

Ana Julia Donatti

**COMO ESTÃO ORGANIZADAS AS REDES DE INTERAÇÕES DE  
VISITAÇÃO FLORAL EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA  
ATLÂNTICA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientadora: Doutora Isabela Galarda Varassin

Curitiba  
2011

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar constantemente o meu caminho.

Aos meus pais, meu irmão e a toda minha família, que mesmo de longe, sempre me apoiaram e me incentivaram para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

A minha orientadora, Isabela, pela oportunidade de convívio durante estes anos, além da constante orientação e amizade.

A Márcia Marques, pelo auxílio, amizade e convívio durante estes dois anos de trabalho.

A Capes, pelo apoio financeiro.

A SPVS, por permitir que este trabalho acontecesse e também a todos os funcionários, principalmente aos guarda-parques, pela ajuda tão necessária no campo.

A Jana, pelas aventuras com o Uno, coletas constantes, inclusive abaixo de chuva, e também por toda ajuda no laboratório, onde o trabalho nunca acabava!

A todos os amigos e colegas do laboratório, pela companhia e por tornarem o trabalho mais divertido.

Aos taxonomistas de: **Angiospermas:** Olavo Araújo Guimarães, Renato Goldenberg, Cristiane Snak, Fabrício Schmitz Meyer; **Hymenoptera:** Gabriel Augusto Rodrigues de Melo, Marcel Gustavo Hermes, Bolívar Rafael Garcete Barrett, Danúncia Urban; **Diptera:** Amanda Ciprandi Pires, Mírian Nunes Morales, Wayne Mathis, Alexandre Pereira Colavite; **Lepidoptera:** Olaf Hermann Hendrik Mielke, Eduardo Carneiro dos Santos; **Coleoptera:** Germano Henrique Rosado-Neto, Adelita Maria Linzmeier; **Hemiptera:** Rodney Ramiro Cavichioli, Paulo Sérgio Fiuza Ferreira, Andressa Paladini, Augusto Ferrari e José Antônio Marin Fernandes, sem estes o presente trabalho não seria possível.

As amizades conquistadas durante este período, além dos momentos inesquecíveis de convívio.

Ao Pietro, pela compreensão nos momentos de ausência, pela ajuda no campo, e por tornar meus dias melhores.

E um obrigada especial, a Floresta Atlântica, que apesar de constantemente degradada, ainda oferece suas flores como resposta.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>3</b>
<b>Metodologia</b> .....	<b>6</b>
Área de estudo.....	6
Delineamento amostral.....	7
Coleta de dados.....	7
Análise das redes de interações.....	8
<b>Resultados</b> .....	<b>11</b>
Estrutura topológica das redes de interações.....	11
Características das espécies nas redes de interações.....	12
<b>Discussão</b> .....	<b>13</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>18</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>23</b>
Figura 1.....	24
Figura 2.....	25
Figura 3.....	26
Figura 4.....	27
Figura 5.....	28
<b>Tabela 1</b> .....	<b>29</b>
<b>Tabela 2</b> .....	<b>30</b>
<b>Tabela 3</b> .....	<b>31</b>
<b>Tabela 4</b> .....	<b>32</b>
<b>Tabela 5</b> .....	<b>33</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>34</b>
<b>Anexo 2</b> .....	<b>38</b>

**Resumo:** Uma das conseqüências da substituição da Floresta Atlântica por centros urbanos e rurais é a perda de processos funcionais, como relações mutualísticas entre plantas e animais. Uma forma de avaliar se durante o processo sucessional estas interações estão sendo reintegradas, é investigar a estrutura das redes de interações em diferentes idades de restauração. Portanto, usando abordagens de redes ecológicas, foram comparadas redes de interações planta-polinizador, obtidas de quatro idades de restauração em Floresta Atlântica. Foi registrada a relevância de plantas com hábito herbáceo e arbustivo no início da restauração, a qual aumenta a oferta de recursos em áreas onde espécies arbóreas pioneiras levam de dois a dez anos para iniciar a fase reprodutiva. Conseqüentemente, essas plantas generalistas atraem e asseguram interações com insetos especialistas e/ou raros. Estes são provavelmente provenientes da paisagem heterogênea presente no local. Devido à proximidade das idades das idades, e da baixa diversidade de plantas, não foi registrado variação na estrutura topológica das redes de interações ( $M$ ,  $C$ ,  $N$ ,  $H'_2$ , grau médio). Tanto para plantas como para polinizadores, houve uma tendência de redução da generalidade, apontadas pela variação da distribuição do número de interações realizadas (grau das espécies). Nas idades mais antigas, o aumento da especialização ( $d'$ ) das plantas contribuiu para o aumento da força das espécies.

**Palavras-chave:** assimetria, comunidade, especialização, hábito, paisagem

**Abstract:** One of the consequences of substitution the Atlantic Forest by urban centers and rural areas is the loss of functional processes, as mutualistic relationships between plants and animals. A form of evaluating the reintegration of these interactions during the successional process is to investigate the structure of interaction networks in different ages of restoration. Therefore, using approaches of ecological networks, plant-pollinator interaction networks were compared of. They were obtained from four ages of restoration in the Atlantic Forest. The importance of herbaceous plants and shrubs was recorded at the beginning of the restoration, which increases the supply of resources in areas where pioneer tree species take two to ten years to start the reproductive phase. Consequently, these generalists plants attract and ensure interactions with specialists or rare insects. These probably come from the heterogeneous landscape in this area. Due to the proximity of their ages, and low diversity of plants, no variation in the topological structure of networks of interactions (M, C, N,  $H'_2$ , average degree) was recorded. For plants as for pollinators, there was a trend of reducing generality, appointed by the variation of the number of interactions (degree of species) distribution. In the oldest ages, the increasing specialization ( $d'$ ) of plants contributed to the increased strength of the species.

**Keywords:** asymmetry, community, specialty, habit, landscape

## INTRODUÇÃO

---

Uma das principais alterações em florestas tropicais é a sua conversão em pastagens (Aide et al. 2000, Holl et al. 2000). No Brasil, por exemplo, a Floresta Atlântica se estendia por 1.306 quilômetros quadrados ao longo de todo o litoral, sendo aos poucos substituída por centros urbanos e rurais. Hoje, resta cerca de 12% da sua área original, sendo a Serra do Mar localizada no litoral do Paraná, a maior área preservada (Ribeiro et al. 2009). Por causa da grande área desmatada, a Floresta Atlântica é avaliada como um dos três biomas mais ameaçados da Terra (Aidar et al. 2001), sendo considerada um *hotspot* de biodiversidade (Myers et al. 2000). Estas rápidas modificações das paisagens causam o rompimento de relações mutualísticas entre plantas e seus polinizadores, causando declínio na reprodução das plantas e na populações de animais que delas dependem para sua sobrevivência (Allen-Wardell et al. 1998, Kearns et al. 1998, Cunningham 2000, Roubik 2000, Kremen & Ricketts 2000).

Em florestas tropicais, a importância dos polinizadores é extremamente relevante, pois como verificado por Bawa et al. (1985) e Girão et al. (2007), as plantas são, em sua maioria, xenógamas, e sua polinização fundamentalmente realizada por insetos (Bawa 1974, Castro et al. 2007). Além disto, os polinizadores elevam as taxas de fluxo gênico entre as plantas, promovendo diversificação genética. Populações de plantas e animais em fragmentos isolados têm baixas taxas de fluxo gênico (Lande & Barrowclough 1987 apud Nazareno 2007). A restauração ecológica é um processo que auxilia a recuperação de um ambiente degradado, danificado ou destruído e tem como objetivo criar um ecossistema auto-sustentável e resiliente às perturbações (SER, 2004). Neste sentido, a restauração ecológica pode favorecer o restabelecimento das interações (Forup et al. 2008), assim como o fluxo gênico entre os indivíduos da área restaurada e dos remanescentes de vegetação nativa do entorno (Montalvo et al. 1997, McKay 2005, Castro et al. 2007). Portanto, a restauração de áreas degradadas é uma alternativa para recuperar a funcionalidade dos sistemas ecológicos (Young 2000, Kageyama et al. 2003),

os quais podem ser estudados através das redes de interações mutualísticas (Forup & Memmott 2005, Watts & Didham 2006, Forup et al. 2008).

Apesar da importância das interações na recuperação da funcionalidade das áreas restauradas, esta abordagem é rara em estudos sobre restauração (Forup & Memmott 2005). Informações básicas sobre interações dispersivas, como a disponibilidade de polinizadores e de flores nestas áreas não estão disponíveis para a Floresta Atlântica. Há apenas informação sobre chuva de sementes (Barbosa & Pizo 2006; Leitaõ et al 2010).

Através das métricas utilizadas para analisar redes de interações mutualísticas, é possível obter diversas informações, como a importância de processos ecológicos e evolutivos, (Bascompte et al. 2003; Lewinsohn et al. 2006; Thompson 2005) relevantes para avaliar áreas onde a prática de restauração é utilizada para recuperar um ambiente degradado. Conseqüentemente, estudos que enfoquem tanto redes qualitativas, como quantitativas de interações, com dados referentes ao número de espécies presentes e sua abundância, conectância, índice de diversidade estandarizada ( $H'_2$ ), distância estandarizada ( $d'$ ), aninhamento, modularidade, dependência, força entre as espécies, entre outras métricas, permitem que o sucesso na restauração seja avaliado (Forup & Memmott 2005; Forup et al. 2008).

Padrões de conectância têm sido examinados comparando a fração de possíveis interações entre os pares estabelecidos em redes de interação de polinizadores. Quando o número de espécies em redes mutualísticas aumenta, o número de interações estabelecidas também aumenta. Contudo, a conectância diminui exponencialmente em sistemas de polinizadores que em sistemas de dispersores de semente, o que sugere uma maior especificidade em redes de polinizadores (Jordano 1987).

A maioria das redes mutualísticas de polinização são aninhadas (Bascompte et al. 2003), e apresentam padrões assimétricos de interações (Vásquez & Aizén 2004). Esta assimetria também é revelada quando considerada a dependência de uma espécie de planta de uma espécie animal, a qual, como observado por Jordano (1987) e Bascompte et al. (2006), apresenta uma combinação de dois valores de dependência entre um par

planta-animal. Devido à estrutura aninhada, espécies especialistas tendem a interagir com espécies generalistas, desse modo os especialistas contribuem largamente para aumentar a força dos generalistas (Bascompte & Jordano 2007). Conseqüentemente, é comum as redes de interações apresentarem poucas interações fortes e muitas interações fracas (Ulanowicz & Wolff 1991; Goldwasser. & Roughgarden 1997), o que segundo Bascompte & Jordano (2007) e Kokkoris et al. (1999) promovem a persistência e a estabilidade da comunidade.

A fragmentação da Floresta Atlântica pode provocar a diminuição da participação de certos polinizadores, como vertebrados, de plantas auto-incompatíveis (Girão et al. 2007) e de plantas com sementes grandes (Santos et al. 2008), assim como o aumento de polinizadores generalistas nas áreas fragmentadas (Girão et al. 2007). Assim, florestas secundárias em pequenos fragmentos poderiam sofrer erosão dos traços reprodutivos em longo prazo por não manter plantas com diversas histórias de vida (Lopes et al. 2009). A avaliação das redes de polinização nas áreas de restauração pode auxiliar a compreensão de como estas redes estão sendo reconstruídas assim como pode permitir a avaliação do futuro das florestas a partir dos cenários apresentados hoje.

Portanto, o objetivo deste estudo foi o de quantificar a organização das redes de polinização por insetos em áreas de diferentes idades de restauração da Floresta Atlântica, verificando como as redes de interação estão sendo reintegradas durante o processo sucessional. Para isso, o presente trabalho testa as seguintes hipóteses: 1) As teias mutualísticas tornam-se mais estruturadas, ou seja, apresentam maior aninhamento em parcelas de maior idade; 2) A especificidade das redes aumenta com a idade das parcelas; 3) Em idades jovens de restauração, plantas generalistas, ou seja, aquelas que aumentam o oferta de recursos, como herbáceas e arbustivas, terão o maior número de interações.



## **METODOLOGIA**

---

### **Área de estudo**

Este estudo foi realizado em uma unidade de conservação localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, a Reserva Natural do Rio Cachoeira (RNRC) (Figura 1), Paraná, a qual possui a maior área contínua de remanescente de Floresta Ombrófila Densa no Brasil (Ferretti & Britez, 2006). A reserva, de propriedade da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), abrange aproximadamente 8.700 ha (Ferretti & Britez, 2006), e está incluída na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) (Cheung et al., 2009).

