexicanus*, a maturação da prole dessas vespas foi negativamente afetada pelo desenvolvimento das galhas de *A. bicolor*.

O presente estudo mostrou que o mutualismo *Ficus*-vespas de figo parece ser robusto às alterações da paisagem em escala subcontinental. O sistema reprodutivo alógamo das figueiras, com polinização biótica aprimorada pelo vento (Nason et al., 1998; Ahmed et al., 2009) torna esse sistema biológico bastante insensível à modificações ambientais em pequena escala. No entanto, a aparente robustez pode ocultar efeitos negativos difíceis de serem detectados pelos métodos usuais de estudo em ecologia. Nessas mesmas áreas de estudo, as populações de *F. citrifolia* e *F. eximia* sofreram perda de diversidade genética nas paisagens mais fragmentadas (Nazareno et al., 2009). Assim, os resultados aqui apresentados abrem novas possibilidades de estudos futuros. Como exemplos pode-se citar (1) estudos sobre dispersão de sementes e estabelecimento das plantas de figueiras em paisagens fragmentadas, (2) estudos sobre a história de vida das vespas não-polinizadoras fora do figo, para avaliar a forma como se relacionam com o ambiente e, por fim, (3) aplicação de métodos de geoprocessamento e ecologia de paisagens para avaliar em qual escala espacial as vespas de figo respondem às características das paisagens.

6. *Considerações finais*

Mudanças em padrões ecológicos originados por mudanças no ambiente são estudados em uma janela temporal muito maior que a considerada neste estudo, pois alterações em padrões como colonização de ambientes por radiação adaptativa, especiação, extinção e seleção natural levam muito mais tempo para tornarem-se evidentes. Desde o surgimento da Ecologia, trabalhos como este, que tentam vislumbrar possíveis alterações nos padrões como consequências das mudanças ambientais promovidas/aceleradas pelo homem têm se tornado mais comuns, pois há a grande preocupação em como serão estes processos daqui a alguns anos. Não há uma resposta única sobre o efeito da fragmentação em sistemas de polinização tão específicos como o de *Ficus* e vespas. Mas apesar da fragmentação de hábitat favorecer espécies de vespas não-polinizadoras associadas a *Ficus*, aumentando sua diversidade nas comunidades mais fragmentadas, viu-se que o mutualismo *Ficus*-vespas de figo parece ser robusto às alterações na escala da paisagem e bastante insensível à modificações ambientais em pequena escala. Contudo, durante os trabalhos de campo, notou-se que novos indivíduos de *F. eximia* encontram dificuldade para se estabelecer, dada a forte pressão por parte das atividades agropecuárias, industriais e imobiliárias nas matrizes que permeiam os fragmentos, impossibilitando, por vezes, a criação de novas áreas de hábitat, propícias à colonização. Esses setores crescem a cada dia sem levar em consideração as zonas de amortecimento ao redor das matas e os corredores ecológicos entre fragmentos. Como será o futuro de comunidades que contam cada vez menos com remanescentes florestais, cuja coação pelos setores imobiliário e sucroalcooleiro faz com que o desmatamento avance sobre fragmentos de grande importância, como a Mata Santa Tereza, em Ribeirão Preto e o Parque Estadual Morro do Diabo, em Teodoro Sampaio? Infelizmente, não podemos esperar acontecer para saber a resposta a essa questão, pois os efeitos provavelmente serão irreversíveis.

