

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA EVOLUTIVA
(Associação Ampla entre a UNICENTRO e a UEPG)

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE E REDES TRÓFICAS DE ABELHAS E VESPAS
SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA: ACULEATA) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA
E DE CULTIVOS**

JUCÉLIA IANTAS

GUARAPUAVA

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA EVOLUTIVA
(Associação Ampla entre a UNICENTRO e a UEPG)

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE E REDES TRÓFICAS DE ABELHAS E VESPAS
SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA: ACULEATA) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA
E DE CULTIVOS**

Dissertação de mestrado
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Biologia Evolutiva da
Universidade Estadual do Centro-Oeste em
associação com a Universidade Estadual de
Ponta Grossa, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas (Área de Concentração
em Biologia Evolutiva).

GUARAPUAVA

2013

Orientadora
Prof^a. Dr^a. Maria Luisa Tunes Buschini



Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva

Associação Ampla entre a Universidade Estadual de Ponta Grossa (Departamento de Biologia Estrutural, Molecular e Genética) e a Universidade Estadual do Centro Oeste (Departamento de Ciências Biológicas)



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº. 07/2013

Ata referente à Defesa de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva, uma Associação Ampla entre a Universidade Estadual de Ponta Grossa e a Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela candidata JUCÉLIA IANTAS.

Aos vinte e nove dias do mês de maio de dois mil e treze, às 08h e 30min, no Auditório do Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva da Universidade Estadual do Centro-Oeste teve início a defesa da dissertação "**Estrutura da comunidade e redes tróficas de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) em áreas de Mata Atlântica e de cultivos**" da candidata Jucélia Iantas, perante a Comissão Examinadora constituída pelos professores: Profª Drª Maria Luisa Tunes Buschini (Orientadora e Presidente), Prof Dr Carlos Alberto Garófalo (Membro Titular), Profª Drª Isabel Alves dos Santos (Membro Titular), Profª Drª Cláudia Inês da Silva (Membro Titular) e Prof Dr. João Marcelo Deliberador Miranda (Membro Suplente). Posteriormente, a candidata foi arguida pela banca, tendo respondido com conhecimento aos quesitos formulados pelos examinadores. Encerrada a arguição, procedeu-se o julgamento e a Comissão Examinadora considerou a candidata APROVADA. A atual aprovação outorga do Título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia Evolutiva com validade de **trinta dias**. A Presidência ressaltou que a obtenção dos créditos de Dissertação está condicionada ao disposto: depósito da versão definitiva de Dissertação, bem como as cópias em CD (PDF) com todas as correções feitas e atestadas pelo (a) orientador(a), assim como o comprovante de envio de artigo científico proveniente de seu trabalho de dissertação a revista com *Qualis* igual ou superior a **B1** (Biodiversidade – Capes) **até o prazo máximo de 60 dias após a defesa**. O não cumprimento desses prazos anulará toda possibilidade de outorga definitiva do Título, recebimento de Certidão e outros documentos, bem como a solicitação do Diploma. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Observação (se necessário)

Alteração de Título: sim não

Novo título: _____

Guarapuava, 29 de maio de 2013.

Profª Drª Maria Luisa Tunes Buschini *M. Buschini*

Prof Dr Carlos Alberto Garófalo *Carlo*

Profª Drª Isabel Alves dos Santos *Isabel Alves dos Santos*

Profª Drª Cláudia Inês da Silva *Cláudia Inês da Silva*

Não poderemos ser autênticos se não formos corajosos.
Não poderemos ser originais se não lançarmos mão do destemor.
Não poderemos amar se não correremos riscos.
Não poderemos pesquisar ou perceber a realidade se não fizermos uso da ousadia.

Dedico aos meus pais, irmãos e amigos.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Professora Dr^a. Maria Luisa Tunes Buschini, pela oportunidade, pelo profissionalismo, correções, sugestões e por compartilhar seu vasto arsenal de conhecimento.

À CAPES pela bolsa concedida e ao Programa de Pós Graduação em Biologia Evolutiva da UNICENTRO.

À Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória - PR por ceder o espaço de laboratório para realização desta pesquisa.

Aos proprietários que cederam as áreas para coleta: Pedro Lauro Wroblewski, Francisco Andregueto, Carlos Cendran, Alcir Freisleb, Ivo, Silvio Brunhago, Aires Niedzielski, Remi Freisleb.

À professora Dda. Daniela Roberta Holdefer por ceder o espaço de sua sala de estudos, compartilhar os materiais e equipamentos de seu laboratório, pelos seus ensinamentos e amizade.

Ao pesquisador Bolívar Rafael Garcete Barrett pela identificação das vespas e dos parasitóides.

Ao professor Dr. Gabriel Melo da UFPR pela identificação das abelhas.

Ao Roberto Alejandro Cambra do Panamá pela identificação de Pompilidae e Mutilidae.

Ao professor Dr. Carlos José Einicker Lamas do Museu de Zoologia de São Paulo, pela identificação dos Diptera: Bombyliidae.

À Professora. Dra. Angélica Penteado Dias pela identificação dos Hymenoptera: Parasitoides.

À minha amiga Franciélli C. Gruchowski pelo auxílio em campo, pela amizade, apoio nos momentos de dificuldade.

À Lia Gonçalves pela ajuda de laboratório e amizade.

Às colegas de laboratório Mary Ellen dos Reis Diniz e Michele Cristina Nether.

À toda a turma de mestrado em Biologia Evolutiva, pelas amizades e companheirismo.

À minha irmã agradeço pela confiança e compreensão e pela ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos amigos Adilson Woitowicz e Juliano Vitor Gruchowski pelo auxílio na instalação das armadilhas em campo.

Ao Edson Reichardt pelas caronas entre União da Vitória e Guarapuava.

Mas acima de todos agradeço a Deus, pela proteção, oportunidades, por me fortalecer, ser meu guia e iluminar meu caminho sempre.

Enfim, a todos de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	15
ABSTRACT	16
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
2 OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO 1	29
COMUNIDADE DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES	29
Resumo	30
Abstract	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 ÁREAS DE ESTUDO	35
2.1.1 Descrição das áreas de coleta	36
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	42
2.3 ANÁLISES DOS DADOS	43
2.3.1 Frequência de ocorrência e dominância das espécies.....	43
2.3.2 Diversidade Alfa (α).....	44
2.3.3 Diversidade Beta (β).....	45
2.3.4 Dados abióticos.....	46
3 RESULTADOS	47
3.1 ABUNDÂNCIA DE ABELHAS E VESPAS.....	47
3.2 DOMINÂNCIA E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES	49
3.3 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES	53
3.4 SIMILARIDADE ENTRE OS AMBIENTES	54
3.5 DISTRIBUIÇÃO SAZONAL E FATORES ABIÓTICOS	54
4 DISCUSSÃO	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICES	67
Apêndice A	68

Apêndice B.....	70
CAPÍTULO 2	71
REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES E SEUS RESPECTIVOS PARASITOIDES	71
Resumo	72
Abstract	73
1 INTRODUÇÃO	74
2 MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1 ÁREAS DE ESTUDO	76
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	77
2.3 ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÃO.....	78
3 RESULTADOS	80
3.1 ESTRUTURA GERAL DE REDES TRÓFICAS DE ABELHAS E VESPAS E PARASITOIDES.....	80
3.2 ANÁLISE DE ESTRUTURA DE INTERAÇÕES NOS AMBIENTES.....	82
4 DISCUSSÃO	86
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÊNDICES	96
Apêndice A	97
Apêndice B	98
Apêndice C	100

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	29
COMUNIDADE DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES	29
Figura 1: Localização dos municípios de estudo, União da Vitória-PR e Porto União–SC.	36
Figura 2: Vista dos fragmentos de floresta (imagens à direita modificadas de Google Earth – altitude de visualização - 2400m): FI (1), FII (2), FIII (3), FIV (4) localizados em Porto União –SC.	39
Figura 3: Vista das áreas de cultivo de uva (imagens à direita modificadas de Google Earth - altitude de visualização - 1700m): U5 (U V) e U6 (U VI) localizadas em Porto União (SC) U7 (U VII) e U8 (U VIII) em União da Vitória (PR).	40
Figura 4: Vista das áreas de cultivo de morango (imagens à direita modificadas de Google Earth altitude de visualização - 1600m): M 9 (IX), M 10 (X) e M 11 (XI) localizadas em Porto União -SC e M 12 (XII) em União da Vitória- PR.	41
Figura 5: Imagem dos ninhos-armadilha, em madeira, organizados em bloco.	42
Figura 6: Número de ninhos de abelhas e vespas fundados nas 12 áreas de estudo, nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012. Onde: 1: <i>Trypoxylon opacum</i> , 2: <i>Pachodynerus gadulpensis</i> , 3: <i>Trypoxylon lactitarse</i> , 4: <i>Auplopus subaurarius</i> , 5: <i>Pachodynerus nasidens</i> , 6: <i>Centris tarsata</i> , 7: <i>Trypoxylon agamennom</i> , 8: <i>Isodontia constipennis</i> , 9: <i>Epanthidium autumnale</i> , 10: <i>Ancistrocerus flavomarginatus</i> , 11: <i>Pisoxylon</i> sp.,12: <i>Monobia angulosa</i> ,13: <i>Megachile pleuralis</i> , 14: <i>Hypodynerus duckei</i> , 15: <i>Megachile</i> sp1, 16: <i>Zethus plaumanni</i> , 17: <i>Epanthidium nectarinioides</i> , 18: <i>Hylaeus</i> sp.	47
Figura 7: Número de ninhos fundados por família de vespas e número de espécies para cada família nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.	48
Figura 8: Número de ninhos fundados por família de abelhas e número de espécies para cada família nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.	48

Figura 9: Média dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e respectivos desvios-padrão para os fragmentos de floresta, áreas de cultivo de morango e áreas de cultivo uva.	53
Figura 10: Dendrograma de dissimilaridade construído a partir do coeficiente de Bray-Curtis entre os ambientes de floresta, cultivo de uva e cultivo de morango ($r=0,9887$).....	54
Figura 11: Número de ninhos fundados nos ambientes de floresta, áreas de cultivo de uva e morango entre agosto/2011 e julho/2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC).....	55
Figura 12: Número de ninhos fundados por abelhas e vespas e médias mensais de temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.....	55
CAPÍTULO 2	71
REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES E SEUS RESPECTIVOS PARASITOIDES	71
Figura 1: Redes tróficas qualitativas (matriz binária) entre hospedeiros e parasitoides nos três ambientes (floresta, cultivo de uva e cultivo de morango) e representação geral. Em cada rede as barras da esquerda representam os hospedeiros (abelhas e vespas – Hymenoptera: Aculeata) e as barras da direita representam os parasitoides (ver siglas – tabela 4 dos apêndices.)	84
Figura 2: Redes tróficas quantitativas (matriz ponderada) entre hospedeiros e parasitoides nos três ambientes (floresta, cultivo de uva e cultivo de morango) e representação geral. Em cada rede as barras da esquerda representam os hospedeiros (abelhas e vespas – Hymenoptera: Aculeata) e as barras da direita representam os parasitoides (ver siglas – tabela 4 dos apêndices.)	85
Figura 3: Matrizes de hospedeiros e parasitoides nos três ambientes de estudo (floresta, cultivo de uva e cultivo de morango) e a representação geral da matriz. (siglas – tabela 4 dos apêndices).....	97

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	29
COMUNIDADE DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES	29
Tabela 1: Frequência de ocorrência e dominância das espécies de abelhas e vespas solitárias em três ambiente (floresta, uva e morango) amostradas com ninhos-armadilha entre ago/2011 e jul/2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC).....	50
Tabela 2: Número de ninhos por espécies de abelhas e vespas e médias para os valores de Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') e de Margalef (DMg) em ambientes de floresta, cultivo de uva e morango no periodo de ago/2011 a jul/2012.	52
Tabela 3: Número de ninhos fundados por abelhas e vespas em cada área de amostragem durante os meses de agosto de 2011 e julho de 2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC). FI, FII, FIII e FIV correspondente aos quatro fragmentos de floresta, U V, U VI, UVII e UVIII as quatro áreas de cultivo de uva e MIX, MX, MXI e MXII às quatro áreas de cultivo de morango.	68
Tabela 4: Índices de diversidade, equitabilidade, dominância e riqueza para os ninhos fundados por abelhas e vespas em cada área de amostragem durante os meses de agosto de 2011 e julho de 2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC). FI, FII, FIII e FIV correspondente aos quatro fragmentos de floresta, U V, U VI, UVII e UVIII as quatro áreas de cultivo de uva e MIX, MX, MXI e MXII às quatro áreas de cultivo de morango.....	70
 CAPÍTULO 2	 71
REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES E SEUS RESPECTIVOS PARASITOIDES	71
Tabela 1: Número de espécies de vespas e abelhas com ninhos parasitados, número total de células parasitadas e espécies de parasitoides.....	81
Tabela 2: Número de espécies de hospedeiros (spsH) e parasitoides (spsP), tamanho da rede (M), ou seja, total de interações observadas ($M = AP$), valores de	

conectância (C), H_2' e aninhamento para os três ambientes estudados (floresta, uva e morango).....	82
Tabela 3: Espécies de parasitoides associados à seus hospedeiros (abelhas e vespas solitárias de ninhos-armadilhas).	98
Tabela 4: Lista de abreviações do nome das espécies de parasitoides e hospedeiros encontrados em ambientes de floresta, cultivo de uva e morango.....	100

RESUMO

Nos ecossistemas terrestres as abelhas e vespas (Hymenoptera: Aculeata) destacam-se como importantes grupos funcionais devido aos serviços prestados nestes sistemas. Devido às ameaças que as ações humanas podem ter sobre a biodiversidade, a composição de espécies e padrões de redes tróficas padrões de das comunidades vêm sendo relacionadas com as mudanças na estrutura dos habitats. Este trabalho propõe um estudo geral sobre a estrutura da comunidade e estrutura das redes de interações de abelhas e vespas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes respectivos parasitoides. Este estudo foi realizado nos municípios de Porto União - SC e União da Vitória-PR entre agosto/2011 e julho/2012 em ambientes de fragmentos de floresta e áreas cultivadas. Para amostragem destes insetos foram utilizados ninhos-armadilha de madeira com diferentes diâmetros e agrupados em blocos. No campo cada bloco foi fixado em uma estaca a 1,5 m do solo. As armadilhas foram inspecionadas quinzenalmente, e cada ninho ocupado foi retirado e substituído por outro do mesmo diâmetro. Foram amostrados 846 ninhos pertencentes a 12 espécies de vespas, seis de abelhas e 16 espécies de parasitoides. A maior parte dos ninhos foi fundada por vespas (91,5%) e o restante (8,5%) por abelhas. As espécies de vespas mais abundantes foram *Trypoxylon opacum* (n=321) e *Pachodynerus guadulpensis* (n=148). Entre as abelhas foram *Centris tarsata* (n=43) e *Epanthidium autumnale* (n=18). Com relação aos ambientes, a floresta apresentou 11 espécies, sendo seis exclusivas, as áreas de cultivo de uva também somaram 11 espécies, com três espécies exclusivas, sendo o menor número de espécies registrado nas áreas de morango (S=9) e com apenas uma espécie exclusiva. A maior similaridade entre composição e abundância de espécies foi encontrada entre os ambientes de cultivos de uva e morango (J=0,666). O ambiente de cultivo de uva apresentou um padrão de interação aninhado, também foi o ambiente com maior número de interações e de espécies parasitoides. Em todos os ambientes os valores de conectância indicam redes mais generalistas. Em relação ao índice de diversidade estandardizada (H'_2), a rede para o ambiente de floresta foi a mais especialista.

Palavras - chave: Ninhos-armadilha, Interações, Parasitoides, Diversidade.

ABSTRACT

Bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) stand out as important functional groups for the service rendered at terrestrial ecosystems. Due to the threats human actions can have on biodiversity, species composition and patterns of trophic networks communities have been related to changes in habitat structure. This paper proposes a general study on the community structure and interactions networks structure of solitary bees and wasps that nest in pre-existing cavities and respective parasitoids. This study was conducted in the municipalities of Porto União (SC) and União da Vitória (PR) between August/2011 and July/2012 in environments fragments of forest and cultivated areas. Sampling for these insects were used trap nests of wood with different diameters and grouped in blocks. In the field each block was fixed on a stake of 1.5 m above the ground. Traps were inspected biweekly, and each occupied nest was removed and replaced by another of the same diameter. We sampled 846 nests of 12 species of wasps, six of bees and 16 species of parasitoids. Most was established by wasps nests (91.5%) and the remainder (8.5%) by bees. The most abundant species of wasps were *Trypoxylon opacum* (n = 321) and *Pachodynerus gadulpensis* (n = 148). Among the bees, *Centris tarsata* (n = 43) and *Epanthidium autumnale* (n = 18). Regarding the environment, the forest presented 11 species, six exclusive. Areas of grape cultivation also totaled 11 species, with three unique. The lowest number of species recorded in the areas of strawberry (S = 9) with only a exclusive kind. The greatest similarity between the composition and abundance of species was found among environments grape and strawberry crops (P = 0.666). The grape growing environment presented a nested pattern of interaction. It was also the environment with the highest number of interactions and parasitoid species. In all environments connectance values indicate more general networks. Recording to the diversity standardized index (H'_2), the network for the forest environment was the most expert.

Keywords: Trap-nests, Interactions, Parasitoid, Diversity.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O número de espécies presentes em um ambiente resulta de um equilíbrio dinâmico entre os fatores físicos, químicos e biológicos do ecossistema. Vários estudos buscam compreender as relações entre as características do meio e à composição vegetal, com a presença e abundância das espécies, com as interações ecológicas, seja em relação à competição entre espécies, interações hospedeiro-parasitas, bem como os fatores históricos que ajudaram a moldar a distribuição das espécies nos ecossistemas (Lévêque, 1999).

A alteração e perda de habitat nas escalas locais e regionais têm sido consideradas uma das principais causas das mudanças na biodiversidade, acarretando em perda e substituição de espécies e modificações no funcionamento dos ecossistemas (Vitousek et al., 1997; Harrison e Bruna, 1999; Lopes et al., 2009; Ebeling et al., 2011).

Dentre as florestas tropicais a Mata Atlântica é considerada um dos 25 hotspots de biodiversidade com cerca de 8.000 espécies endêmicas (Myers et al., 2000), sendo formada por uma extensa variedade de ambientes, o que a torna extremamente heterogênea em sua composição. Ocupava originalmente uma área de 1.306.421km², aproximadamente 15% do território brasileiro, em áreas de 17 estados, ocorrendo entre o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul ao longo de 23 graus de latitude sul (Schäffer e Prochnow, 2002).

A Mata Atlântica é reconhecida como um dos biomas mais diversos e ameaçados do mundo. Estima-se que seus remanescentes ocupem somente de um a 5% da superfície original (Câmara, 2005; Galindo-Leal et al., 2005) e a maior parte do que resta está representada por pequenos fragmentos, devido aos processos provocados por atividades agropastoris, industriais e pela expansão urbana (Schäffer e Prochnow, 2002).

Atualmente ela é formada por paisagens de florestas secundárias, altamente fragmentadas, com predominância de fragmentos com menos de 50 ha (Ribeiro et al., 2009) e as ações antrópicas continuam ameaçando esse bioma, sem que se tenha conhecimento da real diversidade que a compõe (Kageyama e Gandara, 2002).

Devido à sua grande extensão latitudinal e a fatores geográficos como a variação de altitudes, as diferenças de solo e formas de relevo, a Mata Atlântica

apresenta várias formações vegetais: Floresta Ombrófila Densa (Mata de Encosta), Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual, Campos de Altitude, além de ecossistemas associados como: manguezais, restingas, brejos interioranos e ilhas oceânicas (Monteiro, 2003).

A Floresta Ombrófila Mista, também denominada Floresta com Araucária, originalmente cobria cerca de 200.000 km², ocorrendo no Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), estendendo-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (Klein, 1984; Carvalho, 1994). Dados do Ministério do Meio Ambiente (2000) indicam que os remanescentes dessa formação vegetal encontram-se extremamente fragmentados e não perfazem 5% da área original.

Ela é composta por uma vegetação adaptada às baixas temperaturas sendo as principais espécies vegetais dos gêneros *Araucaria* (Juss), *Podocarpus* (Klotzsch) e *Drymis* (Miers) além de diversas espécies de lauráceas e mirtáceas (IBGE, 1992). Essa formação vegetal foi muito atrativa para o setor madeireiro que esteve no auge de desenvolvimento até a década de 50. Além disso, grandes áreas de floresta nativa foram derrubadas para ampliação do espaço agrícola, grandes extensões de cultura de *Pinus* e campos para pecuária (Rosário, 1996).

O estado do Paraná possui uma extensão de 199.729 km², dos quais 84,7% estavam originalmente cobertos pela Mata Atlântica, que se distribui sobre o primeiro, segundo e parte do terceiro planalto. Uma das suas formações florestais, a Floresta Ombrófila Mista, com ocorrência principal na região Sul do estado é dominada pela *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, popularmente conhecida como “Pinheiro do Paraná”, imprime a esta classe de formação uma fisionomia muito característica, a qual ocorre em associações diversificadas com outras espécies (Paraná, 2006).

Também coberto em grande parte pelo domínio Mata Atlântica, o estado de Santa Catarina, que conta com uma extensão territorial de 95.985 km², possui apenas 17,46% da cobertura original, o que equivale a 1.662.000 hectares de Mata Atlântica neste estado. Os parques e reservas que ainda existem, cobrem somente 2% do território, sendo essas áreas insuficientes para garantir a conservação da biodiversidade existente nas florestas do estado. A Floresta com Araucária cobria originalmente 40.807 km², ou seja, 42,5% do território de Santa Catarina, compondo

assim a cobertura florestal predominante. Nessa região também houve uma intensa exploração madeireira, reduzindo os remanescentes a fragmentos pequenos e isolados (Lino, 2002; Schäffer e Prochnow, 2002).