O clima da região é chuvoso tropical sempre úmido Af(t), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é entre 20.8°C e 22°C e precipitação média anual de 2.545 mm. As menores precipitações ocorrem no final do outono e inverno, entre os meses de abril e agosto, enquanto que os maiores volumes de chuva ocorrem no verão, de dezembro a março (Ferretti & Britez 2006).

Esta região apresenta ao longo da sua história uma forte atividade agropecuária, sendo que, a partir da década de 1970, iniciou-se a criação de búfalos asiáticos (Cheung et al., 2009). As áreas de Floresta Atlântica existentes foram transformadas em pastagens, utilizando espécies de gramíneas exóticas do gênero *Brachiaria* (Ferretti & Britez 2006). Estas áreas estão sendo recuperadas, através de um programa de restauração ambiental, com o objetivo de restaurar 1.500 ha, utilizando três métodos diferentes: plantio mecanizado, manual e com estaca (Ferretti & Britez 2006). No processo inicial de restauração foram plantadas mudas de árvores pioneiras (Ferretti & Britez 2006), as quais levam de dois a dez anos para crescerem e iniciarem a fase reprodutiva. Neste intervalo, outras espécies de plantas como herbáceas e arbustivos chegam através da regeneração natural. Isto é muito perceptível nas idades de restauração aqui estudadas, onde o número de espécies de árvores pioneiras reprodutivas varia entre uma e três por idade, o de espécies de

arbustos varia entre quatro e sete por idade e o número de espécies de herbáceas varia entre nove e dez por idade (anexo 1)

### **Delineamento Amostral**

Foram selecionadas oito parcelas de restauração de Mata Atlântica, dentro da RNRC, entre as parcelas já existentes na RNRC, as quais são utilizadas em Projetos de Seqüestro de Carbono desenvolvidos pela SPVS. As parcelas são circulares e possuem um tamanho padrão de 14m de raio. A seleção incluiu há quantos anos a prática de restauração ambiental foi iniciada: 4, 5, 6 e 7, sendo, escolhidas duas parcelas em cada idade de restauração (Figura 2). As parcelas selecionadas eram homogêneas em relação ao tipo de solo, sendo todas de gleissolo, e em relação ao método de restauração, todas originadas por plantio mecanizado. Nestas parcelas foram plantadas as seguintes espécies de árvores pioneiras: *Senna multijuga*, *Mimosa bimucronata*, *Cecropia pachystachya*, *Cecropia glaziouvii*, *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia*, *Myrsine* sp., *Cytharexylum myrianthum*, *Schizolobium parahybum*, *Inga edulis* e *Inga marginata*.

### **Coleta de dados**

Os registros de visitação floral foram efetuados em todas as espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas em idade reprodutiva, e com altura máxima de 6 metros e mínima de 10 cm, presentes no interior das parcelas. Para as observa es em espécies arbóreas, foram utilizadas escadas de 2m e 5m de altura. Em fun o disto, *Cecropia pachystachya* não foi amostrada nas parcelas com 6 e 7 anos de restaura o devido   altura de seus indivíduos; *Cytharexylum myrianthu* (nas parcelas com 6 e 7 anos de restaura o) e *Inga marginata* (nas parcelas com 4 e 6 anos de restaura o) também não foram avaliadas por seu período de flora o ser muito curto e ter ocorrido no período de intervalo entre um mês e outro. As observa es focais e as capturas dos insetos visitantes florais foram realizadas uma vez por mês, em cada parcela,

de setembro/2009 a agosto/2010. Cada espécie de planta foi observada 2h/dia, em intervalos de 20 minutos, das 7:00h as 18:00h, sendo o intervalo entre as coletas em cada parcela de um mês. A cada mês a ordem de observação das plantas em floração era alterada, de forma que cada espécie pudesse ser observada em diversos horários até o término do estudo.

A captura dos visitantes florais foi realizada com o auxílio de redes entomológicas com alcance de 1,20m, própria para coleta de insetos em vôo. Também foi utilizada uma rede entomológica de cabo telescópico, o que auxiliou na coleta em ramos mais altos. Os insetos foram montados em alfinetes entomológicos e etiquetados. O material foi identificado até o menor nível taxonômico possível, com a ajuda de especialistas (ver Agradecimentos). Todo o material será depositado na coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, no Departamento de Zoologia da UFPR (Anexo 2).

Foram coletadas exsicatas de cada espécie de planta onde se fez o registro de visitação floral. O material herborizado foi identificado por especialistas (ver Agradecimentos) e será depositado no Herbário da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (Anexo 1).

### **Análise das redes de interações**

A partir dos dados obtidos em campo, foram construídas matrizes para análise das redes de interação. Para a realização de todas as análises de redes de polinização, 143 espécimes de Formicidae foram excluídos, pois foram consideradas agentes pilhadores de néctar. Também foram excluídos os 78 espécimes de Hemiptera, devido ao hábito fitófago encontrado na maioria das espécies dessa ordem. Foi calculado o tamanho da rede por:

$$M = AP$$

onde *A* e *P* são o número total de interações entre as espécies de animais e de plantas registradas, respectivamente. *M* indica o número máximo de interações observadas.

A fim de medir a ocorrência de aninhamento, o qual representa a assimetria da rede (Bascompte et al. 2003, Bascompte & Jordano 2007, Jordano et al. 2007), foi utilizado o programa NODF, um sub-programa do *Aninhado* versão 3.0. A matriz original foi comparada, através de 1000 aleatorizações, com a matriz gerada pelo modelo nulo tipo CE, onde a probabilidade de uma interação ocorrer é ponderada pelo número de ocorrências de interações na linha e na coluna, e pelo modelo nulo tipo ER, onde a probabilidade de uma interação ocorrer não é ponderada pela abundância das linhas e colunas (Guimarães & Guimarães, 2006; Almeida-Neto et al., 2008).

A conectância, porcentagem de todas as possíveis interações na rede observada, foi medido através do registro de interações nas matrizes. A conectância é dada por:  $C = L/(IJ)$ , onde  $L$  corresponde ao número de interações registradas, e  $I$  e  $J$  são o número de espécies de plantas e animais presentes na rede. Este índice foi utilizado para verificar o grau de especialização nas redes estudadas. Para este mesmo fim, foi calculado o índice de especialização quantitativo,  $H'_2$  (Blüthgen et al. 2006, Blüthgen et al. 2008), onde  $H_2$  é uma medida bidimensional derivada do índice de Shannon.  $H'_2$  varia entre 0 (extrema generalização) e 1.0 (extrema especialização) (Blüthgen et al. 2006).

Para avaliar se a adição de interações aumenta proporcionalmente à adição de espécies na rede, foi construída uma curva de distribuição cumulativa do número de interações por espécie  $P(k)$  em função das interações escalonadas por espécie ( $k/kc$ ) (Jordano et al. 2003). Para isso, foi verificado a distribuição cumulativa de  $P(k)$ , testando qual dos modelos teria um melhor ajuste seguindo o critério de informação de Akaike (AIC): (a) exponencial, (b) de potência ou (c) de potência truncada (Jordano et al. 2003, Vázquez 2005, Bascompte & Jordano 2007, Jordano et al. 2007).

Para nível de espécie foi calculado o padrão de diversidade confrontando duas métricas: o grau e o  $d'$ . O grau é uma medida de especialização baseada em matrizes binárias, ou seja, qualitativa, e se resume à soma das espécies de animais que interagiram com a espécie de planta  $i$ , e

vice-versa. O índice  $d'$  (Blüthgen et al. 2006, Blüthgen et al. 2008) é uma medida estandardizada da distância de Kullback-Leibler, e mede a especialização de uma espécie baseada na frequência do total de interações da rede. O índice  $d'$  é uma medida que varia entre 0 e 1.0 indicando extrema generalização e especialização respectivamente (Blüthgen et al. 2006).

A dependência das espécies pode ser determinada pela frequência relativa das visitas florais. Portanto, a dependência de uma espécie de planta  $i$  por uma espécie de animal  $j$  ( $d_{ij}$ ), é a fração de todas as interações que ocorreram na espécie  $i$  com a espécie  $j$  (Bascompte & Jordano 2007). Desta forma, para cada interação são obtidos dois valores de dependência: da planta sobre o animal e do animal sobre a planta. A partir do cálculo da dependência foi estimada a força de cada espécie, a qual é a soma das dependências de todas as espécies de um animal sobre uma planta específica, ou de todas as plantas sobre um animal específico (Bascompte & Jordano 2007).

A partir dos valores obtidos para grau,  $d'$  e força de cada espécie, foi realizado o teste de correlação de Spearman entre: grau e força da espécie e entre  $d'$  e força da espécie, para verificar se há relação da força de cada espécie com as medidas de especialização, assim como entre grau e  $d'$ , para analisar se  $d'$  apresenta relação com o grau.

Os índices para nível de rede: conectância,  $H'_2$  e distribuição do grau; assim como os índices para o nível de espécie: grau,  $d'$  de cada espécie, dependência e força das espécies, foram calculados para as quatro idades de restauração no software R versão 2.9.2 (R Development Core Team, 2009)

## **RESULTADOS**

---

Durante todo o período deste estudo foram coletados 1.482 insetos (Tabela 1, Anexo 2). Dentro da ordem Diptera, 83 insetos pertencentes ao gênero *Toxomerus*, grupo *duplicatus*, não foram identificados em nível de espécie e nem separados em morfoespécie. Como estes insetos interagiram com 23 espécies de plantas, não foram considerados nas análises, pois seriam considerados como uma única espécie super-generalista. Portanto, foram considerados nas análises 1.178 insetos, totalizando 245 espécies distribuídas entre quatro ordens: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera (Tabela 1, Anexo 2) nas quatro idades de restauração (Tabela 2). Quanto às plantas, foi realizado registro de interações em 32 espécies, incluindo plantas arbóreas (n = 5), arbustivas (n = 10) e herbáceas (n = 17) (Anexo 1, Tabela 2 e Tabela 3). Apesar do alto número de registros de interações (1.178) nas quatro idades, houve um alto índice de espécies que tiveram registros únicos para cada parcela (4 anos – 79.3%; 5 anos – 74.4%; 6 anos – 77.9%; 7 anos – 73.7%).

### **Estrutura topológica das redes de interações**

O padrão estrutural aninhado foi encontrado apenas na parcela com 5 anos de restauração de acordo com o modelo nulo do tipo CE, e nas parcelas com 5 e 7 anos de restauração de acordo com o modelo nulo do tipo ER (Tabela 2, Figura 3). Foi testado se a existência do aninhamento estava relacionado com o elevado número de interações registrado na espécie *Stachytarpheta maximiliani* (Verbenaceae), presente na parcela com 5 anos de restauração. Para isto, *S. maximiliani* foi retirada de todas as redes, e o aninhamento foi testado novamente. Após a exclusão da *S. maximiliani*, os resultados encontrados anteriormente foram mantidos (Tabela 2).

A conectância das redes nas quatro idades diminuiu com o aumento da idade de restauração (Tabela 2). Apesar disto, o índice de diversidade de interações standardizado,  $H'_2$ , apontou as idades mais antigas, com idade de restauração de 6 e 7 anos, como sendo redes levemente mais generalistas, quando comparadas com as redes de 4 e 5 anos (Tabela 2). Nas quatro idades

de restauração o grau médio aponta todas as plantas como generalistas e os insetos especialistas (Tabela 4).

As redes de interação apresentaram padrões de distribuição do grau específicos para cada nível trófico. Para plantas, o padrão predominante, foi Lde Potência Truncada, com exceção da parcela com 6 anos de restauração, que apresentou um padrão de distribuição que se adequou a linha exponencial (Figura 4). Para os animais, o padrão predominante foi Exponencial, com exceção da parcela com 7 anos de restauração, que apresentou distribuição ajustada a de Potência (Figura 4).

### **Características das espécies nas redes de interações**

A força das espécies, nas quatro redes aqui estudadas, foi positivamente relacionada ao número de interações estabelecidas pelas espécies, ou seja, o grau. A força das espécies de plantas apresentou uma correlação muito maior com o grau quando comparado com a correlação da força das espécies de animais (Tabela 5, Figura 5).