7. Referências bibliográficas

- Ahmed, S., Compton, S. G., Butlin, R. K. & Gilmartin, P. M. 2009. Wind-borne insects mediate directional pollen transfer between desert fig trees 160 kilometers apart. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**:48. 20342-20347.
- Amarante, O. A. C.; Brower, M.; Zack, J.; & Sá, A. L. 2001. *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL).
- Asfora, P. H. & Pontes, A. R. M. 2009. The small mammals of the highly impacted North-eastern Atlantic Forest of Brazil, Pernambuco Endemism Center. *Biota Neotropica*, **9**:1. 31-36.
- Berg, C. C. & Corner, E. J. H. 2005. National Herbarium of the Netherlands, Leiden. Moraceae - *Ficus*. *Flora Malesiana Series I (Seed Plants)*: **17**/Part 2.
- Bond, W. J. Do mutualisms matter – Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **169**. 944 – 953.
- Bonebrake, T. C.; Ponisio, L. C.; Boggs, C. L. & Ehrlich, P. R. 2010. More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation* **143**:8. 1831-1841.
- Bonsall, M. B. & Mangel, M. 2004. Life-history trade-offs and ecological dynamics in the evolution of longevity. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* **271**. 1143–1150.
- Bouček, Z. 1993. The genera of chalcicoid wasps from *Ficus* fruit in the New World. *Journal of Natural History* **27**. 173-217.
- Bronstein J. L. 1999. Natural history of *Anidarnes bicolor* (Hymenoptera: Agaonidae), a galler of the Florida strangling fig (*Ficus aurea*). *Florida Entomologist* **82**. 454– 464.
- Bronstein, J. L. 1992. Seed predator as mutualists: Ecology and evolution of the fig pollinator interaction, p. 1-43. In: Bernays, E. (ed.), *Insect-Plant Interactions* CRC Press, Boca Raton.
- Bruna, E. M.; Nardy, O.; Strauss, S. Y. & Harrison, S. 2002. Experimental assessment of *Heliconia acuminata* growth in a fragmented Amazonian landscape. *Journal of Ecology* **90**. 639-649.
- Camara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M. & Garrido, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, **20**: 3. 395-403.
- Cerezini, M. T., Gobbo, S. E. & Pereira, R. A. S. 2007. Fenologia de duas espécies de *Ficus* no município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. 58º Congresso Nacional de Botânica, São Paulo, **Resumos**.
- Cirelli, K. R. N. & Penteado-Dias, A. M. 2003 Fenologia dos Braconidae (Hymenoptera, Ichneumonoidea) da Área de Proteção Ambiental (APA) de Descalvado, SP. *Revista Brasileira de Entomologia* **47**:1. 99-105
- Compton, S. G., Ross, S. J., & Thornton, I. W. B. 1994. Pollinator limitation of fig tree reproduction on the island of Anak Krakatau (Indonesia). *Biotropica* **26**. 180–186.
- Cook, J. M. & Segar, S. T. 2010. Speciation in fig wasps. *Ecological Entomology*, **35**:1. 54-66.
- Corlett, R. T. 1993. Sexual dimorphism in the reproductive phenology of *Ficus grossularioides* Burm. f. in Singapore. *Malayan Nature Journal* **46**. 149-155.
- Ditt, E. H. 2000. Diagnóstico da conservação e das áreas ameaçadas a fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema, São Paulo. Dissertação de Mestrado PROCAM, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Elias, L. G.; Menezes Jr., A. O. & Pereira, R. A. S. 2008. Colonization sequence of non-pollinating fig wasps associated with *Ficus citrifolia* in Brazil. *Symbiosis* **45**. 107–111
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **34**, pp. 487–515.

- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**. 487–515.
- Faria, A. J. 2006. Caracterização dos fatores abióticos. In: IF (Instituto Florestal) *Plano de Manejo Parque Estadual do Morro do Diabo*. São Paulo: Editora Viena.
- Figueiredo, R. A. & Sazima, M. 1997. Phenology and pollination ecology of three Brazilian fig species (Moraceae). *Botanica Acta* **110**. 73-78.
- Figueiredo, R. A.; Motta Junior, J. C. & Vasconcellos, L. A. S. 1995. Pollination, seed dispersal, seed germination and establishment of seedlings of *Ficus microcarpa*, Moraceae, in southeastern Brazil. *Rev. Bras. Biol.* **55**. 233-239.
- Galil, J. & Eisikowitch, D. 1968. On the pollination ecology of *Ficus sycomorus* in east Africa. *Ecology* **49**. 259-269.
- Galindo-Gonzalez, J.; Guevara, S. & Sosa, V. J. 2000. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* **14**. 1693-1703.
- Gascon, C. Lovejoy, T. E.; Bierregaard Jr., R. O.; Malcolm, J. R.; Stouffer, P. C.; Vasconcelos, H. L.; Laurance, W. F.; Zimmerman, B.; Tocher, M. & Borges, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* **91**. 223-229.
- Ghara, M. & Borges, R. M. 2010. Comparative life-history traits in a fig wasp community: implications for community structure. *Ecological Entomology*. 35: 2. 139–148.
- Ghazoul, J. 2005. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews* **80**. 413 – 443.
- Grisson-Pigé L.; Bessière J. M. & Hossaert-McKey M. 2002. Specific attraction of fig-pollinating wasps: role of volatile compounds released by tropical figs. *Journal of Chemical Ecology* **28**. 283–295.
- Guevara, S.; Laborde, J. & Sánchez-Rios, G. 2004. Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica* **36**. 99 – 108.
- Hawkins, B. A. & Compton, S. G. 1992. African fig wasp communities – undersaturation and latitudinal gradients in species richness. *Journal of Animal Ecology* **61**. 361–372.
- Hobbs, R. J. & Yates, C. J. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany* **51**. 471–488.
- Horner-Devine, M. C.; Daily, G. C.; Ehrlich, P. R. & Boggs, C. L. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies, *Conservation Biology* **17**. 168–177.
- Hossaert-McKey M.; Gibernau M. & Frey J. E. 1994. Chemosensory attraction of fig wasps to substances produced by receptive figs. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **70**. 185–191.
- Janzen, D. H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematics* **10**. 13 – 51.
- Jonhson, S. D. & Steiner, K. E. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology & Evolution* **15**. 140 – 143.
- Kannan, R. & James, D. A. 1999. Fruiting phenology and the conservation of the great pied Hornbill (*Buceros bicornis*) in the western Ghats of southern India. *Biotropica* **31**. 167-177.
- Kerdelhué, C. & Rasplus, J. Y. 1996. Non-pollinating Afrotropical fig wasps affect the fig-pollinator mutualism in *Ficus* within the subgenus *Sycomorus*. *Oikos* **75**. 3-14.
- Kery, M.; Matthies, D. & Spillmann, H. H. 2000. Reduced fecundity and offspring performance in small populations of the declining grassland plants *Primula veris* and *Gentiana lutea*. *Journal of Ecology* **88**. 17 – 30.
- Kinnaird, M. F.; O'Brien, T. G. & Suryadi, S. 1996. Population fluctuation in Sulawesi Red-Knobbed Hornbills: tracking figs in space and time. *The Auk* **113**: 431 – 440.
- Klank, C.; Pluess, A. R. & Ghazoul, J. 2010. Effects of population size on plant reproduction and pollinator abundance in a specialized pollination system. *Journal of Ecology* **98** 1389 – 1397.