Um dos grandes problemas causados pelo processo de fragmentação dos ecossistemas não é apenas a perda de habitat, mas também a redução e o isolamento das populações de espécies selvagens, dificultando o fluxo gênico entre elas, podendo levar à perda da biodiversidade e a extinção de várias espécies (Campanili e Prochnow, 2006). Além disto, a diminuição do tamanho das manchas de habitats e o aumento do isolamento entre os fragmentos modificam a riqueza e abundância de espécies, podendo mudar a estrutura das comunidades (Debinski e Holt, 2000; Steffan - Dewenter, 2002) e por fim, alterar as funções do ecossistema local (McCann, 2000).

Nos ecossistemas terrestres os insetos têm atraído grande atenção devido a sua importância em manter as funções e serviços destes sistemas, com muitas espécies sendo consideradas bioindicadoras da qualidade ambiental (Brown, 1991 Tschardt et al.1998). Em termos de biodiversidade funcional as abelhas se destacam por serem polinizadores eficientes de plantas cultivadas ou selvagens (Corbet et al., 1991; Gurr et al., 2003; Klein et al., 2003). O declínio dos polinizadores devido a alterações antropogênicas pode ter importantes consequências para a biodiversidade e estabilidade da comunidade de plantas (Allen-Wardell et al.,1998). As vespas, por outro lado, são importantes predadores ou parasitoides e atuam no controle biológico nos ecossistemas (Klein et al., 2007).

Abelhas e vespas possuem hábitos variados de nidificação e aproximadamente 5% das espécies nidificam em cavidades preexistentes. Como recursos florais as abelhas utilizam principalmente pólen e néctar, tanto para alimentação na fase larval como adulta (Roubik, 1989, Michener, 2000). Já as vespas alimentam suas larvas com uma variedade de artrópodes, incluindo espécies que são consideradas pragas em culturas (Tylianakis et al., 2005). Como agentes controladores das populações destes insetos, destacam-se principalmente os parasitoides das ordens e famílias Hymenoptera: Braconidae, Chalcididae, Eulophidae, Ichneumonidae, Chrysididae e Diptera: Bombyllidae (Vedder et al., 2010), que além de regular o tamanho populacional de seus hospedeiros fazem um conexão destes com os níveis tróficos subsequentes (Diekötter et al., 2007).

A obtenção de dados sobre este grupo de Hymenoptera vem sendo realizada com auxílio da técnica de ninhos-armadilha. Essa metodologia permite a obtenção de informações sobre a diversidade e abundância das espécies nidificantes, bem como dos parasitóides associados, permitindo desta forma fazer comparações entre habitats (Klein et al., 2002; Tylianakis et al., 2005, Tylianakis et al., 2006). Alguns estudos vêm propondo o uso de vespas e abelhas que nidificam em cavidades preexistentes como bioindicadoras da qualidade ambiental (Beyer et al., 1987; Frankie et al., 1998; Tscharntke et al., 1998; Morato, Campos, 2000) e para manejo de espécies de interesse agrícola (Gurr et al., 2003).

A utilização destas armadilhas constitui um método simples e eficiente para amostrar as espécies que vivem em determinada área, evitando aquelas que estejam apenas transitando pelo local (Camillo et al., 1995; Tscharntke et al., 1998). Esta metodologia permite também réplicas espaciais e temporais, através da oferta de quantidades iguais de cada tipo de ninho-armadilha a ser utilizado em um estudo, a fim de evitar diferenças entre esforços amostrais (Tscharntke et al., 1998; Aguiar e Martins, 2002).

Em várias regiões, estudos usando esta técnica tentam estabelecer as relações entre a abundância de abelhas e/ou vespas com as estruturas de habitat e/ou suas relações com seus inimigos naturais. Dentre estes trabalhos destacam-se os estudos feitos por Krombein (1967) na América do Norte, e por Serrano e Garófalo (1978) no Brasil. Por meio desta técnica foram realizados também, diversos trabalhos sobre a diversidade e abundância destes insetos (Garófalo et al., 1989, Garófalo et al., 1993; Camillo et al., 1995; Assis e Camilo, 1997; Garófalo, 2000; Viana et al., 2001; Aguiar, 2002; Aguiar e Martins, 2002; Alves-dos-Santos, 2003; Gazola 2003; Aguiar et al., 2005; Buschini, 2006; Buschini e Woiski, 2008; Garófalo, 2008), biologia das espécies nidificantes (Morato et al., 1999; Pereira et al., 1999; Jesus e Garófalo, 2000; Morato, 2001a; Alves dos Santos et al., 2002; Aguiar e Garófalo, 2004; Zillikens e Steiner, 2004; Camarotti-de-Lima e Martins, 2005; Camillo, 2005; Aguiar et al., 2006; Buschini e Wolff, 2006; Drummont et al., 2008; Buschini e Buss, 2010), sobre os efeitos da fragmentação de habitats (Tscharntke et al., 1998; Morato e Campos, 2000; Morato 2001b; Steffan-Dewenter, 2002) e conservação ambiental (Beyer et al., 1987; Frankie et al., 1998).

No Brasil não há nenhum estudo sobre redes de interações tróficas de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes e seus respectivos

parasitoides, e de como essas relações podem diferir entre os ambientes. Sendo assim, a principal contribuição deste estudo é fornecer ferramentas que nos permitam entender como estão estruturadas as comunidades destes insetos em ambientes com vegetação nativa e ambientes cultivados. Espera-se que com estas informações as estratégias de conservação e de manejo destas espécies sejam aprimoradas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Tendo em vista a importância das vespas como predadoras e abelhas como polinizadoras e as relações que mantêm com outros organismos, este trabalho teve como objetivo analisar se há diferença na estrutura da comunidade de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes em ambiente de mata nativa e em ambientes cultivadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Essa dissertação foi estruturada em dois capítulos, com os respectivos objetivos:

Capítulo 1: COMUNIDADE DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES

- Analisar a diversidade alfa em ambiente de Floresta Ombrófila Mista e em ambientes com cultivo orgânico de uva e de morango.
- Investigar o grau de similaridade entre estes ambientes com relação à presença e ausência e abundância de espécies (diversidade β).
- Analisar se há correlação entre a abundância e riqueza das espécies e os fatores abióticos (temperatura e precipitação).

Capítulo 2: REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES E SEUS RESPECTIVOS PARASITOIDES.

- Delinear a estrutura da rede de interações tróficas entre as abelhas e vespas e seus parasitoides, em diferentes ambientes.
- Analisar a especialização ou generalização das teias alimentares em ambientes de fragmentos de mata e de cultivos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR C.M.L. 2002. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos armadilha, em áreas de Caatinga e Floresta estacional semi-decídua do estado da Bahia, Brasil. Anais do V Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, p 53-57.
- AGUIAR, A.J.C.; MARTINS, C.F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). Revista Brasileira de Zoologia, v. 19, p. 101-116, 2002.
- AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Revista Brasileira de Zoologia 21: 477-486.
- AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A.; ALMEIDA, G.F. 2005. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de floresta semi-decídua e caatinga, Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22: 1030-1038.
- AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A.; ALMEIDA, G.F. 2006. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Revista Brasileira de Zoologia 23: 323-330.
- ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURSQUEZ, A.; BUCHMANN, S.; CANE, J.; COX, P. A.; DALTON, V.; FEISINGER, P.; INGRAM, M.; IOUNEY, D.; JONES, C. E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOPOWITZ, H.; MEDELLIN, R.; MEDELLIN-MORALES, S.; NABHAN, G. P.; PAVLIK, B.; TEPEDINO, V.; TORCHIO P.; WALKER, S. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. Conservation Biology 12:8-17.
- ALVES DOS SANTOS I.; MELO, G.A.R.; ROZEN, J.G. 2002. Biology and immature stages of the bee tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). American Museum Novitates 3377: 1-45.
- ALVES DOS SANTOS, I. 2003. Trap-nesting bees and wasps on the university campus in Sao Paulo, southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). Journal of the Kansas Entomological Society 76 (2): 328-334.
- ASSIS, J.M.F.; CAMILLO, E. 1997. Diversidade, sazonalidade e aspectos biológicos de vespas solitárias (Hymenoptera: Sphecidae: Vespidae) em ninhos armadilhas na região de Ituiutaba, MG. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. 26 (2): 335-347.
- BEYER, W.N.; MILLER, G.W.; FLEMING, W.J. 1987. Populations of trap-nesting wasps and near major source of fluoride emissions in Western Tennessee. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 89: 478-482.

BROWN, K.S.JR. 1991. Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicators. In: COLLINS, N.M.; THOMAS, J. A. (Org). The Conservation of Insects and their Habitats. London: Academic Press, p. 350-380.

BUSCHINI, M.L.T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37: 58–66.

BUSCHINI, M.L.T.; WOLFF L.L. 2006. Notes on the biology of *Trypoxylon (Trypargilum) opacum* Brèthes (Hymenoptera, Crabronidae) in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66 (3): 907-917.

BUSCHINI, M.L.T.; WOISKI T.D. 2008. Alpha-beta diversity in trap nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica*. 89 : 351–358.

BUSCHINI, M.L.T.; BUSS, C.E. 2010. Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae). *Brazilian Journal of Biology* vol.70, n.3, pp. 623-629.

CÂMARA, I. G. 2005. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: GALINDO LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed.). *Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, p. 31-42.

CAMAROTTI-DE-LIMA, M.F.; MARTINS, C.F. 2005. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotropical Entomology* 34(3): 375-380.

CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A.; SERRANO, J.C.; MUCCILLO, G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Apocrita: Aculeata). *Revista Brasileira de Entomologia*. 39: 459-470.

CAMILLO E. 2005. Nesting biology of four *Tetrapedia* species in trap-nests (Hymenoptera, Apidae, Tetrapediini). *Revista de Biologia Tropical*. 53: 175-186

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. (Org). 2006. *Mata Atlântica – uma rede pela floresta Brasília: RMA, 332p.*

CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI. 640p.

CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World* 72: 47-59.

DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D. (2000). A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14: 342–355.

DIEKOTTER, T.; HAYNES, K.; MAZEFFA, D.; CRIST, T. 2007. Direct and indirect effects of habitat area and matrix composition on species interactions among flower-visiting insects. *Oikos* 116: 1588–1598.

DRUMMONT, P.; SILVA, F.O.; VIANA, B.F. 2008. Ninhos de *Centris* (*Heterocentris*) *terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em fragmentos de Mata Atlântica secundária, Salvador, BA. *Neotropical Entomology*. 37 (3): 239-246.

EBELING, A.; KLEIN, A. M.; WEISSER, W.W.; TSCHARNTKE, T. 2011. Multitrophic effects of experimental changes in plant diversity on cavity-nesting bees, wasps, and their parasitoids. *Oecologia* 169:453–465

FRANKIE, G.W.; VINSON, S.B.; NEWSTROM, L.; BARTHELL, J.F. 1998. Nest site and habitat preferences of *Centris* bees in the Costa Rican dry forest. *Biotropica* 20: 301 – 310.

GALINDO-LEAL, C.; JACOBSEN, T. R.; LANGHAMMER, P. F.; OLIVIERI, S. 2005. Estado dos *hotospots*: a dinâmica da perda de biodiversidade. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed.). *Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, p. 3-11.

GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E., SERRANO, J.C. 1989. Espécies de abelhas do gênero *Centris* (Hymenoptera, Anthophoridae) nidificando em ninhos-armadilha. *Ciência e Cultura*. 41: 799.

GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E., SERRANO, J.C.; REBÊLO, J.M.M. 1993. Utilization of trap nest by *Euglossini* species (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Biologia*. 53: 177-187.

GARÓFALO, C.A. 2000. Comunidades de Abelhas (Hymenoptera:Apoidea) que utilizam Ninhos-Armadilhas em fragmentos de matas do estado de São Paulo. *Anais do IV Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto*, p 121-128.

GARÓFALO, C.A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em ninhos-armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Anais do VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto*, p 208-217.

GAZOLA, A.L. 2003. Ecologia de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. 106p.

GURR, G.M.; WRATTEN, S.D.; LUNA, J.M. 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology*. 4: 107–116.

HARRISON, S.; BRUNA, E. 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography*. 22: 225–232.

IBGE, 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 92 p.

- JESUS, B.M.V.; GARÓFALO, C.A. 2000. Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 31: 503-515.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; 2000. Revegetação de Áreas Cilioares. In. RODRIGUES, R.R. ; LEITÃO FILHO, H.F. (Org). *Mata Ciliar: Uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Edusp, Fapesp, p. 249-269.
- KLEIN, R.M. 1984. Aspectos dinâmicos da vegetação do Sul do Brasil, *Sellowia*, *Anais Botânicos do herbário "Barbosa Rodrigues"*, nº 36, p. 5-54.
- KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps, *Conservation Biology*. 16, 1003–1014.
- KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings the Royal Society. B. Biological Sciences*. 270: 955–961.
- KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings the Royal Society. B* 274:303–313.
- KROMBEIN, K.V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees: Life histories, nests and associates*. Washington: Smithsonian Press. 569p.
- LÉVÊQUE C. 1999. *A Biodiversidade*, EDUSC, Bauru, São Paulo.
- LINO, C. F. 2002. *A Mata Atlântica que conhecemos*. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA).
- LOPES, A. V.; GIRÃO, L. C.; SANTOS, B. A.; PERES, C. A.; TABARELLI M., 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. *Biological Conservation*. 142: 1154-1165.
- MCCANN, K.S. 2000. The diversity–stability debate. *Nature*. 405: 228– 233
- MICHENER, C.D. 2000. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press Baltimore.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2000. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Brasília, MMA-SBF.
- MONTEIRO, V. K. 2003. *Mata Atlântica: A Floresta em que vivemos: Núcleo Amigos de Terra*, Porto Alegre.

MORATO, E.F.; GARCIA, M.V.B.; CAMPOS, L.A.O. 1999. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentadas na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*. 16: 1213-1222.

MORATO, E.F.; CAMPOS, L.A.O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*. 17 (2): 429-444.

MORATO, E.F. 2001a. Biologia e ecologia de *Anthodioctes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18 (3): 729-736.

MORATO, E.F. 2001b. Efeitos da fragmentação florestal sobre abelhas e vespas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18: 737-747.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B.; KENT. J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

PARANÁ, GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ; SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA; SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL – SEPL; SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – SEAB; INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP; EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER; PROJETO PARANÁ BIODIVERSIDADE; GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY – GEF; BANCO MUNDIAL. 2006. Avaliação Ecológica Rápida (AER) no Corredor Araucária. Produto 3. Relatório Final. Volume I. Curitiba, PR.

PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E.; SERRANO, J.C. 1999. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 30:1-12.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. 2009 The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*. 142:1141-1153.

ROSÁRIO, L. A. 1996. As aves em Santa Catarina: distribuição geográfica e meio ambiente. Florianópolis: FATMA.

ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge Tropical Biology Series. New York: Cambridge Univ. Press, 514 pp.

SCHÄFFER, W; PROCHNOW, M. 2002. A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: APREMAVI, 156 p.

SERRANO, J.C.; GARÓFALO, C.A. 1978. Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico de abelhas e vespas solitárias. *Ciência e Cultura*.30: 597.

STEFFAN-DEWENTER, I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology*. 27: 631-637.

TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. 1998. Bioindication using trap-nests bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*. 35: 708-719.

TYLIANAKIS, J.M.; KLEIN, A.M.; TSCHARNTKE, T. 2005. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology* 86: 3296–3302.

TYLIANAKIS, J.M.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; 2006. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*. 87: 3047–3057.

VEDDELER, D.; TYLIANAKIS, J.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M. 2010 Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism. *Oecology*. 162: 755–762.

VIANA, B.F.; SILVA, F.O.; KLEINERT; A.M.P. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no nordeste do Brasil. *Neotropical Entomology*. 30: 245-251.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO J. M. 1997. Human domination of the Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–499.

ZILLIKENS, A.; STEINER, J. 2004. Nest Architecture, life cycle and cleptoparasite of the Neotropical leaf-cutting bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 77: 193-202.

CAPÍTULO 1

COMUNIDADE DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PREEXISTENTES

Resumo

Nos ecossistemas terrestres as abelhas e vespas (Hymenoptera: Aculeata) destacam-se como importantes grupos funcionais devido aos serviços prestados nestes sistemas. Devido às ameaças que as ações humanas podem ter sobre a diversidade de espécies, este trabalho propõe um estudo geral sobre a estrutura da comunidade de abelhas e vespas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes em ambientes de fragmentos de floresta e áreas cultivadas. Este estudo foi realizado nos municípios de Porto União - SC e União da Vitória-PR entre agosto/2011 e julho/2012. Para amostragem destes insetos foram utilizados ninhos-armadilha de madeira com diferentes diâmetros e agrupados em blocos. No campo cada bloco foi fixado em uma estaca a 1,5 m do solo. As armadilhas foram inspecionadas quinzenalmente, e cada ninho ocupado foi retirado e substituído por outro do mesmo diâmetro. Foram amostrados 846 ninhos pertencentes a 12 espécies de vespas e seis de abelhas. A maior parte dos ninhos foi fundada por vespas (91,5%) e o restante (8,5%) por abelhas. As espécies de vespas mais abundantes foram *Trypoxylon opacum* (n=321) e *Pachodynerus guadulpensis* (n=148). Entre as abelhas foram *Centris tarsata* (n=43) e *Epanthidium autumnale* (n=18). Com relação aos ambientes, a floresta apresentou 11 espécies, sendo seis exclusivas, as áreas de cultivo de uva também somaram 11 espécies, com três espécies exclusivas, sendo o menor número de espécies registrado nas áreas de morango (S=9) com apenas uma espécie exclusiva. A diversidade não mostrou diferença significativa entre ambientes de cultivo de uva e floresta, mas foi menor no cultivo de morango. A maior similaridade entre composição e abundância de espécies foi encontrada entre os ambientes de cultivos de uva e morango (J=0,666). A abundância de ninhos fundados por abelhas e vespas solitárias apresentou correlação positiva com a temperatura mensal média.

Palavras - chave: Hymenoptera - Aculeata, Ninhos-armadilha, Diversidade.

Abstract

Terrestrial ecosystems bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) stand out as important functional groups for the service rendered in these systems. Due to the threats that human actions can have on species diversity, this paper proposes a general study on the community structure of solitary bees and wasps that nest in pre-existing cavities in environments fragments of forest and cultivated areas. This study was conducted in the townships of Porto União (SC) and União da Vitória (PR) between August/2011 and July/2012. Sampling for these insects were used trap-nests of wood with different diameters and grouped into blocks. In the field each block was fixed on a stake to 1.5 m above the ground. Traps were inspected biweekly, and each occupied nest was removed and replaced by another of the same diameter. We sampled 846 nests of 12 species of wasps and six of bees. Most was established by wasps nests (91.5%) and the remainder (8.5%) by bees. The most abundant species of wasps were *Trypoxylon opacum* (n = 321) and *Pachodynerus guadulpensis* (n = 148). Among the bees were *Centris tarsata* (n = 43) and *Epanthidium autumnale* (n = 18). Regarding the environment, the forest 11 species with six exclusive areas of grape cultivation also totaled 11 species, with three unique species, the lowest number of species recorded in the areas of strawberry (S = 9) with only a kind exclusive. The diversity showed no significant difference between environments grape cultivation and forest, but was lower in the strawberry fields. The greatest similarity between the composition and abundance of species was found among environments grape and strawberry crops (P = 0.666). Plenty of established nests for solitary bees and wasps was positively correlated with the monthly average temperature.

Keywords: Hymenoptera - Aculeata, Trap-nests, Diversity

1 INTRODUÇÃO

A modificação da estrutura dos habitats em consequência das atividades humanas é considerada a maior ameaça à biodiversidade (Foley et al., 2005). No mundo, os padrões espaciais de arranjo dos habitats e a estrutura da paisagem têm sido amplamente modificados pela destruição de áreas naturais e pela intensificação do uso da terra em regiões agrícolas, causando grandes impactos sobre a biodiversidade e sobre a estrutura da comunidade local (Saunders et al., 1991; Tscharntke e Brandl, 2004).

Essas mudanças dos habitats naturais para áreas de culturas transformam ecossistemas de florestas contínuas em mosaicos de paisagens simples e fragmentados (Tylianakis et al., 2005). Como consequência, a biodiversidade, riqueza e abundância das espécies podem ser alteradas (Tscharntke et al., 2002; Krauss et al., 2003; Ribas et al., 2005). Devido à esse aumento global da modificação dos habitats naturais, estudos de diversidade são de vital importância para o conhecimento e conservação das comunidades biológicas (Purvis e Hector, 2000).

Em uma comunidade, a diversidade de espécies pode ser determinada por fatores que variam em diferentes escalas temporais e espaciais (Willis e Whittaker, 2002). Em uma escala de paisagem, a riqueza de espécies pode ser afetada por fatores como a fragmentação, composição da matriz, diversidade da paisagem, clima, ou ainda por fatores como: tipo de habitat, intensidade de manejo, interações intra e interespecíficas (Steffan-Dewenter et al., 2002; Dauber et al., 2003).

Um dos principais obstáculos no desenvolvimento de práticas de conservação da biodiversidade tem sido o pouco conhecimento sobre as espécies que compõem comunidades naturais e em regiões que sofreram modificações antrópicas (Steffan-Dewenter et al., 2002). Um entendimento dos efeitos diretos e indiretos da estrutura dos habitats é necessário para investigar esse declínio global de biodiversidade e criar iniciativas de conservação (Tylianakis et al., 2005).

A relação entre a biodiversidade e estrutura do habitat tem recebido mais atenção nas últimas décadas e trazem importantes implicações para conservação e manejo sustentável (McCann 2000; Cottingham et al., 2001). Pesquisas demonstram que a diversidade de espécies pode influenciar diferentes processos dos ecossistemas como: aumentar a estabilidade na biomassa de plantas (Caldeira et al., 2005) além de processos como polinização (Kremen et al., 2002) e controle

biológico (Rodriguez e Hawkins, 2000) e, por fim, pode relacionar-se a estabilidade dos ecossistemas como um todo (Hooper et al., 2005).