Tanto para plantas ( $P$ ), em idades mais velhas, quanto para animais ( $A$ ), houve relação positiva entre  $d'$  e força. No entanto, não houve relação entre  $d'$  e força para as plantas das idades mais jovens (Tabela 5, Figura 5).

Quanto à correlação entre  $d'$  e grau, apenas as plantas da idade mais antiga apresentaram correlação positiva, assim como os animais das idades de 5, 6 e 7 anos. Para as demais idades, não foi encontrada correlação entre  $d'$  e grau nem para as plantas, nem para os animais da parcela com 4 anos ( $r_s = 0.07$ ,  $p > 0.1$ ) (Tabela 5, Figura 5).

## DISCUSSÃO

---

Em todas as idades monitoradas, arbustos e ervas são chave para o estabelecimento das interações, representando a maior parte destas (85.36%). Além disso, 60.35% das interações que ocorreram com espécies arbóreas, também ocorreram com arbustos e/ou ervas. Portanto, esse aumento de oferta de recursos para polinizadores e dispersores pelas plantas herbáceas e arbustivas é crucial para o estabelecimento e manutenção dos processos naturais na floresta (Castro et al. 2007). De fato na RNRC, a floração de árvores pioneiras e secundárias apresenta uma certa sazonalidade, com um pico reprodutivo por ano (Cardoso 2006), não constituindo um recurso disponível ao longo do ano todo. Além disso, em áreas de restauração jovens, como no presente estudo, é comum encontrarmos uma maior quantidade de ervas e arbustos, em relação a espécies arbóreas, oferecendo recursos mais precocemente para polinizadores e dispersores.

Os altos valores do grau médio das plantas demonstram o quanto as áreas jovens de restauração são generalistas, ou seja, comportam espécies de plantas que são capazes de atrair uma grande diversidade de insetos. Assim, mesmo uma baixa diversidade de plantas parece recuperar uma grande gama de interações. Esta parece ser uma tendência também percebida em outras áreas de restauração, onde áreas distintas por seu isolamento ou porcentagem de espécies de plantas nativas, não apresentaram diferença na riqueza de borboletas (Shepherd & Debinski 2005). Ao menos para este grupo de insetos, pode haver uma rápida retomada na diversidade em apenas 3 anos de restauração (Maccherini et al 2009), talvez porque a riqueza de borboletas não varie tanto com o manejo do ambiente, em áreas restauradas (Öckinger et al 2006, Vogel et al 2007), mas sua composição sim (Shepherd & Debinski 2005; Vogel et al 2007). Os insetos que visitaram plantas nas áreas de restauração apresentaram valores de grau médio baixos, sendo, por esta métrica, considerados especialistas. A grande generalidade das plantas e a especialidade dos animais é a possível causa de valores médios de  $H'_2$ , e conseqüentemente, a causa da ausência de aninhamento em três das quatro áreas estudadas.



Diferentemente da ausência de aninhamento detectado nestas áreas em processo de restauração, diversos estudos na literatura já detectaram estruturas aninhadas, compreendendo desde ilhas oceânicas até mesmo paisagens fragmentadas (Atmar & Patterson 1993, Wright et al. 1998). Isto ocorre porque em geral, segundo Bascompte et al. (2003), redes de polinizadores com mais de 50 espécies apresentam padrão aninhado, o qual é comumente interpretado como resultado de uma especialização assimétrica (Bascompte et al. 2003, Vásquez & Aizén 2004): plantas generalistas interagem com animais generalistas (núcleo da comunidade), espécies especialistas raramente interagem entre si e especialistas (espécies com poucas ligações) interagem com generalistas (espécies com muitas ligações). A ausência destas características básicas nas redes de interações aqui apresentadas podem ser facilmente observadas. No entanto, em áreas jovens, como no presente estudo, há um grande número de plantas generalistas que atraem uma grande gama de insetos, os quais só chegam nestas áreas quando há uma grande oferta de recursos. Assim a predominância de espécies de animais com baixo número de registros (especialistas/raros) é assegurada pelas interações que ocorrem com espécies de plantas generalistas (Vásquez & Aizen 2004, Bascompte & Jordano 2006).

O padrão de acumulação de interações das plantas, avaliada pela distribuição do grau, indica uma recuperação dos processos funcionais, pois tende a seguir um padrão topológico usual de redes de polinização em áreas conservadas (Mosquin & Martin 1967, Arroyo et al. 1982, Herrera 1988, Inoue et al. 1990, Kakutani et al. 1990, Kato & Miura 1996, Elberling & Olesen 1999, Olesen et al. 2002). Em redes de interação, no momento em que novas espécies são adicionadas na comunidade, há uma tendência destas interagirem preferencialmente com as espécies pré-existentes (Barabási & Albert 1999) e assim a distribuição do grau muda de exponencial para Lei de Potência ou Lei de Potência Trucada (Jordano et al. 2003). Nesta situação, a ausência de valores extremos de generalização, indica a restrição de algumas interações (*forbidden links*) (Jordano et al. 2003), como por exemplo, um animal com língua curta não conseguir polinizar uma planta com corola longa.

É importante ressaltar a existência de vários registros únicos para as espécies de animais, os quais podem ser considerados espécies “raras” e/ou especialistas. Segundo Blüthgen et al. (2008), os registros únicos podem sofrer efeito da intensidade da amostragem, ou segundo McGill et al. (2007), algumas espécies simplesmente são mais registradas que outras, devido a distribuição da sua abundância. Nas áreas aqui estudadas, o alto índice de registros únicos pode estar relacionado com o efeito amostral, uma vez que cada espécie de planta foi observada durante períodos relativamente curtos. Isto também pode ser efeito da estrutura heterogênea da paisagem, uma vez que a RNRC é composta de diferentes estágios sucessionais e fisionomias (SPVS 2006). Espécies de animais com registros únicos nas áreas de restauração podem ser provenientes de áreas adjacentes, mais conservadas, onde possivelmente existam numa abundância maior. Essas variações no registro das frequências das espécies afetam métricas não-ponderadas como a conectância ( $C$ ) da rede e a medida de especialização pelo grau ( $k$ ).

Apesar da conectância diminuir com a idade conforme o esperado, esta não está relacionada com a diminuição do número total de espécies, o que é o usual (Olesen & Jordano 2002). A conectância, também utilizada como uma medida de especialização, não refletiu a diferença no grau de especialização existente entre as redes de interações das quatro idades estudadas. Por exemplo, a rede de 2004 possui apenas uma espécie de planta bastante generalista, interagindo com mais de 20 espécies de animais, enquanto a de 2005 possui quatro espécies de plantas generalistas, sendo que duas delas interagem com mais de 30 espécies de animais. Características como tamanho da rede e número de interações por espécie nas redes de interações, foram mais bem representadas pelo índice ponderado  $H'_2$  (por exemplo, as redes de 2004 e 2005 tiveram tamanhos de matriz diferentes e conectância igual, obtiveram valores de  $H'_2$  mais sensíveis a essa diferença [0.507 e 0.663 respectivamente]). De fato, redes com grande diferença na heterogeneidade da frequência de interação, podem apresentar valores de  $C$  próximos, por se basear em valores binários, mas índices  $H'_2$ , distintos, por serem baseados na frequência de interações (Blüthgen et al. 2006). Desta forma, a conectância é mais sensível ao efeito de amostragem (Blüthgen et al. 2006). Considerando,

portanto, os valores do índice  $H'_2$ , as redes das idades mais jovens parecem mais especialistas que as idades mais antigas, apesar dos valores encontrados serem muito próximos. Isto é o contrário do esperado, pois os polinizadores tendem a ser mais generalistas em áreas onde o distúrbio é maior, ou seja, áreas jovens (Taki & Kevan 2007). Novamente, o número elevado de registros únicos pode ter influenciado os resultados.

A força das espécies de plantas foi mais fortemente correlacionada com o número de interações que elas realizaram (o grau) que os animais, provavelmente devido a grande diferença no número de espécies de plantas e de animais presentes nas redes de interações. Como o grau é uma medida de especialização não ponderada para o nível de espécie, o efeito amostral dos registros únicos têm grande influência no grau de especialização de cada espécie, e também na correlação especialização/assimetria (Blüthgen et al. 2006). Neste estudo, assim como em outros (Blüthgen et al. 2006; Blüthgen et al. 2008), o grau não se revelou uma boa medida de especialização, apresentando relação com  $d'$  em apenas metade das situações avaliadas (plantas e animais em diversas idades). Houve um aumento da força das espécies de plantas associadas com o grau de especialização  $d'$  nas idades mais antigas, indicando que apenas as plantas nestas idades apresentam relação entre força e  $d'$ . Por outro lado, a manutenção da relação da força das espécies de animais com o índice  $d'$ , em todas as idades, indica há relação entre força e  $d'$  nas duas situações.

A rede de interações de polinização nas áreas em processo inicial de restauração de Floresta Atlântica revelou que as plantas herbáceas são muito importantes para manter localmente as interações participando da distribuição de recursos florais ao longo de todo ano. A paisagem teve um provável efeito na rede, fornecendo polinizadores de áreas adjacentes, elevando a diversidade e abundância de insetos nas áreas restauradas. Por outro lado, esta heterogeneidade da paisagem colaborou para a grande quantidade de registros únicos nas áreas restauradas. Tanto para plantas como para polinizadores, houve uma tendência de redução da generalidade, pontadas pela variação da distribuição do número de interações realizadas (grau das espécies). Nas

idades mais antigas, o aumento da especialização ( $d'$ ) das plantas contribuiu para o aumento da força das espécies. A estrutura topológica da rede em termos funcionais (M, C, N,  $H'_2$ , grau médio) não variou muito entre as fases de restauração ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aidar, M. P. M., J. R. L. Godoy, J. Bergmann and C. A. Joly. 2001. Atlantic forest succession over calcareous soil, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, SP. *Revista Brasileira de Botânica* **24**:455-469
- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera, and H. Marcano-Veja. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* **8**:328–338
- Allen-Wardell, G., P. Bernhardt, R. Bitner, A. Bursquez, S. Buchmann, J. Cane, P. A. Cox, V. Dalton, P. Feisinger, M. Ingram, D. Iouney, C. E. Jones, K. Kennedy, P. Kevan, H. Koopowitz, R. Medellin, S. Medellin-Morales, G. P. Nabhan, B. Pavlik, V. Tepedino, P. Torchio and S. Walker. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* **12**:8-17
- Almeida-Neto, M., P. Guimarães, P. R. Guimarães, R. D. Loyola and W. Ulrich. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* **117**:1227-1239
- Atmar W., and B. D. Patterson. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia* **96**:373–82
- Arroyo, M.T.K., R. Primack, and J. Armesto. 1982. Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of Central Chile. I. Pollination mechanisms and altitudinal variation. *American Journal of Botany* **69**:82–97
- Barabási, A. L., and R. Albert. 1999. Emergence of scaling in random networks. *Science* **286**:509-512
- Barbosa, K.C., and M. A. Pizo. 2006. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. *Restoration Ecology* **14**: 504-515
- Bascompte J., P. Jordano, C. J. Melian and J. M. Olesen. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **100**:9383-9387
- Bascompte, J., P. Jordano and J. M. Olesen. 2006. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* **312**:431–433
- Bascompte, J., and P. Jordano, 2006 The structure of plant-animal mutualistic networks. In: M. Pascual, and J. Dunne editors. Pages 143-159 in: *Ecological networks*. Oxford University Press, Oxford, US
- Bascompte, J. and P. Jordano. 2007. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **38**:567-593
- Bawa, K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* **28**:85-92
- Bawa, K.S., D. R. Perry, M. H. Grayum and R. E. Coville. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* **72**:346-56
- Bechara, F.C. 2006. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Thesis (Ph.D.). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba

- Blüthgen, N., F. Menzel and N. Bluthgen. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BioMedCentral Ecology* **6**:1-12
- Blüthgen, N., J. Fründ, D. Vázquez and F. Menzel. 2008. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits? *Ecology* **89**:3387–3399
- Cardoso, F. C. G. 2006. Fenologia de árvores em fragmentos de Floresta Atlântica no litoral do Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná
- Castro, C.C., S. V. Martins and R. R. Rodrigues 2007. A focus on plant reproductive biology in the context of forest restoration. Pages 197-206 in R. R. Rodrigues, S. V. Martins and S. Gandolfi, editors. High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil. Nova Science Publishers, New York
- Cheung, K. C., M. C. M. Marques and D. Liebsch. 2009. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* [online] **23**:1048-1056
- Cunningham, S. A. 2000. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceedings of the Royal Society of London* **267**:1149-1152
- Elberling, H., and J. M. Olesen. 1999. The structure of a high latitude plant–flower visitor system: the dominance of flies. *Ecography* **22**:314–323
- Ferretti, A. R. and R. M. Britez. 2006. Ecological restoration, carbon sequestration and biodiversity conservation: The experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil. *Journal for Nature Conservation* **14**: 249-259
- Forup, M.L. and J. Memmott. 2005. The restoration of plant-pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology* **13**:265-274
- Forup, M. L., K. S. E. Henson, P. G. Craze and J. Memmott. 2008. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology* **45**:742–752
- Girão, L.C., A. V. Lopes, M. Tabarelli and E. M. Bruna. 2007. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. *Plos one* **2**:e908.doi:10.1371/journal.pone.0000908
- Guimarães, P. R. and P. Guimarães. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software*. **21**:1512-1513
- Goldwasser, L. and J. Roughgarden. 1997. Sampling effects and the estimation of food web properties. *Ecology* **78**:41–54
- Herrera, J. 1988. Pollination relationships in Southern Spanish Mediterranean shrublands. *Journal of Ecology* **76**:274–287
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* **8**:339–349
- Inoue, T., M. Kato, T. Kakutani, T. Suka, and T. Itino. 1990. Insect–flower relationship in the temperate deciduous forest of Kibune, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. *Contribution from the Biological Laboratory, Kyoto University* **27**:377–463

- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist* **129**:657–677
- Jordano, P., J. Bascompte, J. M. Olesen 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters*. **6**:69-81
- Jordano, P., D. Vázquez and J. Bascompte, 2007. Redes complejas de interacciones planta–animal. in: R. Medel, R. Zamora, M. Aizen and R. Dirzo editors. *Interacciones planta–animal y la conservación de la biodiversidad*. CYTED, Madrid
- Kageyama, P. Y., F. B. Gandara and R. E. Oliveira. 2003. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. Pages 28-48 in: P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel and F. B. Gandara, editors. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Editora Fepaf
- Kakutani, T., T. Inoue, M. Kato, and H. Ichihashi. 1990. Insect–flower relationship in the campus of Kyoto University, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. *Contribution from the Biological Laboratory, Kyoto University* **27**:465–521
- Kato, M., and R. Miura. 1996. Flowering phenology and anthophilous insect community at a threatened natural lowland marsh at Nakaikemi in Tsuruga, Japan. *Contribution from the Biological Laboratory, Kyoto University* **29**:1–48
- Kearns, C. A., D. W. Inouye, N. M. Waser. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review Ecology and Systematics* **29**:83-112
- Kokkoris, G., A. Troumbis and J. Lawton. 1999. Patterns of species interaction strength in assembled theoretical competition communities. *Ecology Letters* **2**:70–74
- Kremen, C., and T. Ricketts. 2000. Global Perspectives on Pollination Disruptions. *Conservation Biology* **14**:1226-1228
- Lande, R. and G. F. Barrowclough. 1987. Effective population size, genetic variation, and their use in population management. Pages 87-123 in M. L. Soulé, editor. *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge
- Leitaõ F., M. C. M. Marques, E. Ceccon. 2010. Young restored forests increase seedling recruitment in abandoned pastures in the Southern Atlantic rainforest. *Revista de Biologia Tropical* **58**: 1271-1282
- Lewinsohn, T.M., P. I. Prado, P. Jordano, J. Bascompte and J. M. Olesen. 2006. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* **113**:174-184
- Lopes, A. V., L. C. Girão, B. A. Santos, C. A. Peres and M. Tabarelli. 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. *Biological Conservation* **142**: 1154-1165
- Maccherini S, G. Bacaro, L. F. S. Piazzini, and E. S. M. Marignani. 2009. Congruence among vascular plants and butterflies in the evaluation of grassland restoration success. *Acta Ecologica* **35**: 311–317
- Maciel, B. A. 2007. Mosaicos de Unidade de Conservação: uma estratégia de conservação para a Mata Atlântica. Dissertação. Centro de desenvolvimento sustentável, Universidade de Brasília, Brasília

- McGill, B. J., R. S. Etienne, J. S. Gray, D. Alonso, M. J. Anderson, H. K. Benecha, M. Dornelas, B. J. Enquist, J. L. Green, F. He, A. H. Hurlbert, A. E. Magurran, P. A. Marquet, B. A. Maurer, A. Ostling, C. U. Soykan, K. I. Ugland, E. P. White. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters* **10**:995–1015
- McKay, J. K., C. E. Christian, S. Harrison and K. J. Rice. 2005. “How local is local”? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* **13**:432-440
- Montalvo, A. M., S. L. Willians, K. J. Rice, S. L. Buckman, C. Cory, S. N. Handel, G. P. Nabhan, R. Primack and R. H. Robichaux. 1997. Restoration biology: a population biology perspective. *Restoration Ecology* **5**:277-290
- Mosquin, T., and J. E. Martin. 1967. Observations on the pollination biology of plants on Melville Island, N.W.T., Canada. *The Canadian Field-Naturalist* **81**:201-205
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858
- Nazareno, A. G., D. Carvalho, M. Z. Ferreira and R. A. S. Pereira. 2007. Modelo de dispersão no mutualismo Ficus – Vespa do Figo: Implicações à restauração e Manutenção de áreas degradadas. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG
- Öckinger, E., A. K. Eriksson and H. G. Smith. 2006. Effects of grassland abandonment, restoration and management on butterflies and vascular plants. *Biological Conservation* **133**: 291–300
- Olesen J. M., and P. Jordano. 2002. Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology* **83**:2416–2424
- Olesen, J. M., L. I. Eskildsen, and S. Venkatasami. 2002. Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists. *Diversity and Distributions* **8**:181–192
- R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL: <http://www.r-project.org>
- Ribeiro, M. C., J. P. Metzger, A. C. Martensen, F. J. Ponzoni, and M. M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* **142**:1141-1153
- Roubik, D. W. 2000. Pollination System Stability in Tropical America. *Conservation Biology* **14**:1235-1236
- Santos, B. A., C. A. Peres, M. A. Oliveira, A. Grillo, C. P. Alves-Costa and M. Tabarelli. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biological Conservation* **141**:249-260
- SER (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration (<http://www.ser.org>). Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona



- Shepherd, S. and D. M. Debinski. 2005. Evaluation of isolated and integrated prairie reconstructions as habitat for prairie butterflies. *Biological Conservation* **126**: 51–61
- SPVS. 2006. Plano de Manejo da Reserva Natural Rio Cachoeira - Vegetação. v.1-encarte III. Curitiba: SPVS
- Taki, H. & P.G. Kevan. 2007. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant-pollinator interactions? Preliminary findings. *Biodiversity Conservation* **16**: 3147-3161
- Thompson J. N. 2005. The geographic mosaic of coevolution. Chicago University Press, Chicago
- Ulanowicz, R. E., and W. F. Wolff. 1991. Ecosystem flow networks: Loaded dice? *Mathematical Biosciences* **103**:45–68
- Vázquez, D. P., and M. A. Aizen. 2004. Asymmetric specialization: a pervasive feature of Plant–pollinator interactions. *Ecology* **85**:1251–1257
- Vázquez, D. 2005. Degree distribution in plant-animal mutualistic networks: forbidden links or random interactions? *Oikos* **108**:421-426
- Vogel, J.A., D. M. Debinski, R. R. Koford and J. R. Miller. 2007. Butterfly responses to prairie restoration through fire and grazing. *Biological Conservation* **140**: 78–90
- Watts, C.H., and R. K. Didham. 2006. Rapid recovery of an insect-plant interaction following habitat loss and experimental wetland restoration. *Oecologia* **148**:61-69
- Wright, D.H., B. D. Patterson, G. M. Mikkelsen, A. Cutler, W. Atmar. 1998. A comparative analysis of nested subset patterns of species composition. *Oecologia* **113**: 1-20
- Young, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* **92**:73–83

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Localização da Reserva Natural do Rio Cachoeira na APA de Guaraqueçaba. Fonte: SPVS/Labsig 2007.

**Figura 2.** Distribuição das parcelas na Reserva Natural do Rio Cachoeira (RNRC) de acordo com o ano de início da prática de restauração ambiental.

**Figura 3.** Redes bipartidas de interações planta-animal em quatro idades (de 4 a 7 anos) de restauração da Floresta Atlântica na Reserva Natural do Rio Cachoeira, em Antonina, Paraná.

**Figura 4.** Distribuição do Grau ( $k$ ) em quatro redes de interações planta-animal, em diferentes idades de restauração de Mata Atlântica. Os pontos representam a frequência observada de espécies com  $k$  ou mais interações, as linhas simulam os modelos testados pelas aleatorizações do teste: exponencial, lei de potência e lei de potência truncada.

**Figura 5.** Relação entre força,  $d'$  e grau da espécie, para as plantas (verde) e para os animais (laranja), nas quatro idades (de 4 a 7 anos) de restauração de Floresta Atlântica.

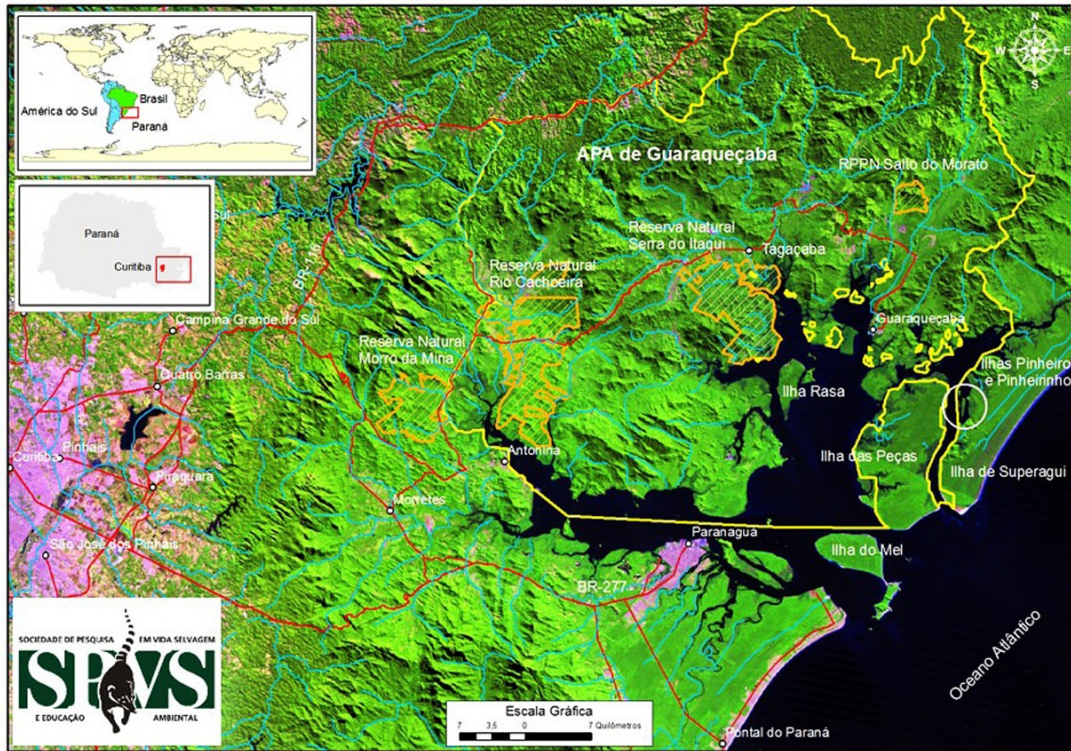


Figura 1.