- Kotchetskoff-Henriques, O. 2003. Caracterização da vegetação natural em Ribeirão Preto, SP - Bases para conservação. Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP. Ribeirão Preto.
- Lewinsohn, T. M.; Loyola, R. D. & Prado, P. I. K. 2006. Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estruturas em comunidades interativas. *Oecologia Brasiliensis* **10** :1. 90-104.
- Lord, J. M., & Norton, D. A. 1990. Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservation Biology* **4**:197-202.
- Margurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton: Princeton University, 179p.
- Martins, F. R. & Santos, F. A. M. 1999. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Holos Environment* (CD-ROM), Rio Claro, 1:1. 236-267.
- McArthur, R. H. & Wilson, E. D. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 87 p.
- McGarigal, K. S. A.; Cushman, M. C. Neel, & Ene, E. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Aplicativo computacional produzido por autores da Universidade de Massachusetts, Amherst. Disponível no sítio da internet: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- Milton, K., Windsor, D. M., Morrison, D. W. & Estribi, M. 1982. Fruiting Phenologies Of Two Neotropical *Ficus* Species. *Ecology* **63**. 752-762.
- Nascimento, P. S. R. 1997. Avaliação de técnicas de segmentação e classificação por regiões em imagens Landsat-TM visando o mapeamento de unidades de paisagem na Amazônia. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 111p.
- Nason, J. D., Herre, E. A. & Hamrick, J. L. 1998. The breeding structure of a tropical keystone resource. *Nature* **391**. 685-687.
- Nazareno, A. G., Pereira, R. A. S., Feres, J. M., Mestriner, M. A. & Alzate-Marin, A. L. 2009. Transferability and characterization of microsatellite markers in two Neotropical *Ficus* species. *Genetics and Molecular Biology* **32**:3. 568 – 571.
- Noyes, J. S. 1982. Collecting and preserving chalcid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Journal of Natural History* **16**. 315-334.
- Pardini, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation* **13**. 2567–2586.
- Pardini, R.; Faria, D.; Accacio, G. M.; Laps, R. R.; Mariano-Neto, E.; Paciência, M. L.B.; Dixo, M. & Baumgarten, J. 2009. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: a multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation* **142**. 1178-1190.
- Pereira, R. A. S. 1998. Relação do desenvolvimento de vespas de figo (Hymenoptera: Chalcidoidea) com aspectos reprodutivos de *Ficus eximia* Schott (Moraceae). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Pereira, R. A. S. 2002. Competição local por acasalamentos em vespas de figo (Hymenoptera: Chalcidoidea) associadas a *Ficus eximia* Schott (Moraceae). Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- ^aPereira, R. A. S.; Rodrigues, E. & Menezes, A. O., Jr. 2007. Phenological patterns of *Ficus citrifolia* (Moraceae) in a seasonal humid-subtropical region in South Brazil. *Plant Ecology* **188**. 265-275.
- ^bPereira, R. A. S., Teixeira, S. P. & Kjellberg, F. 2007. An inquiline fig wasp using seeds as a resource for small male production: a potential first step for the evolution of new feeding habits? *Biological Journal of the Linnean Society* **92**. 9–17.
- Pereira, R. A. S.; Farache, F. H. A.; Coelho, L. F. M.; Rattis-Teixeira, L. M. & Cerezini, M. T. 2010. Vespas de figo. In: Polegato, C. M. (ed) *A Fauna de insetos da Mata Santa*