Nos ecossistemas terrestres, a comunidade de abelhas e vespas (Hymenoptera: Aculeata) que nidificam em cavidades preexistentes constitui um grupo de grande interesse e cada vez mais esses insetos são reconhecidos como componentes essenciais para a manutenção da estrutura das comunidades (Tscharrntke, 1998). Esses insetos são particularmente relevantes e constituem importantes grupos de grande interesse ecológico devido às funções que desempenham (Klein et al., 2003).

As vespas exercem um importante papel como predadoras e parasitoides, atuando no controle biológico (Losey e Vaughan, 2006). As abelhas são consideradas o grupo mais importante de polinizadores em número de espécies e em diversidade de plantas polinizadas, tanto de plantas selvagens como em agroecossistemas (Loyola e Martins, 2006), com muitas espécies de plantas dependendo exclusivamente das abelhas para sua reprodução (Losey e Vaughan, 2006).

Dentre os Hymenoptera, as vespas são extremamente diversificadas em morfologia e comportamento. Atualmente, há 26.000 espécies descritas em todo o mundo, sendo 90% solitárias (O'Neill, 2001). Entre as abelhas a estimativa é de que existam cerca de 20.000 espécies vivendo em diferentes regiões do mundo, sendo aproximadamente 85% das espécies descritas também de comportamento solitário (Michener, 2000).

Abelhas e vespas que nidificam em ninhos-armadilha correspondem a aproximadamente 5% das espécies conhecidas de Hymenoptera: Aculeata (Krombein, 1967). Estudos que utilizam essa metodologia de amostragem fornecem informações ecológicas que permitem comparar diferentes habitats quanto à abundância de espécies, riqueza e diversidade, além de avaliar a distribuição das espécies em áreas naturais e alteradas (Tylianakis et al., 2006).

Abelhas e vespas solitárias são de interesse especial para conservação e manejo por serem importantes componentes dos ecossistemas terrestres e sensíveis às perturbações ambientais (Steffan-Dewenter, 2002), contudo o modo como esses grupos funcionais respondem as alterações ambientais ainda não está claro (Debinski e Holt, 2000).

Desse modo, tendo em vista a importância das vespas e abelhas como predadoras e polinizadoras, investigou-se a diversidade, composição, riqueza e abundância da comunidade de abelhas e vespas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes em áreas de mata nativa de floresta Ombrófila Mista e em áreas com cultivo orgânico de uva e morango.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDO

Este estudo foi realizado nos municípios de União da Vitória, Estado do Paraná, e de Porto União, Estado de Santa Catarina, que fazem a divisa entre estes dois estados, localizados no sul do Brasil (Figura 1).

Nestes municípios o clima, de acordo com a classificação de Köppen, é subtropical mesotérmico úmido, tipo Cfb, contendo verões amenos e invernos rigorosos com geadas frequentes e uma temperatura média anual de 23 °C. Apresentam precipitação média mensal de 140 mm, com chuva bem distribuída ao longo do ano (Hort, 1990). O solo da região é quartzoso, feldspático, poroso e permeável, além de apresentar outras características como a coloração vermelha, argiloso, bem drenado e teores elevados de matéria orgânica (Maack, 2002).

O município de União da Vitória localiza-se no extremo sul do Estado do Paraná e pertence, em sua maioria, ao Terceiro Planalto Paranaense. Está inserido na Microrregião do Médio Iguaçu, na fronteira do Estado de Santa Catarina, sendo limitado pela Serra da Esperança, com altitudes médias entre 700 e 900 (Maack, 2002).

O município de Porto União localiza-se ao norte de Santa Catarina, seu relevo faz parte do planalto de Canoinhas, localizado ao norte do planalto Ocidental, e é uma sub-região formada por rochas sedimentares, apresentando relevo ondulado e com altitudes médias em torno de 800 a 900 metros (Santa Catarina, 1984).

A formação vegetal destes municípios é a Floresta Ombrófila Mista Montana (FOM), sendo a paisagem fitogeográfica inserida na microrregião do Médio Iguaçu, e representada por florestas subtropicais, com a presença de araucárias, faxinais e várzeas (Klein, 1980).

Para amostragem das abelhas e vespas foram selecionadas propriedades rurais particulares com fragmentos de Floresta Ombrófila Mista (Figura 2), áreas com cultivo orgânico de uva (Figura 3) e áreas com cultivo orgânico de morango (Figura 4). Para cada um dos ambientes foram feitas quatro repetições, totalizando 12 áreas de estudos, sendo as distâncias entre as repetições sempre superiores a 1 km.

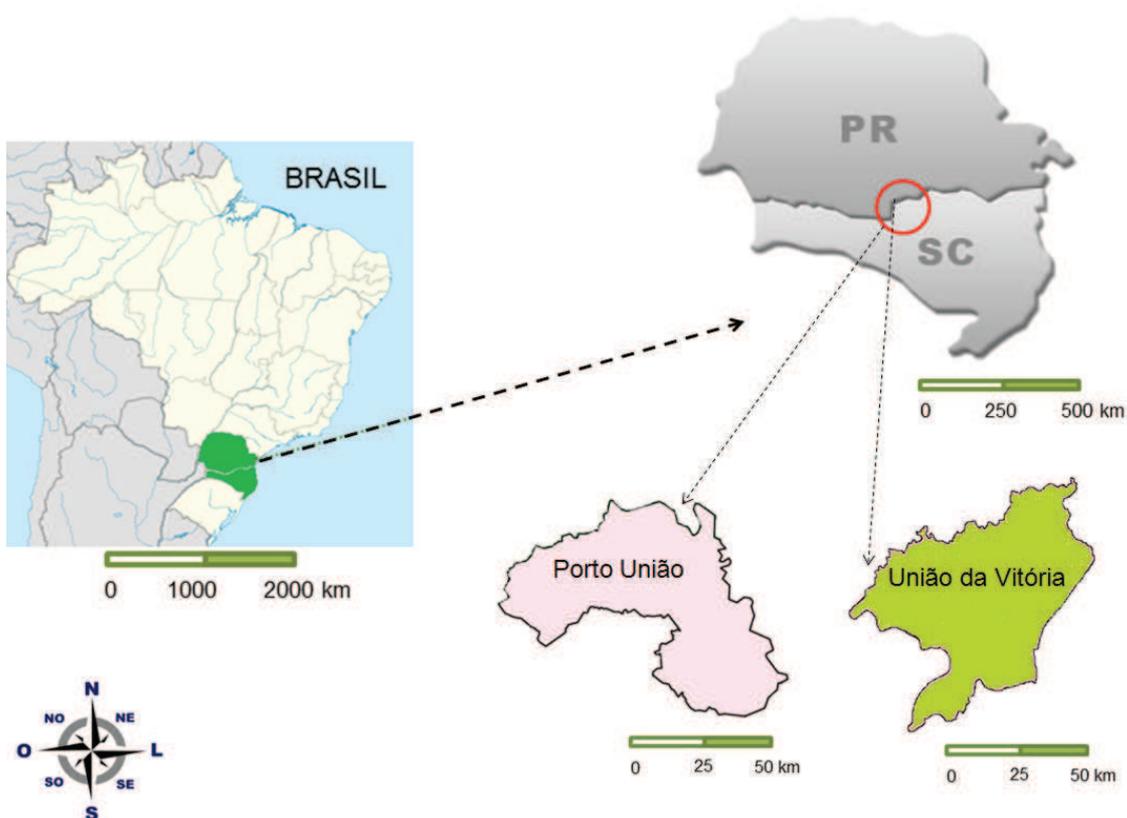


Figura 1: Localização dos municípios de estudo, União da Vitória-PR e Porto União-SC.

2.1.1 Descrição das áreas de coleta

Os quatro fragmentos de vegetação nativa estão localizados no município de Porto União – Santa Catarina. Pertencem à formação de Floresta Ombrófila Mista em estágios de sucessão secundária e atualmente são áreas de preservação permanente.

Fragmento de Floresta 1 (FI): ($26^{\circ}17'13,72''S$ - $51^{\circ} 3'12,67''W$) e altitude média de 991 m, conta com uma área de 31 hectares, localizado a 9,34 quilômetros do centro da cidade. Nos arredores do fragmento encontram-se monocultura de *Pinus* e *Eucaliptus*, além de cultivos de grãos com manejo orgânico e convencional.

Fragmento de Floresta 2 (FII): ($26^{\circ}17'51,13''S$ - $51^{\circ} 5'4,46''W$) e altitude média de 970 m. A área total do fragmento é de 28 hectares e localiza-se a uma distância de 7,46 quilômetros do centro da cidade. A altitude média é de 970 m. O fragmento encontra-se inserido entre áreas de cultivos convencionais de grãos.

Fragmento de Floresta 3 (FIII): (26°18'10,67"S - 51° 4'21,11"W) e altitude média de 1063 m. Possui uma área de 53 hectares localizado à distância de 5,83 quilômetros do centro da cidade. Nos arredores além de monocultura de *Eucaliptus*, encontravam-se cultivos variados de produtos orgânicos e áreas de pastagem com poucas espécies vegetais arbóreas distribuídas de forma esparsa.

Fragmento de Floresta 4 (FIV): (26°19'3,96"S - 51° 4'58,23"W) e altitude média de 915 m. Conta com uma área de 67 hectares à uma distância de 5,27 Km do centro da cidade. Nas proximidades encontram-se residências rurais, áreas de agricultura orgânica e convencional, além da passagem de uma rodovia estadual.

As áreas de cultivo de uva pertencem ao sistema orgânico de produção e em todas as unidades amostrais a variedade cultivada pertence à qualidade bordo.

Cultivo de Uva (V): localiza-se no município de Porto União (SC) (26°19'18,43"S - 51° 3'49,72"W) a 995 m de altitude. Parreiral com quatro anos de idade. Nos arredores encontram-se cultivos orgânicos de maçã, pêssego e milho, além de dois fragmentos de Floresta Ombrófila Mista.

Cultivo de Uva (VI) localiza-se no município de Porto União (SC) (26°19'8,36"S - 51° 5'5,81"W) a 996 m de altitude. Parreiral com sete anos. Nas proximidades esta localizado também um fragmento de mata, uma monocultura de *Eucaliptus* e *Pinus*, plantações de produtos orgânicos como milho, pêssegos e maçã.

Cultivo de Uva (VII): localiza-se no município de União da Vitória (PR), (26°4'15,78"S - 51° 9'37,22"W) a 1012m de altitude. Parreiral com seis anos. Nas proximidades da parreira encontra-se um fragmento de mata (área de preservação permanente), monocultura de *Eucaliptus*, cultivos orgânicos de milho e frutíferas como pêssegos, caqui, kiwi.

Cultivo de Uva (VIII): localiza-se no município de União da Vitória (PR) (26°3'1,89"S - 51°12'55,95"W) a 820 m de altitude. Parreiral com 10 anos. Nos arredores desta área encontram-se fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, cultivo de milho orgânico e monocultura de *Eucaliptus*.

Cultivo de Morango (IX): localizado no município de Porto União (SC) (26°19'19,23"S e 51° 3'19,49"W) a 919 m de altitude. Com 2.500 mil pés de morango dispostos em canteiros, pertencendo às variedades Campinas, Dover e outras não identificadas. Nas proximidades dos canteiros estavam presentes outros cultivos de

outras hortaliças orgânicas como o milho e pomares de pêssego, e um fragmento de mata de Floresta Ombrófila Mista.

Cultivo de Morango (X): localiza-se no município de Porto União (SC) (26°17'45,96"S - 51° 4'28,94"W) a 969 m de altitude. Havia um total de 2.500 pés de morangos cultivados em canteiros pertencente à variedade Camino Real, próximo aos canteiros existe cultura de varias hortaliças orgânicas, áreas de pastagens e havia uma área de mata a aproximadamente 300 m.

Cultivo de Morango (XI): localiza-se no município de Porto União (SC) (26°17'3,25"S - 51° 3'21,92"W) e 792 m de altitude. Um total de 6.000 mil pés de morangos cultivados pertencente às qualidades Campinas e Abion, hortaliças orgânicas eram cultivadas nas proximidades dos canteiros, também estavam presentes dois fragmentos de floresta de Floresta Ombrófila Mista nas duas extremidades dos canteiros.

Cultivo de Morango (XII): localiza-se no município de União da Vitória (PR), bairro São Gabriel (área semi-urbana) (26°15'20,56"S - 51° 7'46,06"W) a 753 m de altitude. Os canteiros de morango continham 3.000 mil pés de morango das qualidades Camarosa e Campinas nas proximidades dos canteiros existe cultivo de hortaliças orgânicas, além de residências, lagos e pouca vegetação no entorno.

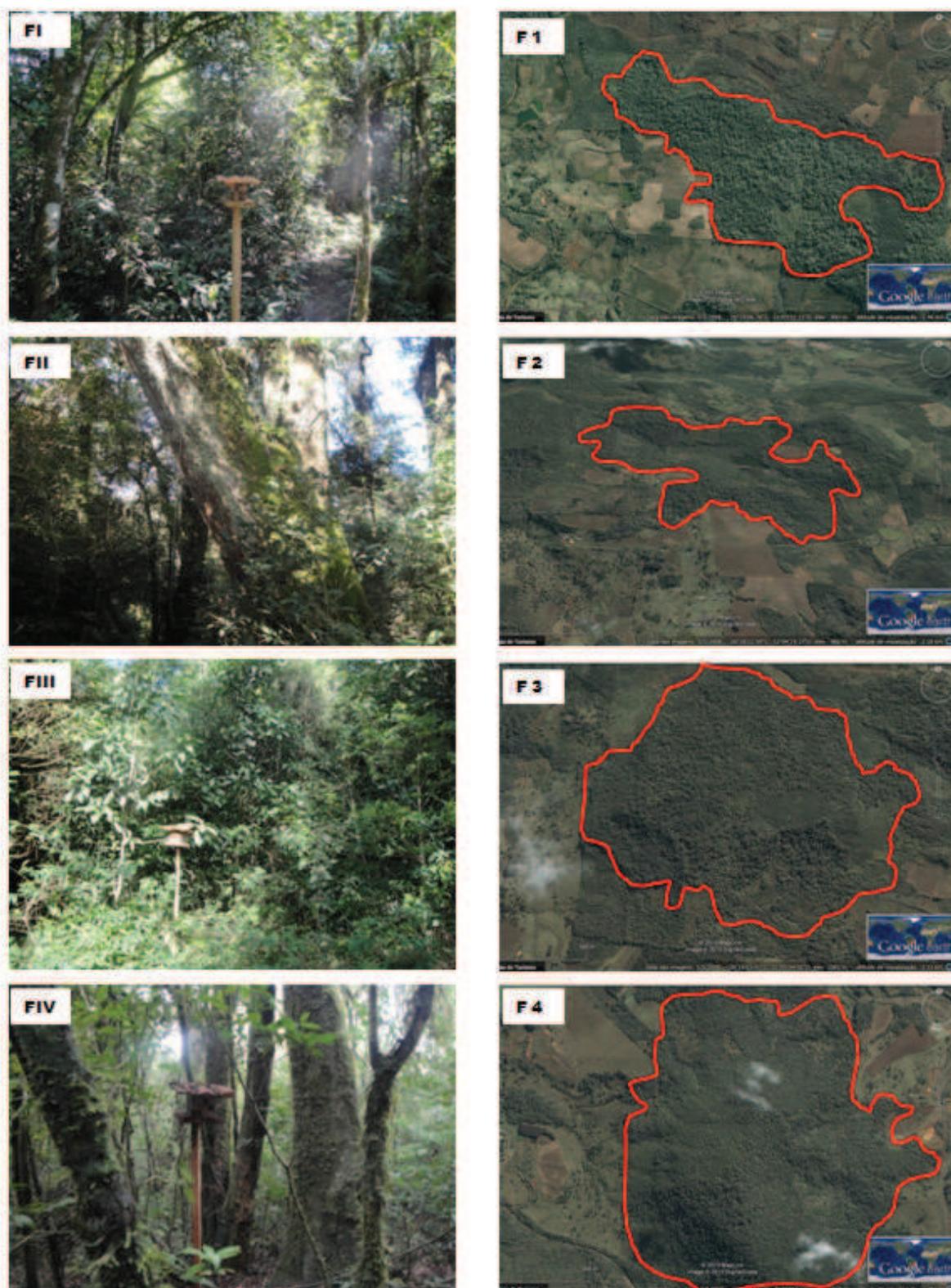


Figura 2: Vista dos fragmentos de floresta (imagens à direita modificadas de Google Earth – altitude de visualização - 2400m): FI (1), FII (2), FIII (3), FIV (4) localizados em Porto União –SC.

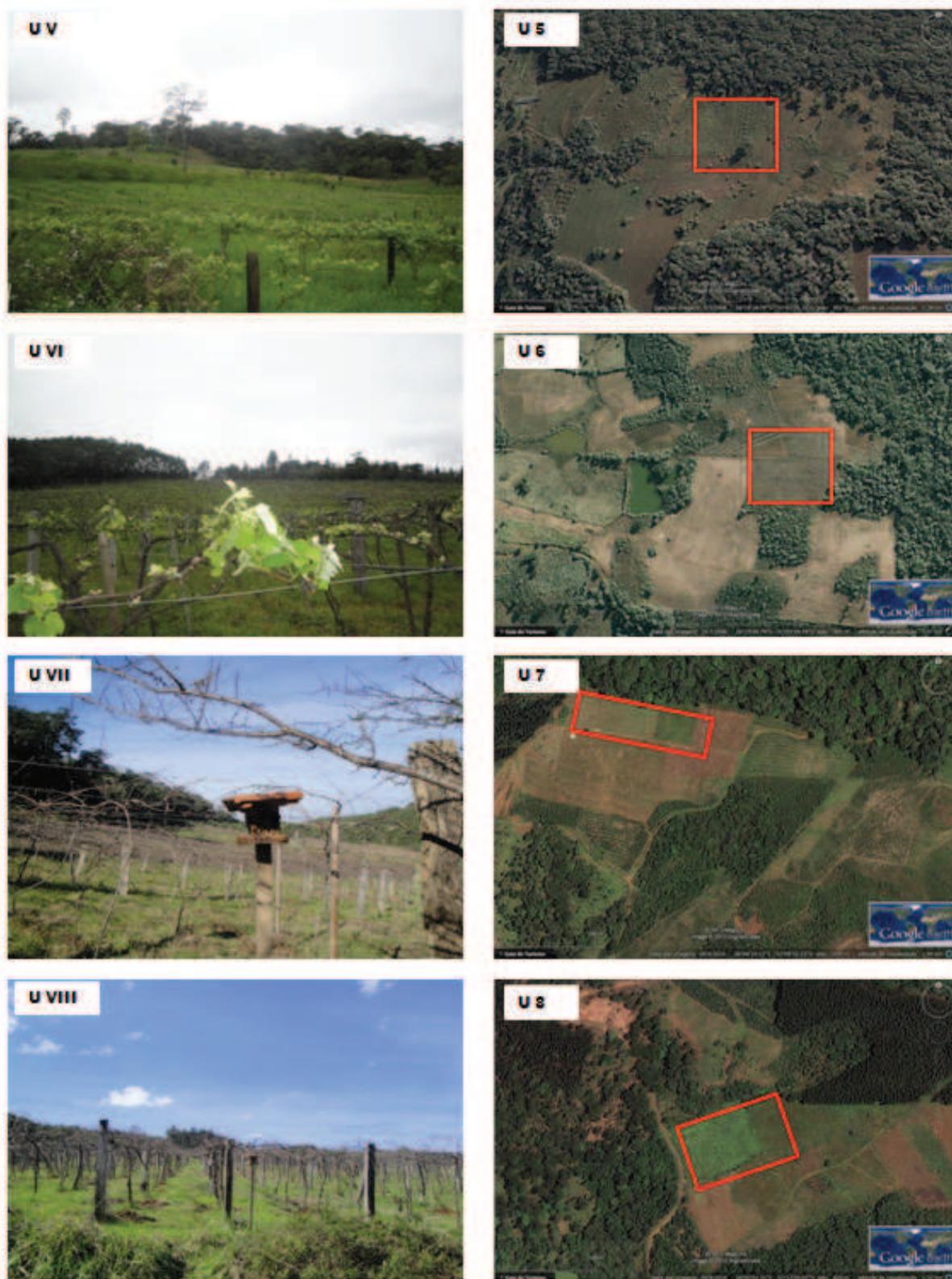


Figura 3: Vista das áreas de cultivo de uva (imagens à direita modificadas de Google Earth - altitude de visualização - 1700m): U5 (U V) e U6 (U VI) localizadas em Porto União (SC) U7 (U VII) e U8 (U VIII) em União da Vitória (PR).