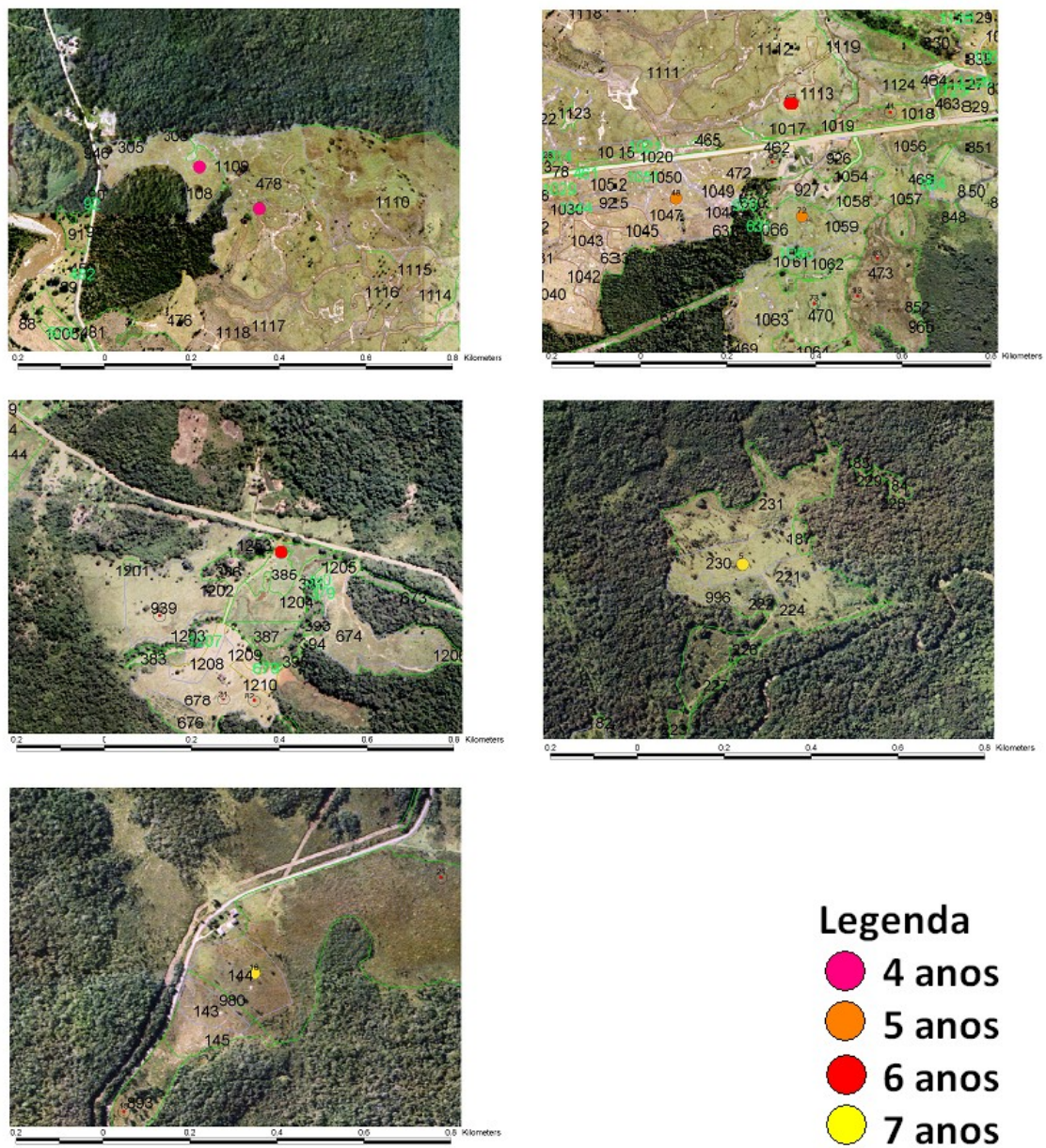
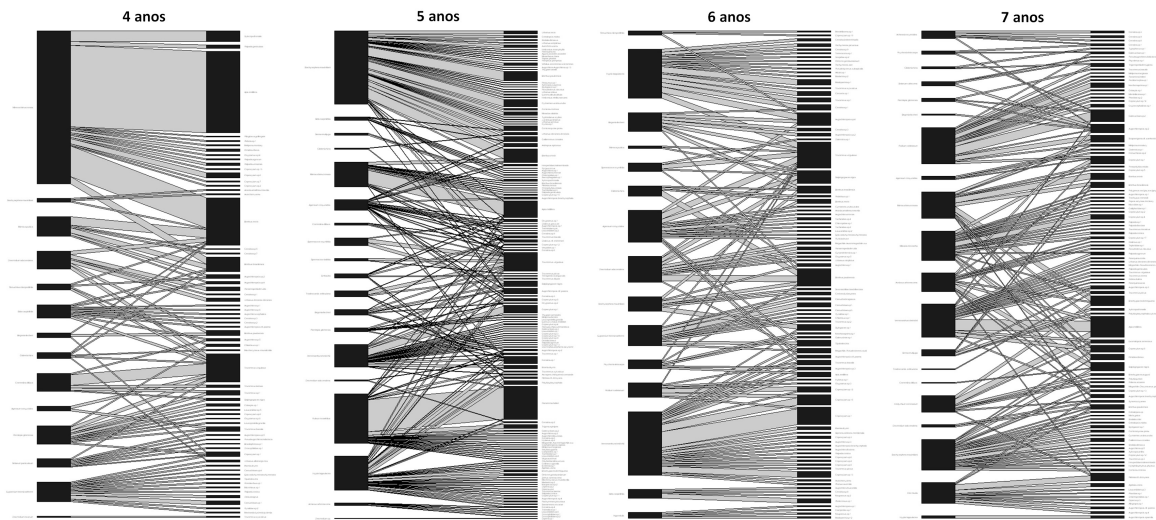


Figura 2.



**Figura 3.**

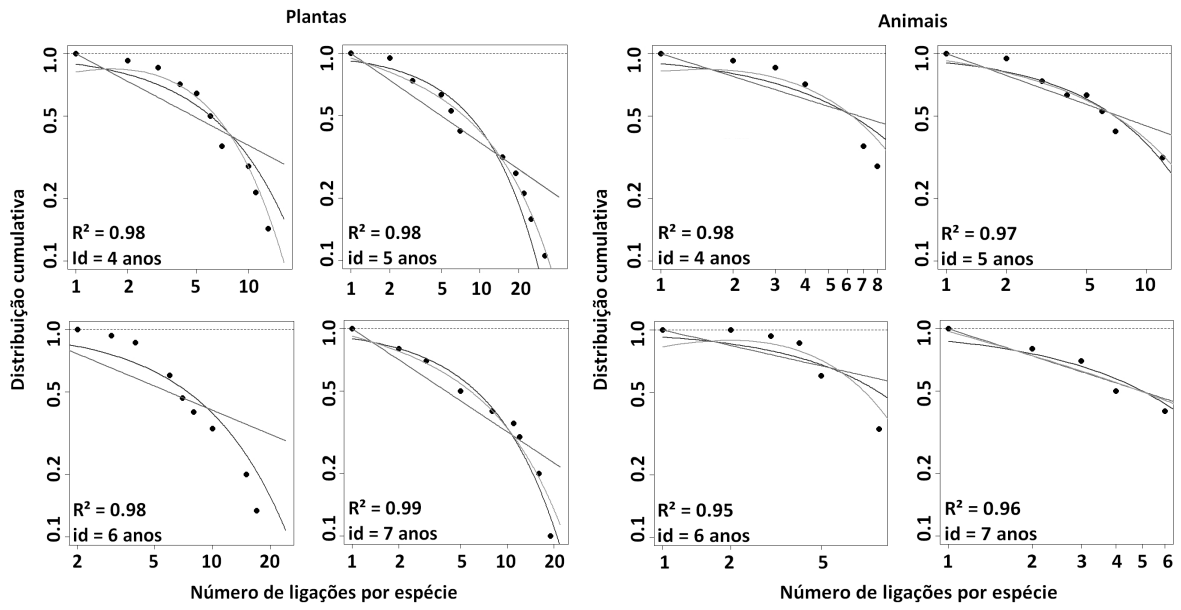


Figura 4.

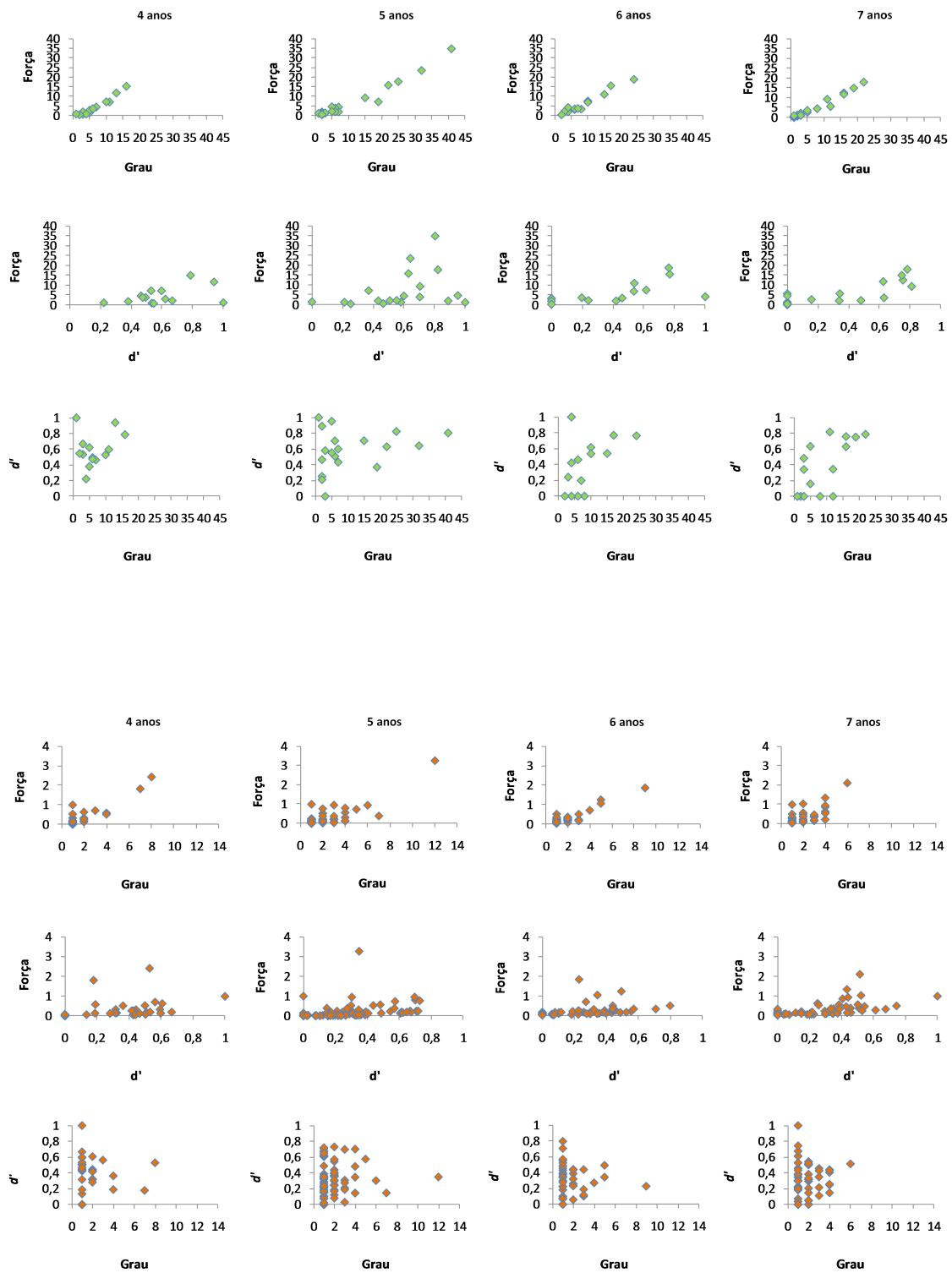


Figura 5.

**Tabela 1.** Número total de indivíduos e de espécies coletados em cada ordem.

<b>Ordem</b>	<b>Número de insetos coletados</b>	<b>Número de espécies</b>
Coleoptera	60	25
Diptera	414	70*
Hymenopter	611	91
a		
Lepidoptera	176	59

\*Sem *Toxomerus grupo duplicatus*



**Tabela 2.** Número de espécies de plantas (sps *P*) e animais (sps *A*) coletados, tamanho da rede (*M*), ou seja, total de interações observadas ( $M = AP$ ), valores de conectância (*C*),  $H'_2$  e aninhamento (*N*) com e sem *Stachytarpheta maximiliani* para ambos modelos nulos CE e ER, para as quatro idades observadas.