- Tereza – Estação Ecológica de Ribeirão Preto/SP*. Ribeirão Preto: São Francisco. 143 – 156.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. 2007. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese **1**, 127.
- Priyanga, A. 2004. Spatial dynamics of mutualistic interactions. *Journal of Animal Ecology* **73**. 128-142.
- Proffitt M.; Schatz B; Bessière J. M.; Chen C.; Soler C. & Hossaert-McKey M. 2008 Signalling receptivity: comparison of the emission of volatile compounds by figs of *Ficus hispida* before, during and after the phase of receptivity to pollinators. *Symbiosis* **45**.15–24
- Rønsted, N.; Weiblen, G. D.; Cook, J. M. Salamin, N.; Machado, C. A.; Savolainen, V. 2005. 60 million years of co-divergence in the fig-wasp symbiosis. *Proceedings of the Royal Society of London B*. **272**: 2593-2599
- Rønsted, N.; Weiblen, G. D.; Savolainen, V. & Cook, J. M. 2008. Phylogeny, biogeography, and ecology of *Ficus* section *Malvanthera* (Moraceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **48**. 12-22.
- Shanahan, M.; Compton, S. G.; So, S. & Corlett, R. 2001. Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biological Reviews* **76**. 529-572.
- Spitzer, K.; Novotný, V.; Tonner, M. & Leps, J. 1993. Habitat preferences, distribution and seasonality of the butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) in a montane tropical rain forest, Vietnam. *Journal of Biogeography* **20**. 109–121.
- Tabanez, M. F. et al. 2005. *Plano de manejo da Estação Ecológica de Caetetus*. IF: Série Registros. 29. 1-104.
- Terborgh, J. 1986. Keystone plant resources in the Tropical forest. In: Saule', M. E. (ed.), *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. p. 330-344.
- Thomas, C. D.; Cameron, A.; Green, R. E.; Bakkenes, M.; Beaumont, L. J.; Collingham, L. C.; Erasmus, B. F. N. & Siqueira, M. F. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* **427**. 145 – 148 .
- Thornton, I. W. B.; Compton, S. G. & Wilson, C. N. 1996. The role of animals in the colonization of the Krakatau Islands by fig trees (*Ficus* species). *Journal of Biogeography* **23**. 577 – 592.
- Thornton, I. W. B.; Cook, S.; Edwards, J. S.; Harrison, R. D.; Schipper, C.; Shanahan, M.; Singadan, R.; Yamuna, R. 2001. Colonization of an island volcano, Long Island, Papua New Guinea, and an emergent island, Motmot, in its caldera lake. VII. Overview and discussion. *Journal of Biogeography*, **28**. 1389-1408.
- Veloso, H. P; Rangel-Filho, A. L. & Lima, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.
- Wang R. W.; Yang, C. Y.; Zhao, G. F. & Yang, J. X. 2005. Fragmentation Effects on Diversity of Wasp Community and Its Impact on Fig/Fig Wasp Interaction in *Ficus racemosa* L. *Journal of Integrative Plant Biology* **47**. 20-26.
- Ware, A. B., & Compton, S. G. 1994. Fig wasp responses to host plant volatiles. *Journal of Chemical Ecology*. **20**. 785–802.
- Weiblen, G. D. 2002. How to be a fig wasp. *Annual Review of Entomology* **47**. 299-330.
- Windsor, D. M.; Morrison, D. W.; Estribi, M. A. & De Leon, B. 1989. Phenology of fruit and leaf production by "strangler" figs on Barro Colorado Island, Panama. *Experientia* **45**. 647 – 653.

Apêndices

Apêndice 1 - Paisagem e Classificação dos mapas

Devido à grande distância de voo das vespas, que pode atingir dezenas de quilômetros (Nason et al., 1998; Nazareno et al., 2009; Ahmed et al., 2009), e ao fato das três paisagens estudadas diferirem quanto às suas configurações, a área de estudo abrangeu a escala da paisagem.

As coordenadas de cada figueira coletada consta na tabela a.

Tabela a: Localização dos pontos de coleta em cada uma das três regiões de estudo. (número atribuído a árvore – coordenada geográfica em UTM – Datum Córrego Alegre).

Hábitat	Borda	Matriz
Ribeirão Preto	112- 23K 198285 7653076 113- 23K 198222 7653106 114- 23K 198138 7653163 157- 23K 199038 7644981 158- 23K 199048 7645006 159- 23K 199066 7644983 274- 23K 203857 7649911	111- 23K 204461 7655615 116- 23K 199766 7653262 148- 23K 194648 7642711 149- 23K 196272 7641144 151- 23K 195153 7639684 152- 23K 194368 7642653 153- 23K 194359 7642657 160- 23K 198296 7643171 162- 23K 198419 7643049 163- 23K 198278 7643097 164- 23K 198438 7642993 165- 23K 198408 7643093 166- 23K 198583 7643308 167- 23K 198587 7643299 316- 23K 203421 7649682 317- 22K 808391 7654680 318- 23K 203436 7649662 331- sem ponto
Gália	010- 22K 635336 7521341 013- 22K 635722 7520488 257- 22K 635166 7522066	158- 22K 627532 7524177 390- 22K 627023 7513143 392- 22K 627317 7512483 393- 22K 628954 7511431 394- 22K 630531 7511537 424- 22K 628854 7510023 428- 22K 629439 7513570 429- 22K 629396 7513265 430- 22K 629340 7513200 431- 22K 629325 7513184 433- 22K 629361 7513019 434- 22K 629361 7513019 598- 22K 628935 7510868 617- 22K 636697 7522534