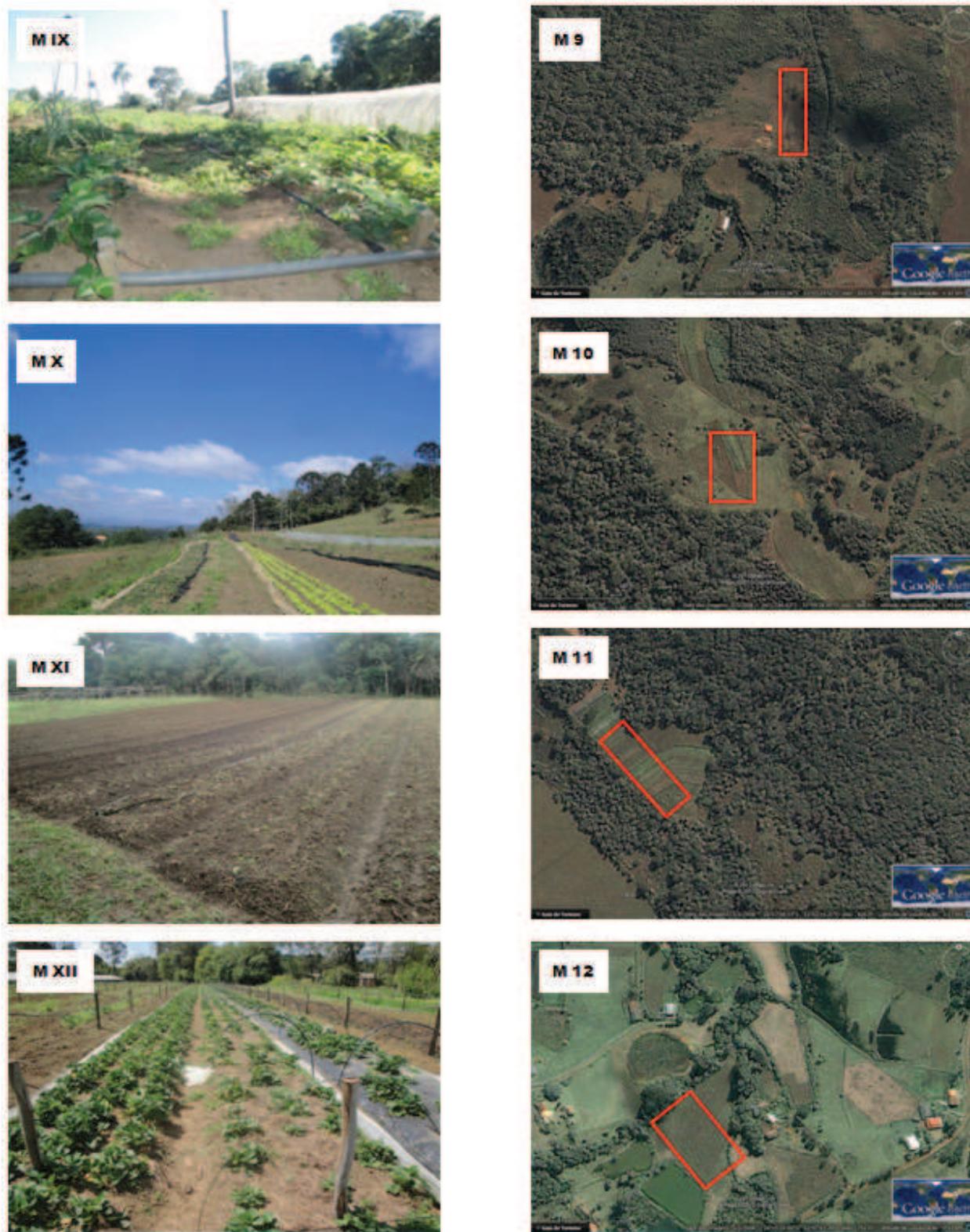


Figura 4: Vista das áreas de cultivo de morango (imagens à direita modificadas de Google Earth altitude de visualização - 1600m): M 9 (IX), M 10 (X) e M 11 (XI) localizadas em Porto União -SC e M 12 (XII) em União da Vitória- PR.

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Para amostragem das abelhas e vespas foram utilizados ninhos-armadilha de madeira com dimensão de 12 x 3,5 x 2,5 cm e com um orifício interno de 8,0 cm de comprimento. Os diâmetros dos orifícios destas armadilhas eram de 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 cm. Cada ninho encontrava-se serrado ao longo do comprimento, sendo separadas em duas metades, para facilitar a observação no seu interior, as quais eram unidas por uma fita adesiva. Esses ninhos foram agrupados em um bloco maior contendo 16 ninhos-armadilha, dispostos de forma aleatória, com quatro ninhos de cada diâmetro (Figura 5).



Figura 5: Imagem dos ninhos-armadilha, em madeira, organizados em bloco.

Cada bloco foi fixado em uma estaca de madeira a 1,5 m de altura e coberto por uma telha. Nas áreas de floresta os ninhos foram instalados a 50 m de distância da borda, seguindo em direção ao interior do fragmento e uma distância de 50 metros entre cada bloco. A disposição dos blocos nos cultivos de uva foi realizada ao redor de cada parreiral, e nos cultivos de morango ao redor dos canteiros e a 30

m de distância entre cada bloco (distância máxima obtida para ser padronizada entre as áreas de cultivo). Cada área recebeu seis blocos, totalizando 1152 ninhos em campo.

As armadilhas foram inspecionadas quinzenalmente, de agosto de 2011 a julho de 2012, com auxílio de otoscópio. Cada ninho ocupado era retirado e substituído por outro do mesmo diâmetro e vazio. Posteriormente, aqueles ocupados eram transportados para o laboratório de Ecologia da Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras de União da Vitória e mantidos até a emergência dos adultos. Após a emergência, os indivíduos foram mortos, alfinetados, etiquetados e identificados.

O material foi identificado com auxílio de especialistas de diferentes instituições: Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (Universidade Federal do Paraná), Bolívar Rafael Garcete Barrett (Universidade Federal do Paraná), Roberto Cambra (Universidade do Panamá), Dr. Carlos José Einicker Lama (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo), a Dra. Angélica Maria Penteado Dias (Universidade Federal de São Carlos).

2.3 ANÁLISES DOS DADOS

A normalidade de todas as variáveis analisadas neste trabalho foi testada por meio de Kolmogorov-Smirnov (The R Foundation for Statistical Computing).

2.3.1 Frequência de ocorrência e dominância das espécies

A frequência de ocorrência (FO) e a dominância das espécies (D) foram calculadas para cada ambiente (fragmento de floresta, cultivo de uva e cultivo de morango), de acordo com Palma (1975):

Frequência das espécies:

FO = (número de amostras com a espécie i ÷ número total de amostras) x 100.

Onde:

Se $FO \geq 50\%$, a espécie é classificada como espécie primária;

Se $50\% \geq FO \geq 25\%$, a espécie é classificadas como espécie secundária;

Se $25\% \geq FO$, a espécie é classificada como espécie acidental.

Dominância de espécies:

$$D = (\text{abundância da espécie } i \div \text{abundância total}) \times 100.$$

Onde: $D > 5\%$ a espécie é classificada como espécie dominante, $2,5\% < D < 5\%$ a espécie é classificada como espécie assessoria, $D < 2,5\%$ a espécie é classificada como espécie acidental. Segundo Palma (1975) esses índices em conjunto podem ser usados para agrupar espécies em três categorias: espécies comuns, espécies intermediárias e espécies raras.

2.3.2 Diversidade Alfa (α)

Para estimar a diversidade alfa das comunidades de abelhas e vespas que nidificaram nos ninhos-armadilha nas áreas de estudo amostradas foram utilizados três índices:

Riqueza de Margalef (D_{mg})

É um índice simples que considera somente o número de espécies ($S-1$) e o logaritmo (natural) do número total de indivíduos (Magurran, 2004), sendo estimado pela seguinte equação:

$$D_{mg} = S - 1 / \text{Log } N$$

Diversidade de Shannon-Wiener (H')

Este considera tanto a uniformidade (equitabilidade) quanto a riqueza de espécies, ou seja, expressa conjuntamente o número de espécies ponderado pela proporção com que elas estão representadas, determinando a biodiversidade da comunidade. Este índice dá menos peso para as espécies raras do que às comuns e é obtido pela equação (que expressa conjuntamente o número de espécies ponderado pela proporção com que elas estão representadas (Ludwig e Reynolds, 1988), calculado pela fórmula:

$$H' = - \sum p_i \cdot \text{Log } p_i$$

Onde:

p_i = proporção da espécie i , estimada como (n_i/N) ;

n_i = número de indivíduos da espécie i , (número de indivíduos, biomassa);

N = número total de indivíduos.

Equitabilidade de Pielou

Expressa o modo como o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies (Ludwig e Reynolds, 1988). O valor da equitabilidade pode variar de 0 (zero) ao valor máximo de 1 (um), e é expresso pela seguinte equação:

$$E = H / H_{\text{máx}}$$

Onde:

$H_{\text{máx}}$ = índice de diversidade máxima ($H_{\text{máx}} = \log S$);

S = número de espécies;

H = índice de diversidade de Shannon-Wiener.

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) com a finalidade de testar a hipótese nula de não haver diferenças significativas entre os valores médios dos índices obtidos para as diferentes amostras.

2.3.3 Diversidade Beta (β)

Para avaliar o grau de semelhança entre as áreas quanto à composição (presença e ausência) das espécies utilizou-se o coeficiente de similaridade de Jaccard, descrito por Ludwig e Reynolds (1988), expresso pela equação:

$$S = C / A + B + C.100$$

Onde:

A = número de espécies exclusivas para uma determinada área (A);

B = número de espécies exclusivas para uma determinada área (B).

C = número de espécies em comum;

Para avaliar as mudanças na composição de espécies entre as áreas, foi realizada uma análise de agrupamento usando o coeficiente de distância de Bray-

Curtis como uma métrica e método de grupo par da média não ponderada, utilizando-se UPGMA (*Unweight Pair-Group Method Average*) como método de agrupamento (Ludwig e Reynolds 1988). O coeficiente de correlação cofenético (r) foi calculado para avaliar a adequação dos dendrogramas. As matrizes de similaridade foram comparadas pelo teste de Mantel. As análises foram realizadas pelo programa NTSYSpc, versão 2.0.

2.3.4 Dados abióticos

Foram realizadas análises de correlação de Pearson (Zar, 1999) entre a abundância e a riqueza de vespas e abelhas e os dados abióticos, a partir dos valores mensais de número de ninhos fundados e valores mensais de temperatura e precipitação.

Os dados climáticos para a região de estudo foram obtidos pela EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, CIRAM.

3 RESULTADOS

3.1 ABUNDÂNCIA DE ABELHAS E VESPAS

Foram coletados 846 ninhos fundados por 12 espécies de vespas e seis de abelhas. A maioria dos ninhos foi fundado pelas vespas (n=774; 91,5%) e o restante (n=72; 8,5%) pelas abelhas (Figura 6).

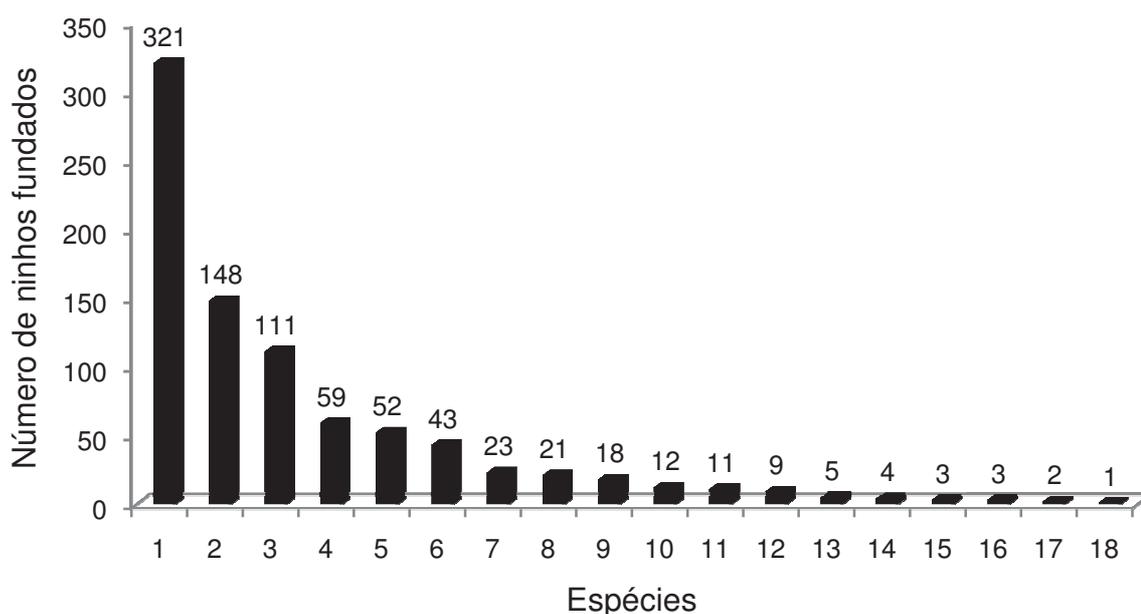


Figura 6: Número de ninhos de abelhas e vespas fundados nas 12 áreas de estudo, nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012. Onde: 1: *Trypoxylon opacum*, 2: *Pachodynerus guadulpensis*, 3: *Trypoxylon lactitarse*, 4: *Auplopus subaurarius*, 5: *Pachodynerus nasidens*, 6: *Centris tarsata*, 7: *Trypoxylon agamennom*, 8: *Isodontia constipennis*, 9: *Epanthidium autumnale*, 10: *Ancistrocerus flavomarginatus*, 11: *Pisoxylon sp.*, 12: *Monobia angulosa*, 13: *Megachile pleuralis*, 14: *Hypodynerus duckei*, 15: *Megachile sp1*, 16: *Zethus plaumanni*, 17: *Epanthidium nectarinioides*, 18: *Hylaeus sp.*

As vespas estão distribuídas em quatro famílias, sendo Vespidae aquela com maior número de espécies (6), seguida por Crabronidae (4), Pompilidae (1) e Sphecidae (1). A família Crabronidae apresentou o maior número de ninhos fundados 466 (55%), seguida por Vespidae (27%), Pompilidae (7%) e Sphecidae (2,5%) (Figura 7).

Com relação às abelhas, elas se distribuíram em três famílias, sendo Apidae com o maior número de ninhos fundados (n=43) com apenas uma espécie (*C. tarsata*), Megachilidae aquela com maior número de espécies (4) e com 28 ninhos fundados e Colletidae foi representada por uma espécie e somente um ninho fundado (Figura 8).

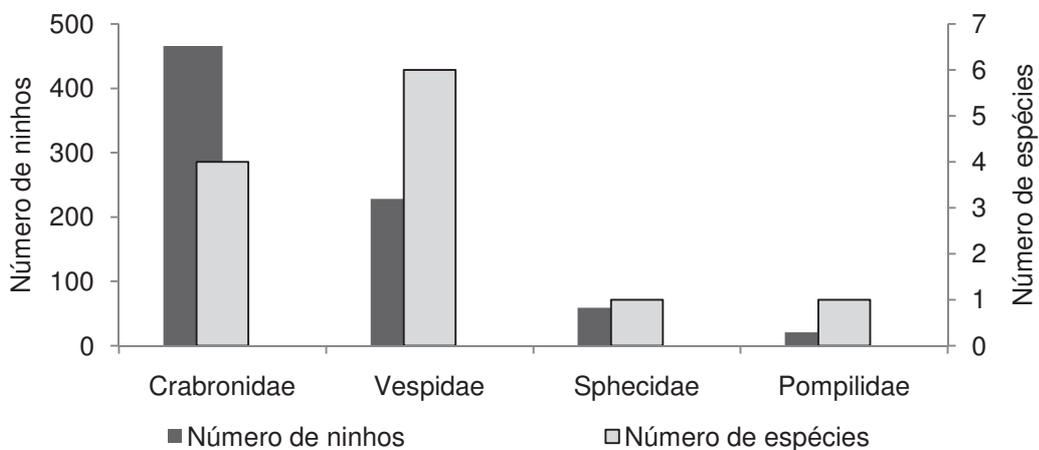


Figura 7: Número de ninhos fundados por família de vespas e número de espécies para cada família nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.

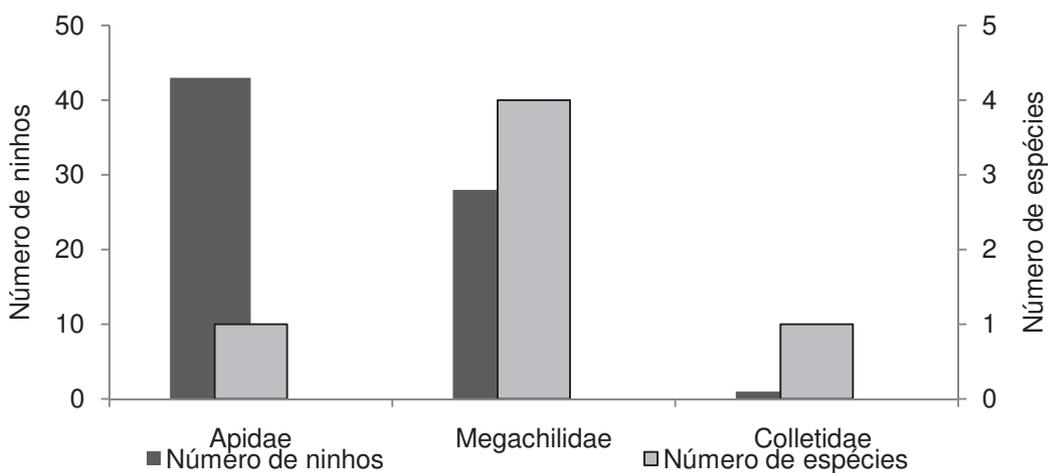


Figura 8: Número de ninhos fundados por família de abelhas e número de espécies para cada família nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.

3.2 DOMINÂNCIA E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES

Nos fragmentos de floresta 193 ninhos foram fundados, por 11 espécies, sendo 10 de vespas e uma de abelha. Neste ambiente foram registradas somente espécies intermediárias e raras. Nas áreas de cultivo de uva também foram registradas 11 espécies sendo, oito de vespas e três de abelhas e o número de fundações foi o mais alto (n=358). Somente duas espécies foram classificadas como comuns e nas áreas de cultivo de morango foram fundados 295 ninhos por nove espécies, sendo seis de vespas e três de abelhas.

Do total de espécies, apenas *T. opacum*, *T. lactitarse*, *P. guadulpensis*, *P. nasidens* e *A. subaurarius* foram amostradas nos três ambientes. *T. agamennom*, *A. flavomarginatus*, *Pisoxylon* sp., *H. duckei*, *Z. plaumanni* e *Hylaeus* sp. fundaram ninhos somente no ambiente de floresta, *Megachile* sp1, *Monobia angulosa* e *E. nectarinioides* ambiente com cultivo de uva e *M. pleuralis* em ambiente de cultivo de morango.

Tabela 1: Frequência de ocorrência e dominância das espécies de abelhas e vespas solitárias em três ambiente (floresta, uva e morango) amostradas com ninhos-armadilha entre ago/2011 e jul/2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC).

Espécies	Floresta			Uva			Morango		
	DO	FO		DO	FO		DO	FO	
Crabronidae									
<i>Trypoxylon agamennom</i> Richards	11,91	20,83	Intermediária	0	0	_____	0	0	_____
<i>Trypoxylon opacum</i> Brèthes	5,7	16,66	Intermediária	41,06	58,33	Comum	55,25	54,16	Comum
<i>Trypoxylon lactitarse</i> Saussure	26,42	37,5	Intermediária	12,29	33,3	Intermediária	5,42	33,3	Intermediária
<i>Pisoxylon sp.</i>	5,7	20,83	Intermediária	0	0	_____	0	0	_____
Vespidae									
<i>Ancistrocerus flavomarginatus</i> Brèthes	6,2	29,16	Intermediária	0	0	_____	0	0	_____
<i>Hypodynerus duckei</i> Bertoni	2,07	12,5	Rara	0	0	_____	0	0	_____
<i>Monobia angulosa</i> Saussure	0	0	_____	2,51	16,66	Intermediária	0	0	_____
<i>Pachodynerus guadulpensis</i> Bohart e Stange	5,7	25	Intermediária	18,43	54,16	Comum	24,06	50	Comum
<i>Pachodynerus nasidens</i> Latreille	7,25	20,83	Intermediária	4,46	20,83	Intermediária	7,45	37,5	Intermediária
<i>Zethus plaumanni</i> Bohart e Stange	1,55	12,5	Rara	0	0	_____	0	0	_____
Sphecidae									
<i>Isodontia constipennis</i> Spinola	0	0	_____	4,46	20,83	Intermediária	1,69	12,5	Rara
Pompilidae									
<i>Auplopus subaurarius</i>	26,94	37,5	Intermediária	1,67	8,33	Rara	0,34	4,16	Rara

Espécies	Floresta			Uva			Morango		
	DO	FO		DO	FO		DO	FO	
Apidae									
<i>Centris tarsata</i> Smith	0	0	_____	9,2	25	Intermediária	3,38	12,5	Intermediária
Megachilidae									
<i>Epanthidium autumnale</i> Schrottky	0	0	_____	4,46	25	Intermediária	0,68	8,33	Rara
<i>Epanthidium nectarinioides</i> Schrottky	0	0	_____	0,56	4,16	Rara	0	0	_____
<i>Megachile pleuralis</i> Vachal	0	0	_____	0	0	_____	1,69	8,33	Rara
<i>Megachile (Chrysosarus) sp1</i>	0	0	_____	0,84	8,33	Rara	0	0	_____
Colletidae									
<i>Hylaeus sp.1</i>	0,52	4,16	Rara	0	0	_____	0	0	_____

Tabela 2: Número de ninhos por espécies de abelhas e vespas e médias para os valores de Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') e de Margalef (DMg) em ambientes de floresta, cultivo de uva e morango no período de ago/2011 a jul/2012.

Espécies	Fragmento de floresta	Cultivo de uva	Cultivo de morango
Crabronidae			
<i>Trypoxylon agamennom</i> Richards	23	0	0
<i>Trypoxylon opacum</i> Brèthes	11	147	163
<i>Trypoxylon lactitarse</i> Saussure	51	44	16
<i>Pisoxylon</i> sp.	11	0	0
Vespidae			
<i>Ancistrocerus flavomarginatus</i> Brèthes	12	0	0
<i>Hypodynerus duckei</i> Bertoni	4	0	0
<i>Monobia angulosa</i> Saussure	0	9	0
<i>Pachodynerus guadulpensis</i> Bohart e Stange	11	66	71
<i>Pachodynerus nasidens</i> Latreille	14	16	22
<i>Zethus plaumanni</i> Bohart e Stange	3	0	0
Sphecidae			
<i>Isodontia constipennis</i> Spinola	0	16	5
Pompilidae			
<i>Auplopus subaurarius</i>	52	6	1
Apidae			
<i>Centris tarsata</i> Smith	0	33	10
Megachilidae			
<i>Epanthidium autumnale</i> Schrottky	0	16	2
<i>Epanthidium nectarinioides</i> Schrottky	0	2	0
<i>Megachile pleuralis</i> Vachal	0	0	5
<i>Megachile (Chrysosarus)</i> sp1	0	3	0
Colletidae			
<i>Hylaeus</i> sp.	1	0	0
Total de ninhos	193	358	295
Total de espécies (S)	11	11	9
Margalef (DMg)	4,38	3,92	3,65
Pielou (J')	0,68	0,62	0,46
Shannon-Wiener (H')	1,984	1,802	1,328

3.3 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

O número de espécies nos fragmentos de floresta ($S=11$) e nas áreas de cultivo de uva ($S=11$) foi igual, sendo menor nas áreas de cultivo de morango ($S=9$). Contudo, esta diferença de riqueza de espécies entre os ambientes não se mostrou estatisticamente significativa ($F=2,500$, $p=0,1369$ $gl=2$). Não houve diferença significativa entre a diversidade α para os valores de Shannon-Wiener dos fragmentos de floresta e das áreas de uva ($F=0,704$; $p=0,051$, $gl=1$). A diversidade de Shannon-Wiener nas áreas de morango foi significativamente menor em relação às áreas de floresta ($F=14,64$; $p=0,008$; $gl=1$) e comparado as áreas de uva ($F=8,63$; $p=0,026$; $gl=1$) (Figura 9).