Idade da Restauração	sps <i>P</i>	sps <i>A</i>	<i>M</i>	<i>C</i>	$H'_2$	<i>N</i> CE	<i>N</i> - CE sem <i>S. maximiliani</i>	<i>N</i> ER	<i>N</i> - ER sem <i>S. maximiliani</i>
4	14	63	92	0.104	0.639	11.47	9.31	11.47	12.33
5	19	133	205	0.081	0.663	13.65 *	15.42*	9.08*	9.90*
6	15	86	124	0.081	0.507	10.24	9.95	10.61	10.90
7	20	99	146	0.073	0.526	9.79	10.81	8.19*	8.71*

(\*)Valores de aninhamento que apresentaram  $P < 0.05$

**Tabela 3.** Período de floração das espécies divididas por seu hábito, nas idades de restauração estudadas na Reserva Natural do Rio Cachoeira de setembro de 2009 a agosto de 2010. As espécies estão separadas por hábito, e toda célula preenchida indica floração.

Hábito/Espécie	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Herbáceo</b>												
<i>Achetaria ocymoides</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Ageratum conyzoides</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Begonia fischeri</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Commelina diffusa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Desmodium adscendens</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Desmodium incanum</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Desmodium sp.</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Eupatorium betonicaeforme</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Hedychium coronarium</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Hyptis lappulacea</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Mikania micrantha</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Mimosa pudica</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Pterolepis glomerata</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Spermacoce latifolia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Spermacoce ocymifolia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Tibouchina clinopodifolia</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Tradescantia sellowiana</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<b>Arbusto</b>												
<i>Acnistus arborescens</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Clidemia hirta</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Neea sp.</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Psychotria leiocarpa</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Rubus rosifolius</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Sida carpinifolia</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Solanum paniculatum</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Solanum rufescens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Stachytarpheta maximiliani</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<i>Vernonanthura beyrichii</i>	■	■	■	■	■	■				■	■	■
<b>Árvore</b>												
<i>Cecropia pachystachya</i>	■	■	■	■	■	■						■
<i>Inga edulis</i>												■
<i>Mimosa bimucronata</i>		■	■	■	■	■						■
<i>Psidium cattleianum</i>											■	■
<i>Senna multijuga</i>		■	■	■	■	■						■
Total de espécies/mês	19	16	16	13	13	1	6	1	12	15	19	17

**Tabela 4.** Grau médio de plantas (P) e animais (A), com e sem *Stachytarpheta maximiliani*, em cada idade.

<b>Idade de Restauração</b>	<b>Grau médio (P)</b>	<b>Grau médio (A)</b>	<b>Grau médio (P) sem <i>S. maximiliani</i></b>	<b>Grau médio (A) sem <i>S. maximiliani</i></b>
4	6.571	1.460	6.846	1.459
5	11.388	1.541	9.111	1.576
6	8.266	1.441	8.428	1.388
7	7.684	1.474	6.526	1.493

**Tabela 5.** Relação entre a força,  $d'$  e grau das espécies ( $P$  – Plantas;  $A$  – animais;  $r_s$  (Coeficiente de Correlação de Spearman);  $GI$  – Grau de Liberdade).

Idade de Restauração o	Força x Grau		Força x $d'$		$d'$ x Grau		GI	GI
	$r_s$ ( $P$ )	$r_s$ ( $A$ )	$r_s$ ( $P$ )	$r_s$ ( $A$ )	$r_s$ ( $P$ )	$r_s$ ( $A$ )	( $P$ )	( $A$ )
4	0.94*	0.61*	0.24	0.65*	0.03	0.07	13	62
5	0.93*	0.60*	0.43	0.80*	0.19	0.40*	18	132
6	0.84*	0.59*	0.77*	0.78*	0.36	0.40*	14	85
7	0.97*	0.63*	0.80*	0.81*	0.72*	0.54*	19	98

\* $p < 0.001$

**ANEXO 1.** Plantas visitadas por insetos em áreas de restauração de Floresta Atlântica no período de setembro de 2009 a agosto de 2010. N = código da planta; Ab = arbusto; Av = árvore; Hb = herbácea; 4, 5, 6 e 7 anos referem-se a idade de restauração de cada área; P1 = parcela 1; P2 = parcela 2; Nv = número de visitas. Os códigos das espécies de insetos estão de acordo com o Anexo 2.

N	Espécie	Hábito	Idade de restauração								Código da espécie de abelha visitante	Nv
			4 anos		5 anos		6 anos		7 anos			
			P 1	P 2	P 1	P 2	P 1	P 2	P 1	P 2		
<b>ATERACEA</b>												
1	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Hb	1	0	1	1	1	0	1	0	3, 31, 37, 46, 51, 72, 79, 80, 90, 92, 94, 98, 117, 119, 124, 137, 138, 146, 147, 148, 151, 156, 157, 188, 193, 194, 195, 200, 217, 233, 238, 242	50
2	<i>Eupatorium betonicaeforme</i> DC.	Hb	1	0	0	0	1	1	0	0	10, 17, 25, 46, 65, 87, 90, 161, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 199, 227, 233, 234, 235, 244, 245	30
3	<i>Mikania micrantha</i> Kunth	Hb	0	0	0	0	0	0	0	1	30, 42, 46, 47, 49, 51, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 83, 85, 146, 148, 164, 165, 222	27
4	<i>Vernonanthura beyrichii</i> (Less.) H.Rob.	Ab	0	0	1	1	1	0	1	1	5, 6, 32, 36, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 67, 80, 84, 85, 86, 90, 96, 104, 113, 117, 136, 140, 146, 147, 150, 161, 162, 193, 202, 208, 209, 219, 220, 221, 224, 234, 228, 239, 240, 243	119
<b>BEGONIACEAE</b>												
5	<i>Begonia fischeri</i> Schrank	Hb	1	0	0	1	1	0	0	1	46, 73, 79, 90, 97, 98, 99, 117, 119, 125, 147, 149, 151	29
<b>CECROPIACEAE</b>												
6	<i>Cecropia pachystachya</i>	Av	0	0	1	0	0	0	0	0	72, 96, 104, 105, 109, 156	8

**COMMELINACEAE**

7	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Hb	1	0	1	0	0	0	0	1	79, 82, 86, 90, 142, 156, 167	20
8	<i>Tradescantia sellowiana</i> Kunth	Hb	0	0	1	0	0	0	0	1	80, 81, 85, 86, 89, 90	13

**FABACEAE**

9	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Hb	1	0	1	0	1	0	1	0	7, 76, 79, 90, 98, 99, 115, 117, 118, 228, 159, 161, 185, 222	37
10	<i>Desmodium incanum</i> DC.	Hb	0	1	0	0	0	0	0	0	89	1
11	<i>Desmodium</i> sp. Desv.	Hb	0	0	1	0	0	0	0	0	26	1
12	<i>Inga edulis</i> Mart.	Av	0	0	0	0	0	1	0	0	16, 20, 24, 148	4
13	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Av	0	1	1	1	0	0	1	1	47, 50, 51, 52, 58, 60, 61, 63, 64, 67, 69, 75, 79, 90, 93, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 108, 124, 125, 128, 134, 146, 155, 176, 182, 184	199
14	<i>Mimosa pudica</i> L.	Hb	0	1	0	0	0	1	0	0	79, 90, 97, 98, 120, 123, 149, 151	18
15	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Av	0	0	0	1	0	0	1	1	45, 97, 98, 128, 150, 183	10

**LAMIACEAE**

16	<i>Hyptis lappulacea</i> Mart. ex Benth.	Hb	0	0	1	1	1	1	0	1	1, 14, 15, 21, 27, 29, 56, 65, 82, 86, 89, 90, 96, 104, 105, 117, 118, 119, 120, 124, 125, 126, 130, 147, 149, 151, 153, 155, 163, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 182	103
----	------------------------------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**MALVACEAE**

17	<i>Sida carpinifolia</i> L.F.	Ab	1	1	0	1	0	1	0	0	21, 22, 31, 90, 97, 118, 119, 124, 135, 137, 138, 142, 143, 144, 147, 151, 195, 199, 223	24
----	-------------------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------------------------------------------------------------------------	----

**MELASTOMATACEAE**

18	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Ab	1	1	0	1	1	1	1	0	13, 18, 90, 97, 98, 99, 116, 178, 227, 228	16
----	----------------------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------------------------	----

19	<i>Pterolepis glomerata</i> (Rottb.) Miq.	Hb	1	1	0	1	0	0	1	0	5, 10, 12, 40, 46, 53, 71, 73, 77, 79, 80, 86, 90, 101, 112, 117, 149	25
20	<i>Tibouchina clinopodifolia</i> Cogn.	Hb	0	1	0	0	0	1	0	0	10, 23, 55, 90, 98, 149, 151	8
<b>MYRTACEAE</b>												
21	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Av	0	0	0	0	1	1	1	1	4, 5, 8, 11, 12, 23, 44, 46, 57, 59, 61, 74, 80, 90, 102, 103, 104, 108, 116, 131, 133, 149	43
<b>NYCTAGINACEAE</b>												
22	<i>Neea</i> sp. Ruiz & Pav.	Ab	0	0	0	0	0	0	0	1	28, 33, 38, 43, 70, 99, 105, 146, 147, 151, 175	19
<b>PLANTAGINACEAE</b>												
23	<i>Achetaria ocymoides</i> (Cham. & Schltdl.) Wettst.	Hb	0	0	0	0	0	0	1	0	117, 119, 124, 125, 149	7
<b>ROSACEAE</b>												
24	<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Ab	0	0	1	0	0	0	0	0	5, 24, 39, 57, 80, 86, 90, 91, 96, 100, 102, 104, 110, 122, 132, 139, 145, 147, 149, 159, 179, 181, 216, 219, 234	98
<b>RUBIACEAE</b>												
25	<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltdl.	Ab	0	0	0	0	1	0	1	0	4, 5, 8, 90, 96, 99, 117, 150	9
26	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.	Hb	0	0	0	1	0	0	0	0	85, 90	5
27	<i>Spermacoce ocymifolia</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Hb	0	0	0	1	1	1	0	0	2, 72, 79, 90, 138	21
<b>SOLANACEAE</b>												
28	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Ab	0	1	0	0	0	0	0	0	2, 34, 46, 80, 90, 152, 154	7
29	<i>Solanum rufescens</i> Sendtn.	Ab	0	0	0	0	0	0	0	1	19, 149, 151	4
30	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltdl.	Ab	0	0	1	0	0	0	0	1	9, 34, 35, 41, 62, 78, 79, 95, 96, 97, 105, 120, 146, 149, 158, 160, 176	21

**VERBENACEAE**

31	<i>Stachytarpheta maximiliani</i> Schauer	Ab	0	1	1	1	0	1	0	1	32, 51, 57, 58, 63, 72, 78, 79, 80, 88, 90, 96, 97, 98, 99, 111, 114, 127, 129, 138, 141, 142, 147, 160, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 220, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 232, 236, 237, 238, 241	186
----	-------------------------------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**ZINGIBERACEAE**

32	<i>Hedychium coronarium</i> J.Koenig	Hb	0	0	0	0	0	0	0	1	96, 105, 113, 176, 177, 180, 185, 186	15
----	--------------------------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------------------	----

---



**ANEXO 2.** Insetos coletados em áreas de restauração de Floresta Atlântica, no período de setembro de 2009 a agosto de 2010. N = código da espécie; 4, 5, 6 e 7 referem-se a quantos anos foi realizado o início do processo de restauração em cada área. Os números na coluna 'Plantas' referem-se ao código das espécies de plantas visitadas (ver Anexo 1).