Teodoro Sampaio	165- 22K 379154 7498147		
	169- 22K 378768 7497957		
	258- 22K 370725 7499417		
	270- 22K 377932 7499613		529- 22K 365541 7495777
	408- 22K 367792 7498039	199- 22K 380397 7498872	530- 22K 365537 7495689
	412- 22 K 367720 7498021	201- 22K 380369 7498875	532- 22K 366959 7496151
	453- 22 K 367535 7498017	202- 22K 380369 7498869	535- 22K 367634 7498003
	457- 22 K 367409 7497988		538- 22K 367045 7496252
	458- 22 K 367412 7498004		
	487- 22 K 367586 7498020		
	508- 22 K 374212 7494324		
Total	21	10	37

A classificação das paisagens foi realizada por Luis Francisco Mello Coelho (dados não publicados). Os mapas de cobertura de vegetação foram elaborados a partir da classificação digital supervisionada por regiões (Ponzoni & Shimabukuro, 2007). A imagem da região de Teodoro Sampaio corresponde a uma cena do satélite TM/Landsat 5, órbitas ponto 223/75 e 223/76 de 27/04/2009 para Teodoro Sampaio; órbita/ponto 220/75 (10/09/2008) para a Ribeirão Preto e às órbita/pontos 221/75 (07/01/2009) e 221/76 (07/01/2009) para a Gália. As imagens foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE - <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>) e selecionadas aquelas com menor presença de nuvens e foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, todas com resolução espacial de 30m (lado do pixel).

O processamento das imagens foi realizado no aplicativo Spring versões 5.0.5, 5.1.3 e 5.1.4 (Camara et al., 1996). A segmentação das imagens foi realizada utilizando os seguintes valores de similaridade e área para as paisagens estudadas: 10-5, 6-10 e 10-5 respectivamente para Ribeirão Preto, Gália e Teodoro Sampaio. Os valores para Gália se diferenciaram dos demais devido à influência da sombra na resposta espectral dos alvos gerada pelo o relevo mais acidentado dessa região.

Foram escolhidas as amostras das classes a identificar para a execução da classificação por regiões pelo algoritmo de distância de “Battacharrya” com limiar de aceitação de 99,9%. Os mapas de uso do solo gerados foram avaliados quanto à sua acurácia utilizando o teste de validação Kappa (Nascimento, 1997). Como informações de referência para aplicação do teste Kappa, foi utilizada, em cada uma das três paisagens, uma nuvem de pontos classificados distribuídos sistematicamente nos nós de uma grade com 2 km de malha e classificados a partir de visitas em campo e das composições coloridas das imagens Landsat-TM utilizando as seguintes bandas: 321 (RGB) e 543 (RGB).

Todos os mapas de uso do solo gerados apresentaram índice Kappa maior que 0.8, dentro da categoria “excelente” na tabela de concordância do coeficiente Kappa (Camara et

al., 1996). As classes temáticas selecionadas foram: 1- Mata, 2- Capoeira, 3- Alagado 4- Agricultura 5- Urbano e 6 - Drenagem.

O georreferenciamento das imagens foi realizado com base em pontos de controle e trajetos percorridos em estradas coletados com um receptor GPS (Garmin-Modelo map60csx) com erro máximo de 15 m durante as saídas de reconhecimento das áreas, utilizando *datum* Córrego Alegre. A região periférica da paisagem analisada foi classificada para permitir a análise das árvores localizadas próximo aos limites da paisagem.

Para analisar a correlação entre (1) as características biológicas (nível de polinização e parâmetros ecológicos da fauna de vespas) e (2) as métricas de toda a paisagem (tabela b) e da paisagem no entorno das plantas coletadas – paisagem local. Na escala local foram considerados círculos de 1 e 5 km de raio, centrados na árvore amostrada. A imagem desses círculos foi exportada como matriz de classes para o cálculo das métricas pelo aplicativo computacional Fragstats versão 3.3 (McGarigal et al., 2002).