Com relação ao índice de equitabilidade não houve diferença significativa entre os ambientes de floresta e uva. O ambiente de cultivo de morango apresentou a menor equitabilidade em relação à floresta e uva ($F=9,76$, $p=0,005$, $gl=2$).

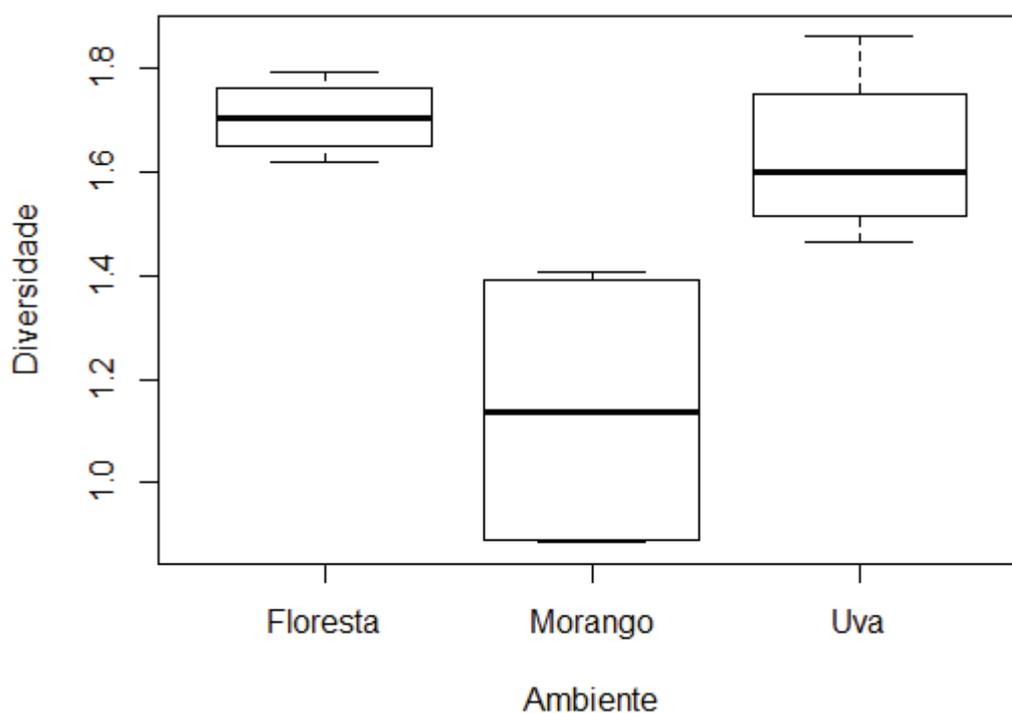


Figura 9: Média dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e respectivos desvios-padrão para os fragmentos de floresta, áreas de cultivo de morango e áreas de cultivo uva.

3.4 SIMILARIDADE ENTRE OS AMBIENTES

A maior similaridade encontrada com relação à composição e abundância das espécies, diversidade beta (β), foi entre as áreas de uva e morango (19% de dissimilaridade), sendo os ambientes de florestas os mais dissimilares (74% de dissimilaridade) (Figura 10).

Com relação à presença - ausência de espécies nos três ambientes, a maior similaridade foi encontrada também entre ambientes de cultivo uva e de cultivo de morango ($J_c=0,666$), sendo menor entre os ambientes de floresta e cultivo de morango ($J_c=0,333$) e entre floresta e cultivo de uva ($J_c=0,294$).

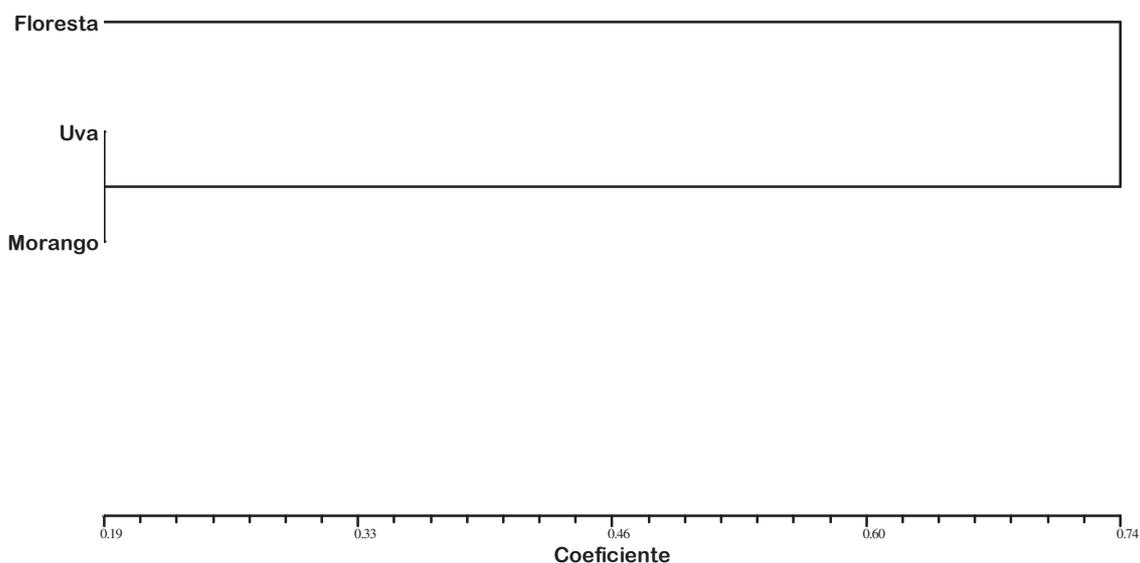


Figura 10: Dendrograma de dissimilaridade construído a partir do coeficiente de Bray-Curtis entre os ambientes de floresta, cultivo de uva e cultivo de morango ($r=0,9887$).

3.5 DISTRIBUIÇÃO SAZONAL E FATORES ABIÓTICOS

As nidificações nos ambientes de floresta e no cultivo de uva tiveram início no mês de setembro, e no ambiente de cultivo de morango no mês de outubro. Em todos os ambientes a taxa de nidificação foi maior no mês de janeiro ($n=24,8\%$) que correspondeu ao período de temperaturas mais altas (Figura 11).

O número de ninhos fundados por estes insetos apresentou correlação positiva com os valores médios mensais de temperatura ($r=0,344$, $t=7,768$ $p=0,0001$)

e ausência de correlação com os valores médios mensais de precipitação ($r=0,1007$; $t= 0,9646$; $p=0,3599$) (Figuras 12).

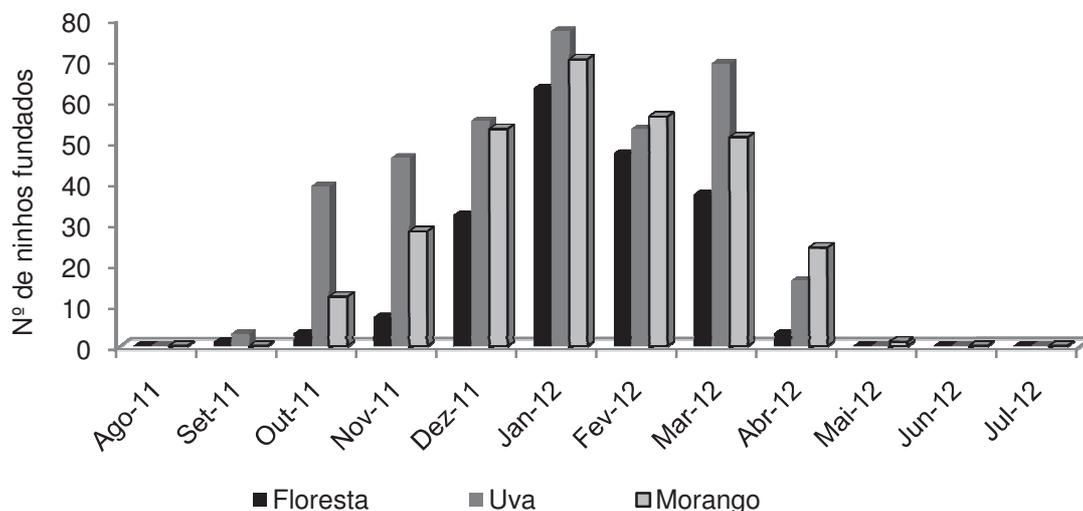


Figura 11: Número de ninhos fundados nos ambientes de floresta, áreas de cultivo de uva e morango entre agosto/2011 e julho/2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC).

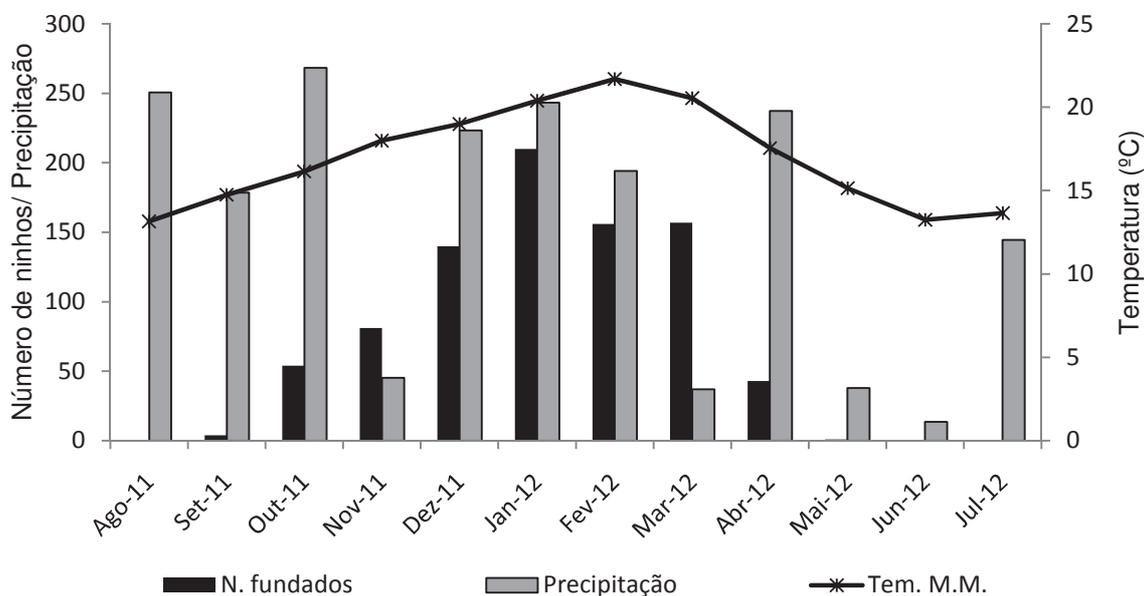


Figura 12: Número de ninhos fundados por abelhas e vespas e médias mensais de temperaturas (°C) e precipitação (mm) nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC) entre agosto de 2011 e julho de 2012.

Fonte de dados abióticos: EPAGRI

4 DISCUSSÃO

A ocupação de ninhos-armadilha por abelhas e vespas solitárias neste trabalho seguiu o padrão encontrado em outros trabalhos em que poucas espécies são abundantes e a maior parte das espécies foi rara. Esse padrão tem sido reportado também para abelhas e/ou vespas que nidificam em cavidades preexistentes (Camillo et al., 1995; Assis e Camillo, 1997; Garófalo, 2000; Morato e Campos 2000; Vianna et al. 2001; Budriene et al., 2004; Aguiar et al., 2005; Buschini, 2006; Garófalo, 2008; Buschini e Woiski, 2008) sugerindo que este padrão deve ser comum nas comunidades animais e vegetais (Krebs, 1994).

Levando-se em consideração os três ambientes, verificou-se um maior número de ninhos fundado por vespas do que por abelhas. Outros estudos com ninhos-armadilhas também encontraram uma maior ocupação dos ninhos por vespas do que abelhas (Tscharntke et al. 1998, Morato e Campos 2000; Loyola e Martins 2006, Woiski, 2009, Pires et al. 2012 Melo e Zanella 2012).

Em estudos realizados no Brasil com ninhos-armadilhas a riqueza e diversidade de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes têm variado amplamente. Essas variações têm sido atribuídas a diversos fatores como estão à localização dos sítios de amostragem (Aguiar e Martins, 2002), a disponibilidade do local para construção de ninhos (Morato e Campos, 2000), abundância de recursos disponíveis para provisionamento dos ninhos e material de construção (Alves dos Santos, 2003), além das diferenças devidas à própria composição e abundância das espécies de cada ambiente estudado (Aguiar e Martins, 2002).

Comparando os resultados encontrados com outros estudos realizados para região Sul do Brasil, Buschini (2006) registrou 11 espécies de abelhas em Guarapuava, no estado do Paraná, Krug (2007) cinco espécies de abelhas no município de Porto União, estado de Santa Catarina Buschini e Woiski (2008) 21 espécies de vespas em Guarapuava, Paraná e Woiski (2009) oito espécies de vespas e cinco de abelhas em Curitiba, Paraná.

Neste estudo, entre às espécies de vespas, o gênero *Trypoxylon* Latreille, 1796 foi o mais abundante. Outros estudos realizados no Brasil também relatam espécies deste gênero entre as mais numerosas dentre as vespas solitárias que

nidificam em cavidades preexistentes (Camillo et al., 1993, 1994, 1995; Assis e Camillo, 1997, Morato e Campos, 2000; Bunschini e Woiski, 2008).

Das espécies amostradas para esse gênero, *Trypoxylon opacum* foi a mais abundante nos ninhos-armadilha. Quanto à composição de espécies nos ambientes, semelhante aos resultados encontrados por Buschini e Woiski (2008), em um estudo realizado em Guarapuava (PR), *Trypoxylon agamemnom* ocorreu somente em fragmentos de floresta e *Trypoxylon lactitarse* teve a maior abundância neste ambiente. Por outro lado, *Trypoxylon opacum* que foi registrada somente em áreas abertas por Buschini e Woiski, (2008), neste estudo, ainda que com uma baixa representatividade foi registrada em áreas de floresta.

Alguns estudos demonstram que espécies de *Trypoxylon* parecem apresentar preferência por habitats com modificações antrópicas. Estudos realizados em outras regiões do Brasil registraram uma maior ocorrência destas espécies em cultivos agrícolas (Camillo et al., 1995; Assis e Camillo, 1997) e pastagens (Assis e Camillo, 1997; Camillo et al., 1995; Morato e Campos, 2000).

Outro gênero que teve destaque foi *Pachodynerus* (Vespidae - subfamília Eumeninae), sendo *P. gadulpensis* a espécie mais frequente, entre os Eumeninae essa espécie também foi a mais abundante no estudo de Buschini e Woiski (2008). Representantes do gênero *Pachodynerus* foram amostrados para os três ambientes, mas foram mais frequentes nas áreas de cultivo de uva e morango. Segundo Klein et al. (2002) a dominância de uma espécie de Eumeninae na comunidade por eles estudada pode ser consequência da maior disponibilidade de presas que aumentava de acordo com o aumento na intensidade no uso da terra, desse modo, em ambientes antropogênicos essas vespas dispõem de uma maior abundância de recursos, incluindo lagartas usadas para o provisionamento das células.

Para as espécies de abelhas, o gênero *Centris* está entre os mais frequentes na ocupação dos ninhos-armadilha (Perez-Maluf, 1993; Morato e Campos 2000; Viana et al., 2001; Aguiar e Martins 2002; Aguiar et al., 2005). Neste trabalho, este gênero esteve representado por *Centris tarsata*, que também foi à espécie de abelha com maior número de ninhos fundados. Também para a região Sul do Brasil, Buschini (2006) amostrou somente *C. tarsata* e esta foi à espécie de abelha mais abundante. Em um dos municípios de coleta deste trabalho (Porto União – SC) um estudo prévio com abelhas que nidificam em ninhos-armadilha foi realizado (Krug, 2007), para essa metodologia *C. tarsata* também foi à espécie mais abundante.

Essa espécie de abelha fundou ninhos somente nos cultivos de uva e morango. No estudo de Buschini (2006) *C. tarsata* também só fundou ninho em áreas abertas. Segundo Aguiar et al., (2005) essa espécie de abelha tem apresentado maior frequência de nidificação em áreas vegetação aberta e áreas de agricultura.

Estudos comparando ambientes em relação à diversidade de abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes vêm amostrando diferentes resultados. Buschini (2006) comparando três ambientes no Parque das Araucárias, Guarapuava (PR) encontrou maior diversidade de abelhas em área de campo. Também, na mesma área de estudo Buschini e Woiski (2008) verificaram uma maior diversidade de vespas também para ambiente de campo. Tylianakis et al. (2006) comparando cinco ambientes no Equador, encontraram uma maior diversidade de destas guildas de abelhas e vespas em áreas de pastagem e cultivo de arroz. Klein et al. (2002) encontraram maior diversidade nos ambientes alterados em relação aos ambientes naturais e Steffan-Dewenter e Leschke (2003) comparando diferentes ambientes não encontraram diferença significativa na diversidade.

Neste estudo o menor valor de diversidade de Shannon foi encontrado para o ambiente de cultivo de morango, um dos fatores que pode ter influenciados para este resultado é a elevada incidência de *T. opacum* e *P. gualdupensis*, espécies que somaram juntas 79% dos ninhos fundados neste ambiente, colaborando para que este ambiente apresenta-se a menor diversidade e equitabilidade de espécies.

Segundo Debinski e Holt (2000) a fisionomia da vegetação é de grande importância na determinação da diversidade e composição das espécies em uma comunidade. Contudo, em muitos casos a matriz do entorno de um fragmento de habitat pode oferecer recursos necessários a sobrevivência de uma espécie como recursos alimentares ou locais e materiais de nidificação (Steffan-Dewenter et al., 2002).

As áreas de cultivo de uva que correspondem à parte dos ambientes cultivados deste estudo localizavam-se próximas a fragmentos de matas nativas que desse modo poderiam fornecer recursos alimentares e materiais para construção dos ninhos. Além disso, as áreas de uva e morango pertencem ao sistema orgânico de culturas, que segundo Bengtsson et al., (2005) tem minimizado os impactos sobre a densidade e diversidade de insetos comparados ao sistema convencional de manejo.

Segundo Holzschuh et al., (2007) as abelhas se beneficiam da ausência de agrotóxicos e por alta abundância e diversidade de plantas com flores em cultivos orgânicos, além disso, vespas predadoras podem ser beneficiadas em campos orgânicos pela alta abundância de aranhas, larvas de lepidópteras e outros artrópodes que são utilizados no provisionamento dos ninhos (Tscharntke et al. 1998; Schmidt et al. 2005). Desse modo, as alterações de habitat podem ser amenizadas nestes ambientes devido à técnica de manejo empregada.

A maior similaridade verificada entre o cultivo de uva e morango quanto ao conjunto de espécies amostradas, as quais compartilharam oito espécies em comum, com *T. opacum* e *P. guadulpensis* sendo as espécies mais abundantes nos dois tipos de cultivo. Por outro lado, o ambiente de floresta apresentou somente cinco espécies em comum com ambiente de cultivo de morango e ambiente de cultivo de uva, além disso, as espécies mais abundantes para este ambiente foram *Trypoxylon lactitarse* e *Auplopus subaurarius*.

Resultados semelhantes foram encontrados por Buschini (2006) para abelhas em ninhos-armadilhas e Buschini e Woiski (2008) para vespas em que áreas abertas (campos e várzea) apresentaram maior similaridade em relação à abundância e presença/ausência de espécies. Essa semelhança entre os ambientes cultivados pode estar relacionada a fatores ambientais como taxa de insolação, recursos alimentares, ou ainda, como verificado estes ambientes apresentaram um maior número de espécies em comum, este fato pode estar relacionado à preferência das espécies por ambientes abertos (Dangerfield et al. 2003).

Os resultados encontrados com relação a influência dos fatores abióticos nas atividades de nidificação foram semelhantes a outros estudos com Hymenoptera que nidificam em ninhos-armadilha com maior frequência no período quente (Camilo et al., 1995; Jesus e Garófalo 2000; Garófalo, 2000; Alves-dos-Santos, 2003; Thiele, 2005; Aguiar et al., 2005; Marchi, 2008). As vespas e abelhas solitárias possuem uma baixa capacidade termorregulatória e assim, sugere-se que baixas temperaturas poderiam afetar de forma negativa o desempenho destes insetos em suas atividades (Loyola e Martins, 2006).

A ausência de atividade de nidificação nos meses mais frios pode ser atribuída segundo Martins et al. (2001) ao fato que em períodos com temperaturas baixas, muitos insetos permanecem em diapausa, que pode ser uma estratégia de sobrevivência em períodos desfavoráveis.

Flutuações nas frequências anuais de nidificação e ocorrência de sazonalidade são características populacionais relacionadas com fatores climáticos e disponibilidade de recursos alimentares e para construção de ninhos (Tommasi et al., 2004; Oertli et al., 2005) e têm sido reportadas por vários autores (Camillo et al., 1995; Assis e Camillo, 1997; Gazola, 2003) trabalhando com ninhos-armadilha. Segundo Begon et al. (1996) fatores abióticos como temperatura podem ainda influenciar outras variáveis ambientais como a produtividade dos ecossistemas, que desse modo, pode afetar a disponibilidade de recursos para a construção e provisionamento dos ninhos (barro, presas, pólen) e desse modo afetam indiretamente a nidificação de abelhas e vespas solitárias (Loyola e Martins, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com um significativo aumento no número de artigos publicados com enfoque no estudo da comunidade de abelhas e vespas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes, mais estudos são necessários para compreender como estas espécies podem ser afetadas com as modificações da estrutura dos habitats.