<b>N</b>	<b>Espécie</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>Plantas</b>
<b>COLEOPTERA</b>						
<b>CHRYSOMELIDAE</b>						
<b>GALERUCINAE</b>						
1	<i>Alticini</i> sp.1	0	0	1	0	16
2	<i>Brasilaphtona</i> sp.1 Bechyné, 1956	1	0	0	0	28
3	<i>Diabrotica</i> sp.1 Chevrolat in Dejean, 1836	0	0	1	1	1, 27
4	<i>Galerucinae</i> sp.1	0	0	1	2	21, 25
					1	
5	<i>Galerucinae</i> sp.2	0	3	0	1	4, 19, 21, 24, 25
6	<i>Galerucinae</i> sp.3	0	1	0	0	4
7	<i>Gynandrobrotica</i> sp.1 Bechyné, 1935	0	0	1	0	9
8	<i>Neothona prima</i> Bechyné, 1955	0	0	1	4	21, 25
9	<i>Trichaltica</i> sp.1 Harold, 1876	0	1	0	0	30
<b>CRYPTOCEPHALINAE</b>						
10	<i>Chlamisus</i> sp.1 Rafinesque, 1815	2	0	1	0	2, 19, 20
11	<i>Cryptocephalinae</i> sp.1	0	0	0	3	21
<b>EUMOLPINAE</b>						
12	<i>Colaspis</i> sp.1 Fabricius, 1801	2	0	0	1	19, 21
13	<i>Typophorus</i> sp.1 Typophorus Chevrolat in Dejean, 1836	0	0	0	1	18
<b>CURCULIONIDAE</b>						
<b>BARIDINAE</b>						
14	<i>Madarini</i> sp.1	0	1	1	0	16
15	<i>Madopterini</i> sp.1	0	0	4	0	16
16	<i>Madopterini</i> sp.2	0	0	1	0	12
17	<i>Microrhinus</i> sp.1 Chevrolat, 1881	1	0	0	0	2
<b>CURCULIONINAE</b>						
18	<i>Pedetinus</i> sp.1 Faust, 1894	0	0	1	0	18
<b>CRYPTORHYNCHINAE</b>						
19	<i>Phyrdenus</i> sp.1 LeConte, 1876	0	0	0	1	29
<b>ENTIMINAE</b>						
20	<i>Naupactus</i> sp.1 Dejean, 1821	0	0	1	0	12
21	<i>Naupactus</i> sp.2 Dejean, 1821	0	1	1	0	16, 17

<b>MOLYTINAE</b>						
22	<i>Pheloconus</i> sp.1 Roelofs, 1875	0	0	3	0	17
<b>MORDELLIDAE</b>						
<b>MORDELLINAE</b>						
23	<i>Mordellistena</i> sp.1 Costa, 1854	0	0	1	1	20, 21
<b>NITIDULIDAE</b>						
<b>NITIDULINAE</b>						
24	<i>Camptodes</i> sp.1 Erichson, 1843	0	1	1	0	12, 23
<b>TENEBRIONIDAE</b>						
<b>STENOCHIINAE</b>						
25	<i>Poecilesthus</i> sp.1 Blanchard, 1845	1	0	0	0	2
<b>DIPTERA</b>						
26	Diptera sp.1	0	1	0	0	11
27	Diptera sp.2	0	1	0	0	16
28	Diptera sp.3	0	0	0	1	22
29	Diptera sp.4	0	1	0	0	16
<b>CALLIPHORIDAE</b>						
30	Calliphoridae sp.1	0	0	0	1	3
<b>CHLOROPIDAE</b>						
31	Chloropidae sp.1	0	1	1	0	1, 17
<b>CONOPIDAE</b>						
32	<i>Stylogaster</i> sp.1 Macquart, 1835	0	1	4	2	4, 31
<b>DOLICHOPODIDAE</b>						
33	Dolichopodidae sp.1	0	0	0	1	22
<b>DROSOPHILIDAE</b>						
34	Drosophilidae sp.1	1	1	0	0	28, 30
35	Drosophilidae sp.2	0	1	0	0	30
<b>LAUXANIIDAE</b>						
36	Lauxaniidae sp.1	0	1	0	0	4
37	Lauxaniidae sp.2	0	1	1	0	1
38	Lauxaniidae sp.3	0	0	0	1	22
39	Lauxaniidae sp.4	0	1	0	0	24
40	Lauxaniidae sp.5	1	0	0	0	19
41	Lauxaniidae sp.6	0	1	0	0	30

**MUSCIDAE**

42	Muscidae sp.1	0	0	0	1	3
----	---------------	---	---	---	---	---

**PHORIDAE**

43	Phoridae sp.1	0	0	0	1	22
44	Phoridae sp.2	0	0	0	1	21

**SARCOPHAGIDAE**

45	Sarcophagidae sp.1	0	1	0	0	15
----	--------------------	---	---	---	---	----

**SYRPHIDAE  
ERISTALINAE**

			1	1		
46	<i>Copestylum</i> sp.1 Macquart, 1846	4	5	2	7	1, 2, 3, 4, 5, 19, 21, 28
47	<i>Copestylum</i> sp.2 Macquart, 1846	1	0	0	1	3, 13
48	<i>Copestylum</i> sp.3 Macquart, 1846	0	1	2	0	4
49	<i>Copestylum</i> sp.4 Macquart, 1846	0	2	1	4	3, 4
50	<i>Copestylum</i> sp.5 Macquart, 1846	0	0	1	1	4, 13
51	<i>Copestylum</i> sp.6 Macquart, 1846	4	5	1	6	1, 3, 4, 13, 31
52	<i>Copestylum</i> sp.7 Macquart, 1846	1	0	0	0	13
53	<i>Copestylum</i> sp.8 Macquart, 1846	1	0	0	0	19
54	<i>Copestylum</i> sp.9 Macquart, 1846	0	1	0	0	4
55	<i>Copestylum</i> sp.10 Macquart, 1846	0	0	1	0	20
56	<i>Copestylum</i> sp.11 Macquart, 1846	0	1	0	0	1
57	<i>Copestylum</i> sp.12 Macquart, 1846	0	3	4	1	4, 21, 24, 31
58	<i>Copestylum</i> sp.13 Macquart, 1846	1	1	4	2	4, 13, 31
59	<i>Copestylum</i> sp.14 Macquart, 1846	0	0	0	1	21
60	<i>Copestylum</i> sp.15 Macquart, 1846	0	2	0	0	4, 13, 21
61	<i>Copestylum</i> sp.16 Macquart, 1846	0	1	7	0	4
62	<i>Copestylum</i> sp.17 Macquart, 1846	0	0	0	2	3, 30
63	<i>Ornidia obesa</i> Fabricius, 1775	2	1	0	5	3, 4, 13, 31
64	<i>Palpada agrorum</i> Fabricius, 1787	1	1	0	3	3, 4, 13
65	<i>Palpada conica</i> Fabricius, 1805	1	1	1	2	2, 3, 4, 16
66	<i>Palpada fasciata</i> Wiedemann, 1819	0	0	0	1	3
67	<i>Palpada geniculata</i> Fabricius, 1805	3	1	0	1	4, 13
68	<i>Palpada</i> sp.1 Macquart, 1834	0	0	0	1	3
69	<i>Palpada urotaenia</i> Curran, 1930	2	0	0	0	13

**SYRPHINAE**

70	<i>Allograpta</i> sp.1 Osten Sacken, 1875	0	0	0	1	22
71	<i>Leucopodella gracilis</i> Williston, 1891	1	1	0	0	19
72	<i>Ocyptamus</i> sp.1 Macquart, 1834	0	5	0	0	1, 6, 27, 31
73	<i>Ocyptamus</i> sp.2 Macquart, 1834	0	2	0	0	5, 19

74	<i>Ocyptamus</i> sp.3 Macquart, 1834	0	0	1	0	21
75	<i>Ocyptamus</i> sp.4 Macquart, 1834	1	0	0	0	13
76	<i>Ocyptamus</i> sp.5 Macquart, 1834	0	0	1	0	9
77	<i>Ocyptamus</i> sp.6 Macquart, 1834	1	0	0	0	19
78	<i>Pseudodoros clavatus</i> Gonçalves & Gonçalves, 1975	0	1	0	1	30, 31
			1			
79	<i>Salpingogaster nigra</i> Schiner, 1868	2	1	9	8	1, 5, 7, 9, 13, 14, 19, 27, 30, 31
80	<i>Toxomerus basalis</i> Walker, 1836	4	4	3	1	1, 4, 8, 19, 21, 24, 28, 31
81	<i>Toxomerus dispar</i> Fabricius, 1794	0	2	0	0	8
82	<i>Toxomerus laenas</i> Walker, 1852	2	1	0	0	7, 16
83	<i>Toxomerus mosaicus</i> Borges, 2009	0	0	0	1	3
84	<i>Toxomerus norma</i> Curran, 1930	0	0	0	1	4
85	<i>Toxomerus pictus</i> Macquart, 1842	0	1	1	2	3, 4, 8, 26
86	<i>Toxomerus</i> sp.1 Macquart, 1855	4	4	3	0	4, 7, 8, 16, 19, 21
87	<i>Toxomerus</i> sp.2 Macquart, 1855	0	0	1	0	2
88	<i>Toxomerus</i> sp.3 Macquart, 1855	0	0	0	1	31
89	<i>Toxomerus sylvaticus</i> Hull, 1943	1	3	1	0	8, 10, 16
		2	3	1		
90	<i>Toxomerus virgulatus</i> Macquart, 1850	3	7	8	1	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 31

#### TACHINIDAE

91	Tachinidae sp.1	0	1	0	0	24
92	Tachinidae sp.2	0	0	1	0	1
93	Tachinidae sp.3	0	1	0	0	13
94	Tachinidae sp.4	0	1	2	0	1

#### TEPHRITIDAE

95	Tephritidae sp.1	0	0	0	1	30
----	------------------	---	---	---	---	----

#### HYMENOPTERA

##### APIDAE

##### APINAE

##### Apini

		6	3		1	
96	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	7	3	3	9	4, 6, 13, 16, 24, 25, 30, 31, 32

##### Bombini

		1				
97	<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836	2	1	5	5	5, 13, 14, 15, 17, 18, 30, 31
		3	2			
98	<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> Swederus, 1787	9	7	3	6	1, 5, 9, 13, 14, 15, 18,

					20, 31	
		1	1			
99	<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	4	8	2	4	5, 9, 13, 18, 22, 25, 31
	<b>Meliponini</b>					
100	<i>Cephalotrigona capitata</i> Smith, 1854	0	1	0	0	24
101	<i>Melipona (Eomelipona) bicolor</i> Lepeletier, 1836	0	1	0	0	19
102	<i>Melipona (Eomelipona) marginata</i> Lepeletier, 1836	0	1	0	1	21, 24
103	<i>Melipona (Michmelia) mondury</i> Smith, 1863	1	0	0	2	13, 21
			6			
104	<i>Partamona helleri</i> Friese, 1900	0	6	0	1	4, 6, 16, 21, 24
105	<i>Plebeia cfr. droryana</i> Friese, 1900	0	4	0	7	6, 16, 22, 30, 32
106	<i>Plebeia remota</i> Holmberg, 1903	0	1	0	0	13
107	<i>Plebeia</i> sp.1 Schwarz, 1938	1	0	0	0	13
108	<i>Scaptotrigona cfr. xanthotricha</i> Moure, 1950	0	0	0	6	13, 21
109	<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811	0	2	0	0	6
110	<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	0	7	0	0	24
	<b>Eucerini</b>					
111	<i>Thygater (Thygater) analis</i> Lepeletier, 1841	0	1	0	0	31
112	<i>Thygater (Thygater) arandoi</i> Urban, 1999	0	1	0	0	19
	<b>Exomalopsini</b>					
113	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) tomentosa</i> Friese, 1899	0	0	0	3	4, 32
	<b>Rrathymini</b>					
114	<i>Rhathymus</i> sp.1 Lepeletier & Serville, 1828	0	1	0	0	31
	<b>Tapinotaspidini</b>					
115	<i>Paratetrapedia fervida</i> Smith, 1879	3	0	2	0	9
116	<i>Trigonopedia ferruginea</i> Friese, 1899	0	0	0	3	18, 21
	<b>Xylocopini</b>					
			1			
117	<i>Ceratina</i> sp.1 Latreille, 1802	1	4	4	2	1, 4, 5, 9, 16, 19, 23, 25
118	<i>Ceratina</i> sp.2 Latreille, 1802	1	3	0	0	9, 16, 17
119	<i>Ceratina</i> sp.3 Latreille, 1802	1	2	2	2	1, 5, 16, 17, 23
120	<i>Ceratina</i> sp.4 Latreille, 1802	0	2	0	0	16, 30
121	<i>Ceratina</i> sp.5 Latreille, 1802	1	0	0	0	14
122	<i>Ceratina</i> sp.6 Latreille, 1802	0	1	0	0	24
123	<i>Ceratina</i> sp.7 Latreille, 1802	1	0	0	0	14
124	<i>Ceratina</i> sp.8 Latreille, 1802	0	3	1	1	1, 13, 16, 17, 23
125	<i>Ceratina</i> sp.9 Latreille, 1802	0	3	1	2	5, 13, 16, 23
126	<i>Ceratina</i> sp.10 Latreille, 1802	0	0	2	0	16
127	<i>Xylocopa (Stenoxycopa) artifex</i> Smith, 1874	0	0	0	1	31
128	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> Olivier, 1789	9	4	0	2	13, 15
129	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	0	1	0	0	31