Duas métricas de paisagem (% de hábitat e extensão de borda) foram utilizadas para elaboração de modelos lineares (ver *Análise dos dados*). Tais métricas são apresentadas a seguir.

➤ *Porcentagem de hábitat*

Essa métrica corresponde à porcentagem de hábitat (no caso Floresta Estacional Semidecidual) contida no círculo ao redor da planta.

➤ *Extensão de Borda*

Essa métrica corresponde à soma dos comprimentos, em metros, de todos os segmentos de borda dos fragmentos de hábitat (McGarigal et al., 2002).

Tabela b: Métricas das paisagens totais nas três áreas de estudo.

<i>Métrica</i>	<i>Paisagem</i>	<i>Matriz</i>	<i>Hábitat</i>	<i>Áreas urbanas</i>	<i>Brejos</i>	<i>Corpos d'água</i>
Nº de fragmentos	Ribeirão	62	632	93	114	78
	Preto					
	Gália	114	1387	70	390	26
	Teodoro	26	237	12	77	9
	Sampaio					
Área ocupada pelo maior fragmento da paisagem	Ribeirão	86,3	1,1	1,0	> 1	> 1
	Preto					
	Gália	76,8	3,4	> 1	0	0
	Teodoro	51,5	20,1	> 1	> 1	5,0
	Sampaio					
% de hábitat	Ribeirão	88	9	2,0	1,0	> 1
	Preto					
	Gália	78	21	> 1	> 1	> 1
	Teodoro	54	41	> 1	> 1	5,0
	Sampaio					

Apêndice 2 – Fotodocumentação das vespas

Figura a: Vespas galhadoras associadas a *F. eximia*. **A:** *Aepocerus* sp. 3 ♀; **B:** *Aepocerus* sp. 9 ♀; **C:** *Anidarnes* sp. 3 ♀; **D:** *Anidarnes* sp. 3 ♂; **E:** *Idarnes* grupo *flavicollis* sp. 6 ♀; **F:** *Pegoscapus* sp. 8 ♀. Fotos A-F: Vanessa Tragante do Ó.

Figura b: Vespas parasitóides associadas a *F. eximia*. **A:** *Eurytoma* sp. 2 ♀; **B:** *Heterandrium* sp. 7 ♀; **C:** *Heterandrium* sp. 2 ♀; **D:** *Physothorax* sp. 4 ♂; **E:** *Physothorax* sp. 2 ♀; **F:** *Physothorax* sp. 1 ♂. Fotos A-F: Vanessa Tragante do Ó.

Figura c: Vespas inquilinas associadas a *F. eximia*. **A:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 9 ♀; **B:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 15 ♀; **C:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 17 ♀; **D:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 22 ♂; **E:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 26 ♀; **F:** *Idarnes* grupo *carne* sp. 27 ♂. Fotos A-F: Vanessa Tragante do Ó.

Apêndice 3 - Coletas

Tabela c: Número de árvores da espécie *Ficus eximia* encontrado em cada região

Paisagem	Número de indivíduos georreferenciados	Número de indivíduos georreferenciados – Potencialmente reprodutivos
Ribeirão Preto	141	73
Gália	61	40
Teodoro Sampaio	119	89

Tabela d: Distribuição das coletas realizadas nas três regiões entre setembro/2007 e julho de 2010, nas duas fases de interesse: fase C ou interfloral e fase D ou masculina.

	<i>FASE C</i>			<i>FASE D</i>		
	Gália	Ribeirão Preto	Teodoro Sampaio	Gália	Ribeirão Preto	Teodoro Sampaio
JAN	1	0	1	0	0	0
FEV	4	1	0	0	0	0
MAR	2	0	0	0	0	0
ABR	7	11	4	1	5	3
MAI	1	0	0	1	0	0
JUN	4	3	2	1	0	0
JUL	2	1	0	3	1	0
AGO	0	18	1	0	2	0
SET	5	11	2	1	1	0
OUT	6	0	9	1	0	3
NOV	5	1	4	2	1	3
DEZ	1	0	0	0	0	1