Ainda que a diversidade de espécies entre os diferentes ambientes não sofra alterações, a composição e abundância das espécies pode ser afetada. A composição e abundância das espécies nos ambientes pode estar relacionada ao fato de que cada espécie apresenta características próprias e a presença destas em cada ambiente pode ser determinada também por outros fatores como a presença de recursos para alimentação da prole, materiais para construção de ninhos, bem como disponibilidade de locais para nidificação.

Apesar da frequência de nidificação apresentar-se positivamente correlacionada com a temperatura mensal, esse não pode ser o único fator considerado para determinar a composição, distribuição das espécies durante o ano, pois diversos fatores podem estar atuando conjuntamente. Dessa forma, novas pesquisas devem ser conduzidas para tentar determinar quais fatores (estrutura da vegetação, características abióticas do ambiente, tamanho das áreas amostradas, manejo empregado nas áreas, entre outros) podem influenciar a composição das espécies e a estrutura da comunidade de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera: Aculeata).

Este estudo com diferentes estruturas dos habitats analisados (floresta, cultivos de uva e morango) contribui com informações sobre como abelhas e vespas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha respondem as alterações ambientais tanto na composição, diversidade e abundancia das espécies, assim estes resultados podem ser úteis para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo destas espécies.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.J.C.; MARTINS, C.F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 19, p. 101-116.
- AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A.; ALMEIDA, G.F. 2005. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de floresta semi-decídua e caatinga, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22: 1030-1038.
- ALVES DOS SANTOS, I. 2003. Trap-nesting bees and wasps on the university campus in Sao Paulo, southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 76 (2): 328-334.
- ASSIS, J.M.F.; CAMILLO, E. 1997. Diversidade, Sazonalidade e Aspectos Biológicos de Vespas Solitárias (Hymenoptera: Sphecidae: Vespidae) em Ninhos Armadilhas na Região de Ituiutaba, MG. *Anais da Sociedade Entomol. do Brasil*. 26 (2): 335-347.
- BEGON, M., TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. 1996. *Ecology from Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Boston.
- BENGTSSON, J.; AHNSTRO, M. J.; WEIBULL, A. C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261–269.
- BUDRIENÈ, A.; BUDRYS, E.; NEVRONYTÉ, Z. 2004. Solitary Hymenoptera Aculeata Inhabiting Trap-Nests in Lithuania: Nesting Choice and Niche Overlap. *Entomology*. 41: 19-31.
- BUSCHINI, M. L. T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in southern Brazil. *Apidologie*. v. 37, p. 58-66.
- BUSCHINI, M.L.T.; WOISKI T.D. 2008. Alpha-beta diversity in trap nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica*. 89 : 351–358.
- CALDEIRA, M.C., HECTOR, A., LOREAU, M.; PEREIRA, J.S. 2005. Species richness, temporal variability and resistance of biomass production in a Mediterranean grassland. *Oikos* 110: 115-123.
- COTTINGHAM, K.L.; BROWN, B.L.; LENNON, J.T. 2001. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters*, 4: 72-85.
- CAMILLO, E.; C.A. GARÓFALO, J.C. SERRANO. 1993. Hábitos de nidificação de *Melitoma segmentaria*, *Centris collaris*, *Centris fuscata* e *Paratetrapedia gigantea* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 37: 145-156.
- CAMILLO, E., GAROFALO, C. A.; SERRANO, J. C. 1994. Observações sobre a biologia de *Trypoxylon (Trypargilum) rogenhoferi* kohl (Hymenoptera: Sphecidae). *Anais da Sociedade Entomológica*. 23: 299–310.

- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A.; SERRANO, J.C.; MUCCILLO, G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Apocrita: Aculeata). *Revista Brasileira de Entomologia*. 39: 459-470.
- DANGERFIELD, J. M., PIK, A. J., BRITTON, D., HOLMES, A., GILLINGS, M., OLIVER, I., BRISCOE, D.; BEATTIE, A. J. 2003. Patterns of invertebrate biodiversity across a natural edge. – *Australian Ecology*. 28: 227–236.
- DAUBER, J.; HIRSCH, M.; SIMMERING, D.; WALDHARDT, R.; OTTE, A.; WOLTERS, V. 2003. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98, 321-329.
- DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biological*. 14, 342–355.
- FOLEY, J. A. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570–574.
- FRANKIE, G.W.; S.B. VINSON; L. NEWSTROM, J.F. BARTHELL. 1988. Nest site and habitat preferences of *Centris* bees in the Costa Rican dry forest. *Biotropica*, Lawrence, 20 (4): 301-310.
- GARÓFALO, C.A. 2000. Comunidades de Abelhas (Hymenoptera:Apoidea) que utilizam Ninhos-Armadilhas em fragmentos de matas do estado de São Paulo. *Anais do IV Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto*, p 121-128.
- GARÓFALO, C.A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em Ninhos-Armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Anais do VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto*, p 208-217.
- HOLZSCHUH, A; STEFFAN-DEWENTER, I; TSCHARNTKE, T. 2009. Grass strip corridors in agricultural landscapes enhance nest-site colonization by solitary wasps. *Ecology Applied*. 19: 123–132.
- HORT, J. 1990. Geografia do Município de União da Vitória, União da Vitória: UNIPORTO Gráfica e Editora Ltda.
- HOOPER, D. U. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75:3–35.
- JESUS, B.M.V.; GARÓFALO, C.A. 2000. Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 31: 503-515.
- KLEIN, R. M. 1980. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. *Sellowia*, Itajaí, v.32.
- KLEIN A.M., STEFFAN-DEWENTER I., TSCHARNTKE T. 2002 Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps, *Conservation Biological*. 16, 1003–1014.

KLEIN, A.-M., STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology*. 40:837–845.

KRAUSS, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. (2003) How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? *Journal of Biogeography*. 30, 889-900.

KREBS, C.J. 1994. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. 4ª edição. 801p.

KREMEN, C., WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA*, 99, 16812-16816.

KROMBEIN K.V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees. Life histories, nests and associates*, Smithsonian Press, Washington.

KRUG, C. 2007. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apiformes) da Mata com Araucária em Porto União-SC e Abelhas visitantes florais da aboboreira (*Cucurbita* L.) em Santa Catarina, com notas sobre *Peponapis fervens* (Eucerini, Apidae). 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience* 56, 311–323.

LOYOLA, R. D.; MARTINS, R. P. 2006. Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. *Neotropical Entomology*. v. 35, n. 1, p. 41-48.

LUDWIG, J.; REYNOLDS, J. F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley and Sons, New York.

MAACK, R. 2002. *Geografia física do estado do Paraná*. 3ª edição, Curitiba: Imprensa Oficial.

MAGURRAN, A. E. 2004. *Measuring Biology Diversity*. Blackwell Science, Oxford.

MARCHI, P. 2008. *Biologia da nidificação de abelhas solitárias em áreas de Mata Atlântica*. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas (Entomologia) - Universidade Federal do Paraná. 89 pp.

MARTINS, R.P.; GUERRA, S.T.M.; BARBEITOS, M.S. 2001. Variability in egg-to-adult development time in the bee *Ptilothrix plumata* and its parasitoids. *Ecological Entomology*. Oxford, 26: 609-616.

MCCANN, K.S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature*, 405, 228-223.

MELO, R.R.; ZANELLA, F.C. 2012. Dinâmica de Fundação de Ninhos por Abelhas e Vespas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) em Área de Caatinga na Estação Ecológica do Seridó. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, n.4, p.657-662.

MICHENER, C.D. 2000. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press Baltimore.

MORATO, E.F.; CAMPOS, L.A.O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*. 17 (2): 429-444.

OERTLI, S.; MÜLLER, A.; DORN, S. 2005. Ecological and seasonal patterns in the diversity of a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *European Journal of Entomology*. 102: 53-63.

O'NEILL, K.M. 2001. *Solitary wasps. Behavior and natural history*. London: Comstock Publishing Associates, 406 pp.

PALMA, S. 1975. Contribución al estudio de los sifonoforos encontrados frente a la costa de Valparaiso. Aspectos ecológicos. In: II Simpósio Latino americano Sobre Oceanografía Biológica, pp. 119– 133. University Dórente, Venezuela.

PÉREZ-MALUF, R. 1993. *Biologia de vespas e abelhas solitárias, em ninhos-armadilhas, em Viçosa - MG*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.

PIRES, E.F.; POMPEU, D.C.; SOUZA-SILVA, M. 2012. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) na Reserva Biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. *Uberlândia. Journal of Bioscience*. v. 28, n. 2, p. 302-311.

PURVIS A., HECTOR A. 2000. Getting the measure of biodiversity, *Nature* 405, 212–219.

RIBAS, C.R.; SOBRINHO, T.G.; SCHROEREDER, J.H.; SPERBER, C.F.; LOPES-ANDRADE, C.; SOARES, S.M. 2005. How large is large enough for insects? Forest fragmentation effects at three spatial scales. *Acta Oecologica* 27, 31-41.

ROCHA, P.S.M. *Estratégias de desenvolvimento sustentável para o turismo local: um estudo de caso do projeto turístico de União da Vitória-Paraná*, (Dissertação de mestrado, não publicada), Centro Universitário Positivo – UNICENP, Curitiba, Paraná, 2003.

RODRIGUEZ, M. A.; HAWKINS. B. A. 2000. Diversity, function and stability in parasitoid communities. *Ecology Letters* 3:35–40.

SANTA CATARINA. 1984. *Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul. Mapeamento dos solos de Santa Catarina*. SUDESUL.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation – a review. *Conservation Biology* 5, 18–32.

SCHMIDT, M.H.; ROSCHEWITZ, I.; THIES, C.; TSCHARNTKE, T. 2005. Differential effects of landscape and management on diversity and density of grounddwelling farmland spiders. *Journal of Applied Ecology*. 42, 281–287.

STEFFAN-DEWENTER, I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology*. 27: 631-637.

STEFFAN-DEWENTER, I.; LESCHKE, K. 2003. Effects of habitat management on vegetation and above-ground nesting bees and wasps of orchard meadows in Central Europe. *Biodiversity and Conservation*. 12: 1953–1968.

THIELE, R. 2005. Phenology and nest site preferences of wood-nesting bees in a Neotropical lowland rain forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 40: 39-48.

TOMMASI, D.; MIRO, A.; HIGO, H.A.; WINSTON, M.L. 2004. Bee diversity and abundance in an urban setting. *The Canadian Entomologist*. 136: 851-869.

TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. 1998. Bioindication using trap-nests bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*. 35: 708-719.

TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KRUESS, A.; THIES, C. 2002. Characteristics of insect populations on habitat fragments - a mini review. *Ecological Research*, 17, 229–239.

TSCHARNTKE, T.; BRANDL, R. 2004. Plant–insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology*, 49, 405–430.

TYLIANAKIS, J. M.; KLEIN, A.-M.; TSCHARNTKE, T. 2005. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*. 86:3296–3302.

TYLIANAKIS, J.M.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; 2006. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*. 87: 3047–3057.

VIANA, B.F.; SILVA, F.O.; KLEINERT; A.M.P. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no nordeste do Brasil. *Neotropical Entomology*. vol.30, no.2, p.245-251.

ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs, NJ. 2nd Edition.

WOISKI, T. D. 2009. Estrutura da comunidade de vespas e abelhas solitárias em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista. Dissertação de Mestrado. Curitiba, UFPR.

WILLIS, K.J.; WHITTAKER, R.J. 2002. Species diversity – scale matters. *Science*, 295, 1245–1248.

APÊNDICES

Apêndice A

Tabela 3: Número de ninhos fundados por abelhas e vespas em cada área de amostragem durante os meses de agosto de 2011 e julho de 2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC). FI, FII, FIII e FIV correspondente aos quatro fragmentos de floresta, U V, U VI, UVII e UVIII as quatro áreas de cultivo de uva e MIX, MX, MXI e MXII às quatro áreas de cultivo de morango.

Espécies	FI	FII	FIII	FIV	UV	UVI	UVII	UVIII	MIX	MX	MXI	MXII	Total
Crabronidae													
<i>Trypoxylon agamenom</i> Richards	15	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
<i>Trypoxylon opacum</i> Brèthes	-	-	6	5	58	31	43	15	37	42	48	36	321
<i>Trypoxylon lactitarse</i> Saussure	9	15	11	16	9	3	21	11	8	1	5	2	111
<i>Pisoxylon</i> sp.	3	7	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Vespidae													
<i>Ancistrocerus flavomarginatus</i> Brèthes	-	2	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	12
<i>Hypodynerus duckei</i> Bertoni	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Monobia angulosa</i> Saussure	-	-	-	-	2	7	-	-	-	-	-	-	9
<i>Pachodynerus gadulpensis</i> Bohart e Stange	4	4	-	3	16	6	16	28	30	6	22	13	148
<i>Pachodynerus nasidens</i> Latreille	-	4	6	4	5	7	4	-	4	13	2	3	52
<i>Zethus plaumanni</i> Bohart e Stange	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Sphecidae													

Espécies	FI	FII	FIII	FIV	UV	UVI	UVII	UVIII	MIX	MX	MXI	MXII	Total
<i>Isodontia constipennis</i> Spinola	-	-	-	-	-	9	6	1	-	-	5	-	21
Pompilidae													
<i>Auplopus subaurarius</i>	18	19	4	11	3	3	-	-	-	-	1	-	59
Apidae													
<i>Centris tarsata</i> Smith	-	-	-		8	3	8	14	7	-	3	-	43
Megachilidae													
<i>Epanthidium autumnale</i> Schrottky	-	-	-	-	6	1	7	2	2	-	-	-	18
<i>Epanthidium nectarinioides</i> Schrottky	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Megachile pleuralis</i> Vachal													
<i>Megachile (Chrysosarus) sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5
Colletidae													
<i>Hylaeus sp.</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Total (N)	53	59	37	44	109	73	105	71	88	62	91	54	846
Número de espécies (S)	7	8	6	8	9	10	7	6	6	4	8	4	18

Apêndice B

Tabela 4: Índices de diversidade, equitabilidade, dominância e riqueza para os ninhos fundados por abelhas e vespas em cada área de amostragem durante os meses de agosto de 2011 e julho de 2012 nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC). FI, FII, FIII e FIV correspondente aos quatro fragmentos de floresta, U V, U VI, UVII e UVIII as quatro áreas de cultivo de uva e MIX, MX, MXI e MXII às quatro áreas de cultivo de morango.

Índices	FI	FII	FIII	FIV	UV	UVI	UVII	UVIII	MIX	MX	MXI	MXII
Diversidade (H')	1,62	1,79	1,68	1,73	1,56	1,86	1,64	1,46	1,37	0,88	1,40	0,89
Equitabilidade	0,56	0,62	0,58	0,59	0,53	0,64	0,56	0,50	0,47	0,30	0,48	0,31
Dominância	0,44	0,38	0,42	0,41	0,47	0,36	0,44	0,50	0,53	0,70	0,52	0,69
Riqueza	1,51	1,72	1,38	1,85	1,70	2,09	1,29	1,17	1,12	0,72	1,55	0,75

CAPÍTULO 2

**REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS E VESPAS QUE NIDIFICAM EM
CAVIDADES PREEXISTENTES E SEUS RESPECTIVOS PARASITOIDES**

Resumo

As redes de interações ecológicas representam relações entre as espécies que compõem a comunidade. Cada vez mais os padrões de teias alimentares nas comunidades vêm sendo relacionadas com as mudanças na estrutura dos habitats. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a estrutura das redes de interações tróficas entre abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes e seus parasitoides associados em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista e em áreas de cultivo de uva e de morango nos municípios de União da Vitória (PR) e Porto União (SC). Para amostragem das abelhas e vespas foram utilizados ninhos-armadilha com diferentes diâmetros, agrupados em blocos. Cada bloco foi fixado em uma estaca a 1,5 m do solo, as armadilhas eram inspecionadas quinzenalmente e cada ninho ocupado era retirado e substituído por outro do mesmo diâmetro. Os ninhos ocupados foram levados para o laboratório, onde foram acompanhados até a emergência dos adultos. Emergiram 2.024 hospedeiros distribuídos em quatro espécies de abelhas e oito espécies de vespas e 342 parasitoides distribuídos em 16 espécies. A rede geral para os ambientes esteve representada por 42 interações. A comparação entre os ambientes mostrou que o cultivo de uva apresentou um padrão de interação aninhado, também foi o ambiente com maior número de interações e de espécies parasitoides. Em todos os ambientes os valores de conectância indicam redes mais generalistas. Em relação ao índice de diversidade estandardizada (H'_2), a rede para o ambiente de floresta foi a mais especialista. *Anthrax aquilus* (Diptera: Bombyllidae) apareceu como o parasitóide mais abundante e só ocorreu nas áreas de cultivo de uva e de morango. Quando as espécies foram analisadas em relação ao número de espécies e abundância de ninhos parasitados, *Mesocheira bicolor* apareceu como a espécie mais especialista entre as espécies de parasitoides ocorrendo apenas nos ninhos de *Centris tarsata*.

Palavras - chave: Redes de Interação, Ninhos-armadilha, Conectância

Abstract

The networks of ecological interactions represent relationships between species that make up the community. Increasingly patterns of food webs in the communities have been related to changes in habitat structure. The aim of this study was to characterize the structure of networks of trophic interactions between bees and wasps that nest in pre-existing cavities and their associated parasitoids in fragments of Araucaria Forest and areas of grape growing and strawberry in the municipalities of União da Vitória (PR) and Porto União (SC). For sampling of bees and wasps were used trap nests with different diameters, grouped into blocks. Each block was fixed on a stake to 1.5 m above the ground, the traps were inspected every two weeks and each occupied nest was removed and replaced by another of the same diameter. The occupied nests were taken to the laboratory where they were followed until adult emergence. 2,024 emerged hosts over four bee species and eight species of wasps and 342 parasitoid distributed in 16 species. The general network environments was represented by 42 interactions. The comparison between environments showed that grape cultivation showed a pattern of interaction nested, was also the environment with the highest number of interactions and parasitoid species. In all environments connectance values indicate more general networks. Regarding the diversity index standardized (H^2), the network for the forest environment was the most expert. *Anthrax aquilus* (Diptera: Bombyllidae) appeared as the most abundant parasitoid and only occurred in areas of growing grape and strawberry. When species were analyzed in relation to the number of species and abundance of parasitized nests, *Mesocheira bicolor* appeared as the species most expert among parasitoid species occurring only in the nests of *Centris tarsata*.

Keywords: Interaction Networks, trap-nests, connectance

1 INTRODUÇÃO

No mundo, os padrões espaciais de arranjo dos habitats e a estrutura da paisagem têm sido amplamente modificados pela destruição, fragmentação de áreas naturais e pela intensificação do uso da terra em regiões agrícolas, causando grandes impactos sobre a biodiversidade. A modificação de habitats tem levado à extinção de várias espécies devido à redução de suas abundâncias e à diminuição do fluxo gênico entre suas populações (Kruess e Tscharntke, 1994; Frankham et al., 2004; Tscharntke e Brandl, 2004).

O declínio na biodiversidade mundial causou uma explosão recente na quantidade de estudos experimentais sobre a relação entre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas (Hooper et al., 2005). A maioria destes estudos enfatiza a relação entre a diversidade e a produtividade nas comunidades vegetais, uma vez que a redução na produtividade primária, devido à perda da biodiversidade, pode ter sérias consequências para a produção de alimento, sequestro de carbono e para o funcionamento dos ecossistemas (Tilman et al., 1997; Hector et al., 1999).

Recentemente uma nova direção tem sido dada a esses estudos, enfocando as interações entre predadores e presas (Ives et al., 2005) com implicações importantes nos controles biológicos de pragas (Wilby et al., 2005). A polinização também vem sendo considerada, visto que a perda dos polinizadores reduz a taxa de polinização comprometendo a produção agrícola (Kremen et al., 2002; Klein et al., 2003; Fontaine et al., 2006).

Independente do tipo de ecossistema, todas as espécies que os compõem estão interligadas por complexas redes de interações tróficas (Paine, 1988). A importância da conservação destas interações e de processos a elas associados, bem como das espécies que fazem parte dos ecossistemas, vêm sendo intensamente salientada (Janzen, 1974; Kearns et al., 1998; Van der Putten et al., 2004). Sínteses meta-analíticas têm mostrado que em média, reduções nas riquezas das espécies resulta num decréscimo da abundância e da biomassa das espécies em um mesmo nível trófico ou em níveis tróficos diferentes (Cardinale et al., 2006), podendo afetar negativamente o funcionamento do ecossistema (Balvanera et al., 2006). Contudo, os resultados destes experimentos têm se mostrado variáveis (Hedlund et al., 2003), com alguns estudos encontrando efeitos negativos da perda da diversidade sobre o funcionamento do ecossistema (Rodriguez e Hawkins, 2000)

e outros não encontrando nenhuma relação (Finke e Denno, 2004; Straub e Snyder, 2006).

Os Hymenoptera Aculeata são componentes importantes dos ecossistemas por serem predadores, parasitas e polinizadores eficientes em ambientes naturais ou alterados. Algumas espécies têm grande impacto sobre o controle de pragas como aquelas que predam insetos herbívoros (Losey e Vaughan, 2006). Em relação aos polinizadores, as abelhas ocupam posição de destaque dentre os grupos de importância para a manutenção da biodiversidade, visto que são responsáveis em média por 80% da polinização das Angiospermas em regiões tropicais (Kevan e Baker, 1983; Proctor et al., 1996).

O efeito da alteração dos ecossistemas sobre as comunidades destes insetos tem sido bem documentado (Kremen et al., 2002; Tylianakis et al., 2005), embora pouco se saiba a respeito da estrutura das interações entre eles, suas presas e seus inimigos naturais, e como estas interações podem afetar o funcionamento dos ecossistemas onde eles estão inseridos, e das matrizes adjacentes (Tylianakis et al., 2007). Possivelmente, alterações sobre as suas populações geram um efeito cascata sobre as populações das espécies com as quais se relacionam direta ou indiretamente. Não há dúvida de que a estrutura de uma teia trófica influencia a dinâmica de suas espécies (Pimm, 1991).