## COLLETINAE

### Colletini

130	<i>Colletes rugicollis</i> Friese, 1900	0	1	0	0	16
	<b>Hylaeini</b>					
131	<i>Hylaeus</i> sp.1 Fabricius, 1793	0	0	1	0	21
132	<i>Hylaeus</i> sp.2 Fabricius, 1793	0	1	0	0	24
	<b>Paracolletini</b>					
133	<i>Perditomorpha</i> sp.1 Ashmead, 1899	0	0	0	1	21
	<b>Diphaglossini</b>					
134	<i>Ptiloglossa goffergei</i> Moure, 1953	1	0	0	0	13

## HALICTINAE

### Augochlorini

135	<i>Augochlora (Augochlora) cephalica</i> Moure, 1941	1	0	0	0	17
136	<i>Augochlora (Augochlora) foxiana</i> Cockerell, 1900	0	0	1	0	4
137	<i>Augochlora (Oxystoglossella) morrae</i> Strand, 1910	0	1	1	0	1, 17
138	<i>Augochlora</i> sp.1 Smith, 1853	1	1	2	0	1, 17, 27, 31
139	<i>Augochlora</i> sp.2 Smith, 1853	0	1	0	0	24
140	<i>Augochlora</i> sp.3 Smith, 1853	0	0	1	0	4
141	<i>Augochlora</i> sp.4 Smith, 1853	0	1	0	0	31
142	<i>Augochlora</i> sp.5 Smith, 1853	2	0	0	1	7, 17, 31
143	<i>Augochlora</i> sp.6 Smith, 1853	1	0	0	0	17
144	<i>Augochlora (Augochlora) thusnelda</i> Schrottky, 1909	0	0	1	0	17
145	<i>Augochlorella urania</i> Smith, 1853	0	1	0	0	24
146	<i>Augochloropsis brachycephala</i> Moure, 1953	0	4	1	3	1, 3, 4, 13, 22, 30
			1			
147	<i>Augochloropsis cfr. patens</i> Vachal, 1903	1	1	2	2	1, 4, 5, 15, 16, 17, 22, 24, 31
148	<i>Augochloropsis</i> sp.1 Cockerell, 1897	0	1	1	1	1, 3, 12
149	<i>Augochloropsis</i> sp.2 Cockerell, 1897	3	4	2	8	5, 14, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 30
150	<i>Augochloropsis</i> sp.3 Cockerell, 1897	0	0	2	3	4, 15, 25
151	<i>Augochloropsis</i> sp.4 Cockerell, 1897	2	3	9	2	1, 5, 14, 16, 17, 20, 22
152	<i>Augochloropsis</i> sp.5 Cockerell, 1897	1	0	0	0	28
153	<i>Augochloropsis sparsilis</i> Vachal, 1903	0	0	0	2	16
154	<i>Pseudaugochlora indistincta</i> Almeida, 2008	1	0	0	1	28, 29
155	<i>Temnosoma</i> sp.1 Smith, 1853	0	0	1	0	16

### Halictini

156	<i>Dialictus cfr. micheneri</i> Moure, 1956	0	5	0	0	1, 6, 7, 13
157	<i>Dialictus guaruvae</i> Moure, 1987	0	1	0	0	1
158	<i>Dialictus</i> sp.1 Robertson, 1902	0	0	0	1	30

## MEGACHILINAE

### Megachilini

159	<i>Megachile (Austromegachile) susurrans</i> Haliday, 1836	0	1	2	0	9, 24
160	<i>Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides</i> Moure, 1943	0	0	0	2	30, 31

161	<i>Megachile (Pseudocentron) nudiventris</i> Smith, 1853	0	0	3	0	<b>2, 4, 9</b>
162	<i>Megachile (Pseudocentron) subcingulata</i> Moure, 1945	0	0	0	1	<b>4</b>

**CRABRONIDAE**  
**PHILANTHINAE**

163	<i>Cerceris</i> sp.1 Latreille, 1802	0	0	3	0	<b>16</b>
164	<i>Trachypus romandi</i> Bertoni, 1911	0	0	0	1	<b>3</b>

**POMPILIDAE**  
**PEPSINAE**

165	<i>Pepsis amyntas mockery</i> Mocsary, 1895	0	0	0	1	<b>3</b>
-----	---------------------------------------------	---	---	---	---	----------

**SPHECIDAE**  
**SPHECINAE**

166	<i>Isodontia</i> sp.1 Patton, 1880	0	1	0	0	<b>16</b>
-----	------------------------------------	---	---	---	---	-----------

**VESPIDAE**

167	Vespidae sp.1	0	1	0	0	<b>7</b>
168	Vespidae sp.2	0	0	1	0	<b>16</b>

**EUMENINAE**

169	<i>Omicron gondwanianum</i> Giordani Soika, 1978	0	4	1	0	<b>16</b>
170	<i>Pachymenes ater</i> Saussure, 1852	0	0	1	0	<b>16</b>
171	<i>Pachymenes picturatus</i> Fox, 1899	0	2	2	0	<b>16</b>
172	<i>Pseudodynerus subapicalis</i> Fox, 1902	0	0	1	0	<b>16</b>
173	<i>Santamenes novarae</i> Saussure, 1867	0	2	0	0	<b>16</b>
174	<i>Zethus cinerascens</i> Saussure, 1856	0	1	0	0	<b>16</b>

**POLESTINAE**

175	<i>Agelaia vicina</i> Saussure, 1854	0	1	0	3	<b>16, 22</b>
176	<i>Brachygastra lecheguana</i> Latreille, 1824	0	4	0	9	<b>13, 16, 30, 32</b>
177	<i>Brachygastra augusti</i> Saussure, 1854	0	0	0	2	<b>32</b>
178	<i>Mischocyttarus rotundicollis</i> Cameron, 1912	1	1	0	0	<b>16, 18</b>
179	<i>Polybia fastidiosuscula</i> Saussure, 1854	0	2	0	0	<b>16, 24</b>
180	<i>Polybia jurinei</i> Saussure, 1854	0	0	0	1	<b>32</b>
181	<i>Polybia lugubris</i> Saussure, 1854	0	1	0	0	<b>24</b>
182	<i>Polybia platycephala</i> Richards, 1951	0	8	0	0	<b>13, 16</b>
183	<i>Polybia platycephala sylvestris</i> Richards, 1978	0	0	0	1	<b>15</b>
184	<i>Protopolybia sedula</i> Saussure, 1854	0	1	0	1	<b>13</b>
185	<i>Synoeca cyaneae</i> Fabricius, 1775	0	0	0	2	<b>9, 32</b>
186	<i>Polistes actaeon</i> Haliday, 1836	0	0	0	1	<b>32</b>

**LEPIDOPTERA**  
**ARCTIIDAE**

### CTENUCHINAE

187	Ctenuchinae sp.1	3	0	3	0	2
188	Ctenuchinae sp.2	0	0	0	1	1
189	Ctenuchinae sp.3	0	0	1	0	2
190	Ctenuchinae sp.4	1	0	0	0	2
191	<i>Ctenucha braganza</i> Schaus, 1892	0	0	2	0	2
192	<i>Dinia aeagrus</i> Cramer, 1779	2	0	0	0	2
193	<i>Tipulodes ima</i> Boisduval, 1832	1	0	4	0	1, 2, 4

### HESPERIIDAE

#### HESPERIINAE

194	<i>Anthoptus epictetus</i> Fabricius, 1793	0	7	0	0	1, 31
			1			
195	<i>Callimormus corades</i> Felder, 1862	0	0	0	3	1, 17, 31
196	<i>Cobalopsis miaba</i> Schaus, 1902	0	4	0	1	31
197	<i>Cobalopsis</i> sp. Godman, 1900	0	0	0	1	31
198	<i>Corticea corticea</i> Plötz, 1882	0	3	0	2	31
199	<i>Corticea lysias potex</i> Evans, 1955	0	9	2	2	2, 17, 31
			1			
200	<i>Cymaenes uruba uruba</i> Plötz, 1886	0	4	1	1	1, 31
201	<i>Cynea</i> sp.1 Evans, 1955	0	1	0	0	31
202	<i>Eutocus vetulus matildae</i> Hayward, 1941	0	1	0	0	4
203	<i>Hylephila phyleus phyleus</i> Drury, 1773	0	0	0	1	31
204	<i>Justinia justinianus</i> Latreille, 1824	0	1	0	0	31
205	<i>Mnasilus allubita</i> Butler, 1877	0	7	0	0	31
206	<i>Mnasitheus ritans</i> Schaus, 1902	0	1	0	0	31
207	<i>Morys geisa</i> Möschler, 1879	0	0	0	1	31
208	<i>Panoquina lucas</i> Fabricius, 1793	0	0	0	1	4
209	<i>Panoquina ocola</i> Edwards, 1863	0	0	0	1	4
210	<i>Panoquina trix</i> Evans, 1955	0	1	0	0	31
211	<i>Papias phainis</i> Godman, 1900	0	1	0	0	31
212	<i>Pompeius pompeius</i> Latreille, 1824	0	1	0	0	31
213	<i>Sodalia coler</i> Schaus, 1902	0	0	0	1	31
214	<i>Sodalia dimassa</i> Hewitson, 1876	0	3	0	1	31
215	<i>Vehilius stictomenes stictomenes</i> Butler, 1877	0	5	0	0	31
216	<i>Virga austrinus</i> Hayward, 1934	0	1	0	0	24
217	Hesperiidae indeterminado	0	4	0	1	1, 31

### PYRGINAE

218	<i>Aguna asander asander</i> Hewitson, 1867	0	1	0	0	31
219	<i>Astraptus chiriquensis oenander</i> Hewitson, 1876	0	2	0	0	4, 24
220	<i>Autochton zarex</i> Hübner, 1818	1	5	1	0	4, 31
221	<i>Phanus australis</i> Miller, 1865	0	0	1	0	4
222	<i>Polygonus savigny savigny</i> Latreille, 1824	0	0	0	1	3



223	<i>Pyrgus orcus</i> Stoll, 1780	0	1	0	0	17
224	<i>Ridens fulima</i> Evans, 1952	0	0	0	1	4
225	<i>Sostrata bifasciata bifasciata</i> Ménétériés, 1829	0	0	1	0	31
226	<i>Typhedanus stylites</i> Herrich-Schäffer, 1869	0	1	0	0	31
227	<i>Urbanus albimargo rica</i> Evans, 1952	2	0	0	0	2, 18
228	<i>Urbanus dorantes dorantes</i> Stoll, 1790	3	5	0	1	4, 9, 18, 31
229	<i>Urbanus esta</i> Evans, 1952	0	6	0	0	31
230	<i>Urbanus proteus</i> Linnaeus, 1758	0	1	0	0	31
231	<i>Urbanus simplicius</i> Stoll, 1790	0	1	1	0	9, 31
232	<i>Urbanus teleus</i> Hübner, 1821	0	2	0	0	31

### NYMPHALIDAE

#### ITHOMIINAE

233	<i>Episcada hymenaea hymenaea</i> Prittwitz, 1865	1	0	1	0	1, 2, 4, 24
234	<i>Ithomia drymo</i> Hübner, 1816	1	7	2	0	2, 4
235	<i>Mechanitis lysimnia lysimnia</i>	1	0	0	0	2

#### HELICONIINAE

236	<i>Heliconius erato phyllis</i> Fabricius, 1775	0	1	0	0	31
237	<i>Heliconius ethilla narcaea</i> Godart, 1819	0	2	0	0	31

#### NYMPHALINAE

238	<i>Anartia amalthea roeselia</i> Linnaeus, 1758	1	0	1	0	1, 31
239	<i>Siproeta stelenes meridionalis</i> Fruhstorfer, 1909	0	0	1	0	4

#### SATYTINAE

240	<i>Pareuptychia summandosa</i> Gosse, 1880	0	1	0	0	4
-----	--------------------------------------------	---	---	---	---	---

### PIERIDAE

#### COLIADINAE

241	<i>Eurema albula albula</i> Cramer, 1775	0	2	0	0	31
242	<i>Pyrisitia leuce</i> Boisduval, 1836	0	0	1	0	1

#### DISMORPHIINAE

243	<i>Dismorphia amphione astynome</i> Dalman, 1823	0	1	0	0	4
-----	--------------------------------------------------	---	---	---	---	---

#### PYRALIDAE

244	Pyralidae sp.1	0	0	1	0	2
245	Pyralidae sp.2	1	0	0	0	2

---