Cada vez mais pesquisas utilizando redes ecológicas vêm sendo realizadas para buscar compreender o efeito da biodiversidade sobre as funções ecossistêmicas (Tylianakis et al., 2006). Este trabalho tem como objetivo estudar as redes de interações das abelhas e vespas que nidificam em cavidades preexistentes em fragmentos de Florestas Ombrófila Mista e em áreas com cultivos orgânicos de uva e morango. Além disto, este estudo nos fornecerá informações sobre a organização destas comunidades e sobre a heterogeneidade das associações em ambientes de floresta e ambientes cultivados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDO

Este estudo foi realizado nos municípios de União da Vitória, Estado do Paraná, e de Porto União, Estado de Santa Catarina, que são municípios vizinhos localizados no sul do Brasil.

Nestes municípios o clima, de acordo com a classificação de Köppen, é subtropical mesotérmico úmido, tipo Cfb, contendo verões amenos e invernos rigorosos com geadas frequentes e uma temperatura média anual de 23 °C. Apresentam precipitação média mensal de 140 mm, com chuva bem distribuída ao longo do ano (Hort, 1990). O solo da região é quartzoso, fedspático poroso e permeável, além de outras características como a coloração vermelha, argiloso, bem drenado e teores elevados de matéria orgânica (Maack, 2002).

O município de União da Vitória localiza-se no extremo sul do Estado do Paraná e pertence, em sua maioria, ao Terceiro Planalto Paranaense. Está inserido na Microrregião do Médio Iguaçu, na fronteira do Estado de Santa Catarina, sendo limitado pela Serra da Esperança, com altitudes médias entre 700 e 900 (Maack, 2002).

O município de Porto União localiza-se ao norte de Santa Catarina, seu relevo faz parte do planalto de Canoinhas, localizado ao norte do planalto Ocidental, e é uma sub-região formada por rochas sedimentares, apresentando relevo ondulado e com altitudes médias em torno de 800 a 900 metros (Santa Catarina, 1984).

A formação vegetal destes municípios é a Floresta Ombrófila Mista Montana (FOM), sendo a paisagem fitogeográfica inserida na microrregião do Médio Iguaçu, e representada por florestas subtropicais, com a presença de araucárias, faxinais e várzeas (Klein, 1980).

Para amostragem das abelhas e vespas e seus parasitoides associados foram selecionadas propriedades rurais particulares com fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, áreas com cultivos orgânicos de uva e de morango. Para cada ambiente foram feitas quatro repetições, totalizando 12 áreas de estudos, sendo as distâncias entre as repetições sempre superiores a 1 km (descrição das áreas ver capítulo 1).

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Para amostragem dos foram usados ninhos-armadilha, constituídos por um bloco de madeira com dimensões de 12 x 3,5 x 2,5 cm, serrado longitudinalmente, com um furo interno de oito cm de profundidade e orifícios com diâmetro de 0,5; 0,7; 1,0; e 1,3 cm. Esses ninhos foram agrupados em blocos contendo 16 ninhos-armadilha cada, sendo quatro ninhos de cada diâmetro (dispostos aleatoriamente) no bloco. Cada bloco foi fixado a uma altura de 1,5 m do chão em estacas de madeira. Em cada área foram instalados seis blocos, com uma distância de 30 m entre as áreas de cultivo de uva e morango e 50 m de distância nos fragmentos de floresta.

Os ninhos ocupados e finalizados por estes insetos foram retirados e substituídos por peças vazias do mesmo diâmetro. Os ninhos ocupados foram levados para o laboratório e permaneceram até a emergência dos adultos. Após a emergência das vespas, abelhas e parasitóides, os indivíduos foram quantificados e identificados.

Para caracterização das redes tróficas das vespas, abelhas e seus parasitoides foram realizadas coletas de agosto/2011 a julho/2012. Foram contabilizados o número de indivíduos adultos que emergiram para cada espécie de abelha e vespa e a abundância das espécies de parasitoides a elas relacionadas, ou seja, aqueles que emergiram de seus ninhos.

Abelhas e vespas (hospedeiros) que nidificam em cavidades preexistentes são atacadas por dois grupos de inimigos naturais: parasitoides e cleptoparasitas. Os parasitoides alimentam-se principalmente das larvas do hospedeiro e os cleptoparasitas dos recursos alimentares de seus hospedeiros (Veddeler et al. 2010). Segundo Ebeling et al., 2012 ainda que os grupos de inimigos naturais ocupem posições diferentes na cadeia alimentar, o impacto que eles possuem sobre as espécies hospedeiras é semelhante, ou seja, tanto a alimentação das larvas quanto do recurso causam a morte da prole do hospedeiro. Desse modo, neste trabalho, assim como nos estudos de Tylianakis, et al., (2007) e Ebeling et al., (2012) todos os inimigos naturais foram denominados parasitoides.

2.3 ANÁLISE DAS REDES DE INTERAÇÃO

As matrizes para análise das redes de interação foram construídas a partir dos dados do número de parasitoides adultos e hospedeiros (abelhas e vespas) que emergiram nos ninhos-armadilha.

O tamanho da rede foi calculado por:

$$M = H \times P$$

Onde:

M= o número máximo de interações observadas.

H e P são o número total de interações entre as espécies de hospedeiros e de parasitoides registradas.

A conectância (C), que corresponde à proporção de todas as possíveis interações observada na rede, foi medida por meio do registro de interações nas matrizes. Este índice é utilizado para verificar o grau de especialização nas redes estudadas. Ela é calculada por:

$$C = L/(IJ)$$

Onde:

L= número de interações registradas;

I= número de espécies de parasitoides;

J=número de hospedeiros presentes na rede.

A especialização das redes pode ser avaliada também a partir índice de especialização quantitativo, H_2' (Blüthgen et al., 2006, 2008), onde H_2' é uma medida bidimensional derivada do índice de Shannon. H_2' varia entre 0 (extrema generalização) e 1 (extrema especialização) (Blüthgen et al., 2006).

O grau d' (especialização) é uma medida baseada em matrizes binárias, ou seja, qualitativa, e se resume à soma das espécies de parasitoides que interagiram com a espécie de hospedeiro. O índice d' (Blüthgen et al., 2006, 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 indicando extrema generalização e especialização, respectivamente (Blüthgen et al., 2006).

A dependência das espécies de parasitoides pelas espécies hospedeiras foi determinada pela frequência relativa de células parasitadas. A dependência de uma espécie de parasito i por uma espécie de hospedeiro j (d_{ij}) é a fração de todas as interações que ocorreram na espécie i com a espécie j (Bascompte e Jordano, 2007).

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.

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 e dependência), foram calculados para os três ambientes no software R versão 2.13.1 (R Development Core Team, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 ESTRUTURA GERAL DE REDES TRÓFICAS DE ABELHAS E VESPAS E PARASITOIDES

Dos 846 ninhos fundados, emergiram 2.024 hospedeiros distribuídos em quatro espécies de abelhas (Apidae, Megachilidae) e oito espécies de vespas (Vespidae, Crabronidae, Pompilidae). Emergiram também, 342 parasitoides pertencentes a 16 espécies (Hymenoptera: Chrysididae, Apidae, Mutillidae, Ichneumonidae e Trigonalidae e Diptera: Bombyliidae) (Tabela 1).

Foram registradas 42 interações entre as 12 espécies de hospedeiros e 16 espécies de parasitoides. O grau médio de interações amostradas foi maior para as espécies de hospedeiros do que para as espécies de parasitoides (Tabela 2).

O conjunto completo dos três ambientes estudados apresenta um padrão aninhado (NODF=44,41; $p < 0,05$). Os valores de conectância e o índice de diversidade de interações estandardizado (H_2') apontaram uma rede geral mais generalista.

Quinze por cento das células aprovisionadas pelas abelhas e vespas foram parasitadas. Dentre as espécies de parasitoides, *Antrax aquilus* interagiu com um maior número de espécies de hospedeiros ($n=8$), sendo cinco espécies de vespas e três de abelhas, correspondendo a 27,5% do total de células parasitadas. *Pachodynerus guadulpensis* (34%) e *Trypoxylon opacum* (16%) foram os hospedeiros mais parasitadas por este parasitoide (Tabela 1).

Mesocheira bicolor foi a espécie mais especialista ($d' = 0,878$), sendo encontrada somente nos ninhos de *Centris tarsata*. *Ipsiura myops* ($d' = 0,844$) parasitou ninhos de *Trypoxylon lactitarse* e de *Ancistrocerus flavomarginatus*. *Chrysis intricata* ($d' = 0,087$) e *Caenochrysis nigropolita* ($d' = 0,109$) foram consideradas as espécies mais generalistas.

Alguns parasitoides apresentaram somente uma espécie de hospedeiro e desse modo um grau de dependência de 100% (*Caenochrysis parvula* x *Trypoxylon opacum*, *Neochrysis regularita* x *Trypoxylon opacum*, *Polysphincta* sp. x *Trypoxylon opacum*, *Acrotaphus* sp. x *Trypoxylon lactitarse*, *Orthogonalys* sp. x *Pachodynerus guadulpensis*, *Xystromutilla bucki* x *Trypoxylon opacum*, *Mesocheira bicolor* x *Centris tarsata*).

Em relação às espécies hospedeiras *T. opacum* foi à espécie que apresentou maior número de espécies de parasitoides associados (n= 12), seguida por *P. guadulpensis* (n=8) e *T. lactitarse* (n=8).

Tabela 1: Número de espécies de vespas e abelhas com ninhos parasitados, número total de células parasitadas e espécies de parasitoides.

Espécie de Parasitoides	Espécies de vespas parasitadas	Espécies de abelhas parasitadas	Total de espécies	Nº de células parasitadas
Chrysididae				
<i>Neochrysis bubba</i> Kimsey	4	0	4	10
<i>Caenochrysis denticlypeata</i> Linsenmaier	3	0	3	48
<i>Caenochrysis nigropolita</i> Bischoff	4	0	4	61
<i>Ipsiura myops</i> Buysson	2	0	2	7
<i>Chrysis intricata</i> Brullé	3	0	3	13
<i>Caenochrysis parvula</i> Fabricius	1	0	1	17
<i>Neochrysis regularita</i> Linsenmaier	1	0	1	20
<i>Pleurochrysis</i> sp.	5	0	5	27
Ichneumonidae				
<i>Polysphincta</i> sp.	1	0	1	2
<i>Acrotaphus</i> sp	1	0	1	1
<i>Photocryptus</i> sp1	4	0	4	19
<i>Photocryptus</i> sp2	5	0	5	12
Trigonalidae				
<i>Orthogonalys</i> sp	1	0	1	3
Bombyliidae				
<i>Anthrax aquilus</i> Marston	5	3	8	94
Mutillidae				
<i>Xystromutilla bucki</i>	1	0	1	3
Apidae				
<i>Mesocheira bicolor</i> Fabricius	0	1	1	7

3.2 ANÁLISE DE ESTRUTURA DE INTERAÇÕES NOS AMBIENTES

A porcentagem de células parasitadas analisada por ambiente foi maior para o cultivo de uva (18,6%), seguido por fragmentos de floresta (15,78%) e cultivo de morango (8,5%).

Comparando os ambientes, o número médio de interações por espécie de hospedeiro foi maior para o cultivo de uva. Com relação ao número de interações por espécie de parasitoide, a média de interações foi maior no ambiente de floresta. Somente o ambiente com cultivo de uva apresentou uma comunidade com padrão de interação aninhado entre as espécies (Tabela 2).

Tabela 2: Número de espécies de hospedeiros (spsH) e parasitoides (spsP), tamanho da rede (M), ou seja, total de interações observadas ($M = AP$), valores de conectância (C), H_2' e aninhamento para os três ambientes estudados (floresta, uva e morango).

Dados	Áreas estudadas			
	Floresta	Morango	Uva	Geral
spsH	8	4	7	12
spsP	6	8	13	16
Tamanho da rede	14	12	20	28
Tamanho da matriz	48	32	91	192
Interações registradas	17	12	27	44
Interações por spH	2,12	3	3,86	3,66
Interações por spP	2,83	1,5	2,08	2,75
Conectância (C)	0,354	0,375	0,296	0,22
H_2'	0,6578	0,4783	0,4298	0,4256
NODF	41,6	44,4	39,1	44,4
	($p=0,54$)	($p=0,29$)	($p< 0,05$)	($p< 0,05$)
Número (hospedeiro)	518	732	774	2024
Número (parasitóide)	97	68	177	324

O índice de conectância apontou os três ambientes com redes mais generalistas. Pelo índice de diversidade de interações estandardizado (H_2') o ambiente de floresta apresentou a rede mais especializada.

Para o ambiente de floresta foram registradas 17 interações qualitativas entre oito espécies de hospedeiros e seis de parasitoides. Neste ambiente não houve parasitoides com 100% de dependência com relação ao hospedeiro. Contudo, altos valores de dependência foram encontrados para *Caenochrysis nigropolita* x *P. guadulpensis* (86,9%), *Caenochrysis denticlypeata* x *T. lactitarse* (86,6%), *Ipsiura myops* x *Ancistrocerus flavomarginatus* (85,7%) e *Pleurochrysis* sp. x *P. guadulpensis* (84,2%).

Trypoxylon lactitarse foi à espécie de hospedeiro que apresentou o maior número de parasitoides (n=5) associados. Das cinco espécies que parasitaram os ninhos deste hospedeiro, *Caenochrysis denticlypeata* foi à espécie mais abundante. As espécies de parasitoides mais generalista no ambiente de floresta foram *Photocryptus* sp2 e *Pleurochrysis* sp. que parasitaram quatro espécies de hospedeiro cada, sendo os ninhos de *P. guadulpensis* os mais parasitados.

Para o ambiente de cultivo de morango foram registradas 12 interações entre oito espécies de parasitoides e quatro de hospedeiros. Foi verificado um grau de dependência de 100% para algumas espécies de parasitoides (*Neochrysis regularita* x *T. opacum*, *Orthogonalys* sp. x *P. guadulpensis*, *Neochrysis bubba* x *T. opacum*, *Caenochrysis denticlypeata* x *T. opacum*) (Figura 1).

Neste ambiente das oito espécies de parasitoides amostradas, sete parasitaram os ninhos de *T. opacum*, sendo *Caenochrysis nigropolita* e *A. aquilus* os parasitoides. *A. aquilus* foi o parasitóide mais generalista e foi mais frequentes em ninhos de *P. guadulpensis* (Figura 2).

No ambiente cultivo de uva, sete espécies de hospedeiros e 13 de parasitoides formaram 27 interações quantitativas. As espécies de parasitoides que apresentaram 100% de dependência com relação aos hospedeiros foram *Neochrysis regularita* x *T. opacum*, *Caenochrysis parvula* x *T. opacum*, *Xystromutilla bucki* x *T. opacum*, *Photocryptus* sp2 x *T. opacum*, *Acrotaphus* sp x *P. guadulpensis*, *Mesocheira bicolor* x *Centris tarsata* e *Orthogonalys* sp x *P. guadulpensis*.

Neste ambiente *T. opacum* foi atacado por oito espécies de parasitoides, sendo *Neochrysis regularita*, *A. aquilus* e *Caenochrysis nigropolita* os parasitoides mais abundantes. *A. aquilus* foi o parasitoide mais generalista sendo encontrado com maior abundância em ninhos de *P. guadulpensis*.

Figura 1: Redes tróficas qualitativas (matriz binária) entre hospedeiros e parasitoides nos três ambientes (floresta, cultivo de uva e cultivo de morango) e representação geral. Em cada rede as barras da esquerda representam os hospedeiros (abelhas e vespas – Hymenoptera: Aculeata) e as barras da direita representam os parasitoides (ver siglas – tabela 4 dos apêndices.)

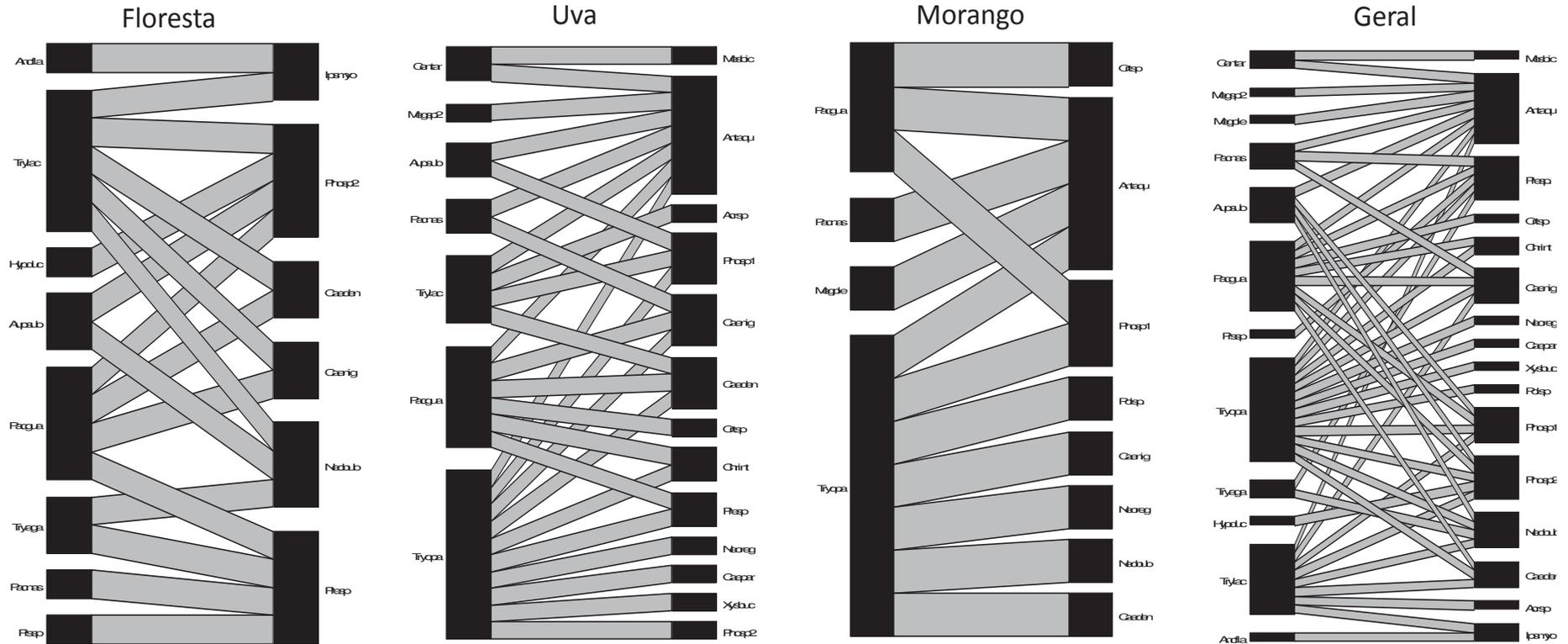
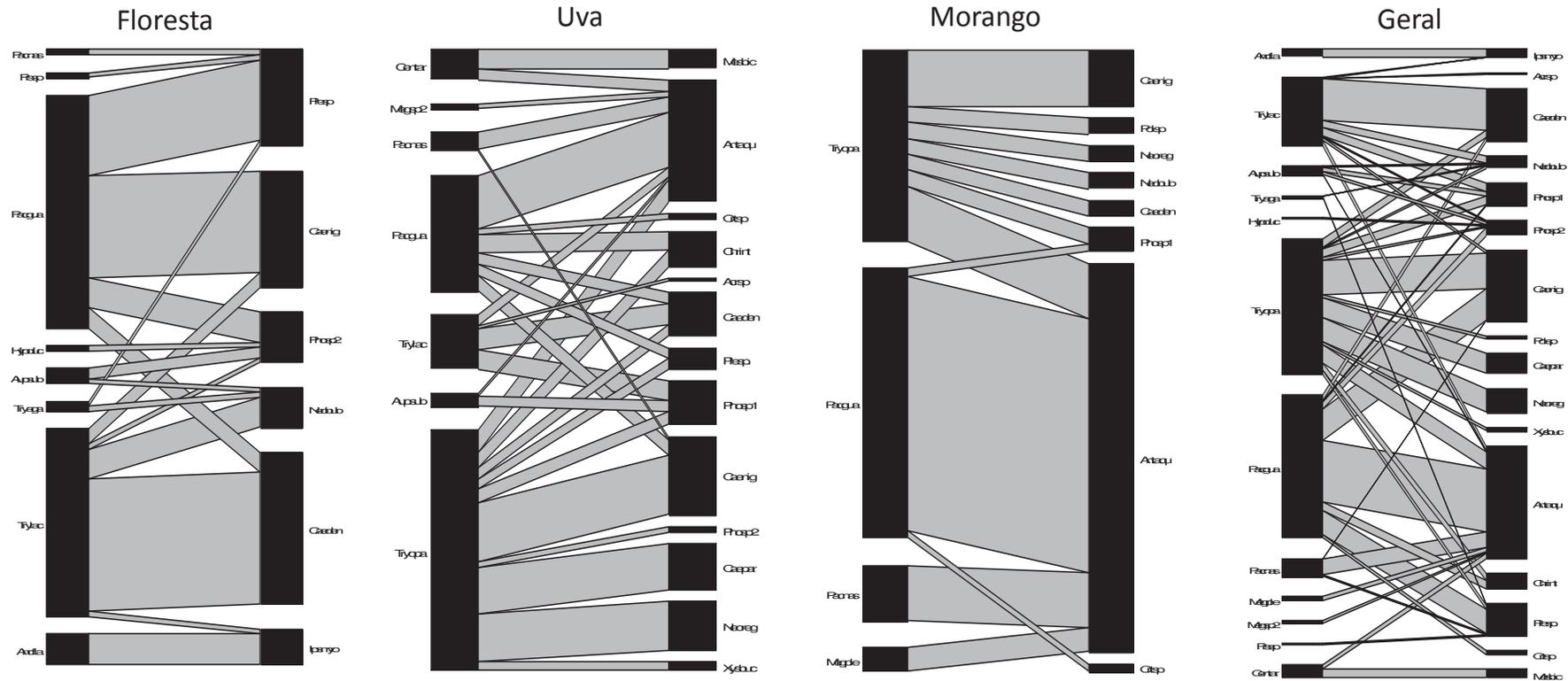


Figura 2: Redes tróficas quantitativas (matriz ponderada) entre hospedeiros e parasitoides nos três ambientes (floresta, cultivo de uva e cultivo de morango) e representação geral. Em cada rede as barras da esquerda representam os hospedeiros (abelhas e vespas – Hymenoptera: Aculeata) e as barras da direita representam os parasitoides (ver siglas – tabela 4 dos apêndices.)



4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam que diferentes ambientes apresentam composição de espécies distintas tanto de hospedeiros quanto de parasitoides, bem como diferenças nas interações tróficas entre essas espécies. Estudos com de interação entre Hymenoptera - Aculeata em ninhos-armadilha e parasitoides ainda tem sido pouco documentados. Alguns estudos como de Klein et al. (2006) mostraram que os parasitoides foram mais afetados com a alteração de habitats em relação aos seus hospedeiros. Tylianakis et al. (2007) analisaram a estrutura das redes parasitoides – hospedeiros em habitats com diferentes grau de preservação e verificou que a alteração dos habitats levou a uma mudança na estrutura das cadeias alimentares e Ebeling et al. (2012) verificaram os efeitos multitróficos da mudança na composição de plantas sobre vespas e abelhas solitárias e seus parasitoides associados.

Entre os ambientes amostrados, o cultivo de uva apresentou o maior número de espécies de parasitoides. Segundo Tscharrntke et al. (1998) e Bosch e Kemp (2002), abelhas e vespas solitárias que nidificam em ninhos-armadilhas são atacadas por uma variedade de parasitoides. Um aumento nas taxas de parasitismo em determinado ambiente pode ser atribuído a uma maior abundância de recursos (hospedeiros) disponíveis ou ainda a complementaridade do nicho entre as espécies de parasitoides (Vázquez et al., 2005, 2007 Ebeling et al., 2012).

O aumento da riqueza de espécies no ambiente de cultivo uva levou a níveis mais baixos de conectância qualitativa. Este também foi o único ambiente que apresentou estrutura de interações aninhadas. Dunne et al., (2002) demonstraram que em redes ecológicas a perda de espécies aumenta a conectância da rede e alto valores de conectância em uma rede podem indicar sensibilidade à remoção das espécies.

O padrão aninhado encontrado para as redes geral e ambiente de cultivo de uva indica que parasitoides especializados interagem com hospedeiros que atraem muitos parasitoides e que parasitoides generalistas podem interagir com hospedeiros especialistas que atraem menos parasitoides. O padrão aninhado é comumente encontrado para interações mutualísticas (Bascompte et al, 2003), assim como neste estudo, esse padrão foi reportado também em estruturas de interações com hospedeiros- parasitas (Timi, Poulin 2007, Graham et al. 2009). O

processo de aninhamento está relacionado à abundância das espécies e processos de distribuição temporal e espacial (Valquez et al., 2009). Segundo Memmott et al., (2004) a estrutura aninhada é menos sensível à perda de espécies, pois mantém uma forte coesão na rede.

A estrutura das interações não mostrou ocorrência de aninhamento para o ambiente de floresta e morango. Segundo Levinshon et al, (2006) quando grupos de espécies interagem mais fortemente entre si a estrutura de interações tende a formar módulos e a rede não segue o padrão aninhado. Segundo Poulin (1996) e Rohde et al., (1998), estrutura de interações parasita - hospedeiro tende a ser compartimentadas devido a existência de especificidades extremas.

O ambiente de cultivo de uva, assim como o ambiente de cultivo de morango pertencem ao sistema orgânico de manejo. Segundo Gibson et al., (2007) fazendas com cultivos orgânicos geralmente apresentam maiores áreas de vegetação e não há uso de pesticidas. As populações de parasitoides podem realizar um importante controle biológico de pragas nestas áreas.

Segundo Blüthgen et al. (2006), redes com grande diferença na heterogeneidade da frequência de interação podem apresentar valores de conectância próximos, por se basear em valores binários, mas índices H_2' , distintos, por serem baseados na frequência de interações (Blüthgen et al., 2006).

De fato ao se analisar o índice de diversidade estandarizado (H_2'), o ambiente de floresta apresentou a rede mais especialista. Esse padrão é esperado para ambientes mais preservados, pois ambientes onde o distúrbio é maior tendem a apresentar espécies mais generalistas (Taki e Kevan, 2007). Segundo Rohde et al. (1998) a seleção natural e co-evolução dirigem as espécies para a especialização e esses processos poderiam relaxar pressões de seleção, principalmente nas interações parasitas - hospedeiros.

Algumas espécies de parasitoides utilizaram somente uma espécie hospedeira e desse modo apresentaram 100% de dependência em relação ao hospedeiro. Em alguns casos essa dependência pode estar ligada ao baixo registro de algumas espécies, tanto de parasitoides quanto de hospedeiros. É importante ressaltar a existência de poucos registros para algumas espécies de parasitoides, os quais podem ser considerados espécies raras e/ou especialistas. Segundo McGill et al. (2007), algumas espécies simplesmente são mais registradas que outras, devido a distribuição da sua abundância.

A espécie de parasitoide mais abundante nos ninhos foi *A. aquilus* ainda que tenha sido registrado somente em ambiente de cultivo de uva e morango. A ação destes dípteros do gênero *Anthrax* em ninhos de abelhas solitárias é bem documentada em outros estudos no Brasil para espécies de abelhas e vespas solitárias (Pereira et al., 1999; Garófalo, 2008, Gazola e Garófalo, 2009; Mesquita, 2009, Nascimento e Garófalo, 2010).

Essa espécie interagiu mais frequentemente com as duas espécies de hospedeiro mais abundante para os ambientes de cultivos (*T. opacum* e *P. guadulpensis*), esse resultado deve estar relacionado ao fato de que hospedeiros mais abundantes podem ser parasitados mais intensamente (Chen et al., 2008).

Os parasitoides podem ajudar a regular a densidade das populações de insetos e outros artrópodes (LaSalle e Gould, 1993). Segundo Kruess e Tscharrntke (2002) em habitats alterados níveis tróficos mais altos (parasitoides e predadores) possuem menor abundância e tendem a ser mais afetados que níveis tróficos menores (plantas, herbívoros). Contudo a perda de níveis tróficos mais altos poderia aumentar a força de interação entre plantas e herbívoros, o que poderia contribuir para a extinção de espécies (Ebeling et al., 2012).

Interações tróficas desempenham um papel central na resposta dos ecossistemas às alterações ambientais e que ocorrem em processos em todos os níveis de organização ecológica. Como interações tróficas podem determinar a aptidão de quase todas as espécies, eles governam processos tais como o desenvolvimento do ecossistema, produtividade, resistência, estabilidade e outros processos-chave nos ecossistemas (Ebeling et al., 2012), desse modos os estudos de rede de interação complementas as informações sobre a diversidade das comunidades em habitats naturais e alterados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho faz uma contribuição substancial para os modelos de cadeia alimentar, demonstrando importantes características de parasitismo em teias alimentares.

A frequência de parasitismo na rede está relacionada com a abundância das espécies hospedeiras. A dependência das espécies como, por exemplo, dos parasitóides em relação a seus hospedeiros pode ser influenciada pela estrutura dos habitats, bem como a exposição das espécies hospedeiras em relação a inimigos naturais.

Este estudo com diferentes estruturas dos habitats analisados (floresta, cultivos de uva e morango) contribui com informações sobre como as interações entre hospedeiros (abelhas e vespas solitárias de ninhos-armadilhas e parasitoides) respondem as alterações ambientais, assim estes resultados podem contribuir com importantes informações para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo destas espécies.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALVANERA, P.; PFISTERER, A.B; BUCHMANN, N.H.E.J.S; NAKASHIZUKA T. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*. 9: 1146–1156.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIAN, C. J.; OLESEN. J. M. 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.; JORDANO, P. 2007. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 38:567-593.
- BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLUTHGEN. N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *Ecology*. 6:1-12.
- BLÜTHGEN, N., FRÜND, J.; VÁZQUEZ, D.; MENZEL.F. 2008. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits? *Ecology*. 89:3387–3399.
- BOSCH, J.; KEMP, W.P. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*.92, 3–16.
- BROCKMANN, H. J.; GRAFEN. A. 1989. Mate conflict and male behaviour in a solitary wasp, *Trypoxylon (Trypargilum) politum* (Hymenoptera: Sphecidae). *Animal Behaviour* 37: 232-255.
- BUSCHINI, M.L.T.; DONATTI, A.J. 2012. Nesting behavior of *Trypoxylon (Trypargilum) agamemnom* Richards (Hymenoptera: Crabronidae), *Brazilian Journal of Biology*. 72: 353-362.
- CARDINALE B.J., SRIVASTAVA D.S., DUFFY J.E., WRIGHT J.P., DOWNING A.L., 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443: 989–992.
- CHEN, H.W.; WEI-CHUNG LIU, C.W.; DAVIS, A.J. FERENC JORDA'N, F.; HWANG, M. J.; SHAO, K.T. 2008. Network position of hosts in food webs and their parasite diversity. *Oikos* 117: 1847-1855.
- COVILLE, R.E; FRANKIE, G.W.; VINSON, S.B. 1983. Nests of *Centris segregate* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habits of the genus. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 56 (2):109-122.
- DUNNE, J.A., WILLIAMS, R.J.; MARTINEZ, N.D. 2002. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5, 558–567.

EBELING, A.; KLEIN, A. M.; WEISSER, W.W.; TSCHARNTKE, T. 2012. Multitrophic effects of experimental changes in plant diversity on cavity-nesting bees, wasps, and their parasitoids. *Oecologia*.169:453–465.

FINKE D.L., DENNO R.F. 2004. Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature*, 429: 407–410.

FONTAINE C., DAJOZ I., MERIGUET J., LOREAU M. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLOS Biology*. 4:1.

FORUP, M. L.; HENSON, K. S. E.; CRAZE, P. G.; MEMMOTT, J. 2008. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology*. 45:742–752.

FRANKHAM, R., BALLOU J.D., BRISCOE D.A., MCINNES K.H. 2004. *A Primer of Conservation Genetics*. Sinauer.

GARÓFALO, C.A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em ninhos-armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Anais do VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto*, p 208-217.

GAZOLA, A.L.; GARÓFALO, C. A. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the state of São Paulo, Brazil. *Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto*, v. 8, n. 2, p. 607-622.

GIBSON, R.H.; PEARCE, S.; MORRIS, R.J.; SYMONDSON, W.O.C.; MEMMOTT, J. (2007). Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: a whole-farm approach. *Journal of Applied Ecology*. 44, 792–803.

GRAHAM S.P.; HASSAN H.K.; BURKETT-CADENA N.D.; GUYER C.; UNNASCH T.R. 2009. Nestedness of ectoparasite-vertebrate host networks. *PLoS ONE* 4:e787.

HECTOR, A.; SCHMID, B.; BEIERKUHNLEIN, C.; CALDEIRA, M.C.; DIEMER, M. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286: 1123–1127.

HEDLUND, K.; REGINA, I.S.; VAN DER PUTTEN, W.H.; LEPS, J.; DIAZ, T. 2003. Plant species diversity, plant biomass and responses of the soil community on abandoned land across Europe: idiosyncrasy or above-belowground time lags. *Oikos* 103: 45–58.

HOOPER, D.U.; CHAPIN, F.S.; EWEL, J.J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*. 75: 3–35.

HORT, J. 1990. *Geografia do Município de União da Vitória, União da Vitória*: UNIPORTO Gráfica e Editora Ltda.

IVES A.R.; CARDINALE B.J.; SNYDER W.E. 2005. A synthesis of subdisciplines: predator-prey interactions, and biodiversity and ecosystem functioning. *Ecology Letters*. 8: 102–116.

JANZEN D.H. 1974. The deflowering of Central America. *Natural History*. 83: 48–53.

JORDANO, P., VÁZQUEZ, D.; BASCOMPTE, J. 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.

KEARNS, C. A., INOUE, D.W., WASER, N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant–pollinator interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 29: 83–112.

KEVAN, P.G.; BAKER, H.G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*. 28: 407-453.

KLEIN, R. M. 1980. *Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí*. Sellowia, Itajaí, v.32.

KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*. 270: 955–961.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U S A* 99:16812–16816.

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264:1581–1584.

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. 2002. Grazing intensity and diversity of grasshoppers, butterflies, and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biological* 16: 1570-1580.

LASALLE, J.; GOULD, I.D. 1993. Hymenoptera: their diversity, and their impact on the diversity of other organisms In: LaSalle J and Gould ID (ed) *Hymenoptera and biodiversity*. CAB International, Wallingford, pp 1–26.

LEWINSOHN, T.M.; LOYOLA, R.D.; PRADO, P.I. (2006). Matrizes, Redes e Ordenações: A detecção de estruturas em comunidades interativas. *Oecologia Brasiliensis*. 10(1): 90-104.

LOSEY, J.E., VAUGHAN, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience* 56: 311–323.

LOYOLA, R.D. 2005. Efeitos de área e estrutura de habitat sobre a riqueza e nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata). 87f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MAACK, R. 2002. Geografia física do estado do Paraná. 3° edição, Curitiba: Imprensa Oficial.

MCGILL, B. J.; ETIENNE, R. S.; GRAY, J. S.; ALONSO, D.; ANDERSON, M. J.; BENECHA, H. K.; DORNELAS, M.; ENQUIST, B. J.; GREEN, J. L.; HE, F.; HURLBERT, A. H.; MAGURRAN, A. E.; MARQUET, P. A.; MAURER, B. A.; OSTLING, A.; SOYKAN, C. U.; UGLAND, K. I.; WHITE, E. P. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*. 10:995–1015.

MEMMOTT, J.; WASER, N.M.; PRICE, M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of Royal Society of London - Series B* 271:2605-2611.

MESQUITA, T. M. S., VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. 2009. Ocupação de ninhos armadilha por *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874 e *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Centridini) em áreas de cerrado. *Uberlândia, Bioscience Journal*, v. 25, n. 5, p. 124-132.

NASCIMENTO, A. L. O.; GARÓFALO, C. A. 2010. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nidificando em ninhos-armadilha no Parque estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP. *Anais do IX Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, São Paulo*, v. 4, n. 1, p. 139-146.

PAINE R.T. 1988. Food webs: Road maps of interactions or grist for theoretical development? *Ecology*. 69: 1648–1654.

PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E.; SERRANO, J.C. 1999. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini), *Apidologie*. 30, 1–12.

PIMM S.L., LAWTON, J.H., COHEN, J.E. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature* 350:669–674.

POULIN, R. Richness, nestedness, and randomness in parasite infracommunity structure. *Oecology*.105: 545-51, 1996.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. 1996. The natural history of pollination. London: Harper Collins Publishers, 496 pp.

RODRIGUEZ, M.A., HAWKINS, B.A. 2000. Diversity, function and stability in parasitoid communities. *Ecology Letters*. 3: 35–40.

ROHDE, K.; WORTHEN, W.B.; HEAP, M.; HUGUENY, B.; GUEGAN, J.F. 1998. Nestedness in assemblages of metazoan ecto and endoparasites of marine fish. *International Journal for Parasitology*. 28: 543-549.

ROHDE, K. 2001. Spatial scaling laws may not apply to most animal species. *Oikos*, 93, 499-504.

SANTA CATARINA. 1984. Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul. Mapeamento dos solos de Santa Catarina. SUDESUL.

SCARANO, F.R.; DIAS, A.T.C. 2004. A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas. Pp. 43-60. *In*: A.S. Coelho, R.D. Loyola, M.B.G Souza (eds.). Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil. O Lutador, Belo Horizonte. 122p.

STRAUB, C.S.; SNYDER, W.E. 2006. Species identity dominates the relationship between predator biodiversity and herbivore suppression. *Ecology*. 87: 277–282.

TAKI, H.; KEVAN, P.G. 2007. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant-pollinator interactions? Preliminary findings. *Biodiversity Conservation*. 16: 3147-3161

TILMAN, D.; LEHMAN, C.L.; THOMSON, K.T. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA 94: 1857–1861.

TIMI J. T., POULIN R. 2007. Different methods, different results: temporal trends in the study of nested subset patterns in parasite communities. *Parasite*. 135:131-138.

TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. 1998. Bioindication using trap-nests bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*. 35: 708-719.

TSCHARNTKE, T.; BRANDL, R. 2004. Plant–insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Reviews of Entomology*. 49, 405–430.

TYLIANAKIS, J.M.; KLEIN, A.M; TSCHARNTKE, T. 2005. Spatiotemporal variation in the effects of a tropical habitat gradient on Hymenoptera diversity. *Ecology*. 86: 3296–3302.

TYLIANAKIS, J.M.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; 2006. Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*. 87: 3047–3057.

TYLIANAKIS, J.M.; TSCHARNTKE, T.; EWIS, O.T. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature*, 445, 202-5.

VAN DER PUTTEN, W.H.; RUITER, P.C.; BEZEMER, T.M.; HARVEY, J.A.; WASSEN, M.; WOLTERS, V. 2004. Trophic interactions in a changing world. *Basic and Applied Ecology*. 5: 487–494.

VÁZQUEZ, D.P.; MORRIS, W.F.; JORDANO, P. 2005. Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letters*. 8, 1088-94.

VÁZQUEZ, D.P., MELIÁN, C.J., WILLIAMS, N.M., BLÜTHGEN, N., KRASNOV, B.R. POULIN, R. 2007. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos*, 116, 1120-7.

VÁZQUEZ, D.P.; BLÜTHGEN, N.; CAGNOLO, L.; CHACOFF, N.P. 2009. Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review. *Annals of Botany*. 103:1445-1457.

VEDDELER, D.; TYLIANAKIS, J.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M. 2010. Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism. *Oecology*. 162: 755–762.

WILBY, A.; VILLAREAL, S.C.; LAN, L.P.; HEONG, K.L.; THOMAS, M.B. 2005. Functional benefits of predator species diversity depend on prey identity. *Ecological Entomology*. 30: 497–501.

APÊNDICES

Apêndice B

Tabela 3: Espécies de parasitoides associados à seus hospedeiros (abelhas e vespas solitárias de ninhos-armadilhas).

Família do Parasitoide	Espécie de Parasitoide	Espécie Hospedeira
Chrysididae	<i>Neochrysis bubba</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Auplopus subaurarius</i>
Chrysididae	<i>Caenochrysis denticlypeata</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
Chrysididae	<i>Caenochrysis nigropolita</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
		<i>Pachodynerus nasidens</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
Chrysididae	<i>Ipsiura myops</i>	<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Ancistrocerus flavomarginatus</i>
Chrysididae	<i>Chrysis intricata</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
Chrysididae	<i>Caenochrysis parvula</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
Chrysididae	<i>Neochrysis regularita</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
Chrysididae	<i>Pleurochrysis</i> sp.	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
		<i>Pachodynerus nasidens</i>
Ichneumonidae	<i>Polysphincta</i> sp.	<i>Trypoxylon opacum</i>
Ichneumonidae	<i>Acrotaphus</i> sp	<i>Trypoxylon lactitarse</i>
Ichneumonidae	<i>Photocryptus</i> sp 1	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Auplopus subaurarius</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
Ichneumonidae	<i>Photocryptus</i> sp2	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Auplopus subaurarius</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>

		<i>Hypodynerus duckei</i>
Trigonalidae	<i>Orthogonalys</i> sp	<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
Bombylydae	<i>Anthrax aquilus</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
		<i>Trypoxylon lactitarse</i>
		<i>Pachodynerus guadulpensis</i>
		<i>Pachodynerus nasidens</i>
		<i>Auplopus subaurarius</i>
		<i>Megachile (Chrysosarus) sp1</i>
		<i>Megachile pleuralis</i>
		<i>Epanthidium autumnale</i>
		<i>Centris tarsata</i>
Mutillidae	<i>Xystromutilla bucki</i>	<i>Trypoxylon opacum</i>
Apidae	<i>Mesocheira bicolor</i>	<i>Centris tarsata</i>

Apêndice C

Tabela 4: Lista de abreviações do nome das espécies de parasitoides e hospedeiros encontrados em ambientes de floresta, cultivo de uva e morango.

Parasitóides	Nome (Rede)	Hospedeiro	Nome (Rede)
Chrysididae		Vespidae	
<i>Neochrysis bubba</i>	Neobub	<i>Ancistrocerus flavomarginatus</i>	Ancfla
<i>Caenochrysis denticlypeata</i>	Caeden	<i>Hypodynerus duckei</i>	Hypduc
<i>Caenochrysis nigropolita</i>	Caenig	<i>Pachodynerus guadulpensis</i>	Pacgua
<i>Ipsiura myops</i>	Ipsmyo	<i>Pachodynerus nasidens</i>	Pacnas
<i>Chrysis intricata</i>	Chrint	Crabronidae	
<i>Caenochrysis parvula</i>	Caepar	<i>Trypoxylon agamennom</i>	Tryaga
<i>Neochrysis regularita</i>	Neoreg	<i>Trypoxylon lactitarse</i>	Trylac
<i>Pleurochrysis</i> sp.	Plesp.	<i>Trypoxylon opacum</i>	Tryopa
Ichneumonidae		Pompilidae	
<i>Polysphincta</i> sp.	Polsp.	<i>Auplopus subaurarius</i>	Aupsub
<i>Acrotaphus</i> sp	Acrsp	Megachilidae	
<i>Photocryptus</i> sp1	Phosp1	<i>Epanthidium autumnale</i>	Epaaut
<i>Photocryptus</i> sp2	Phosp2	<i>Megachile (Chrysosarus)</i> sp1	Megsp1
Trigonalidae		<i>Megachile pleuralis</i>	Megple
<i>Orthogonalys</i> sp	Ortsp	Apidae	
Bombyliidae		<i>Centris tarsata</i>	Centar
<i>Anthrax aquilus</i>	Antaqu		
Mutillidae			
<i>Xystromutilla bucki</i>	Xysbuc		
Apidae			
<i>Mesocheira bicolor</i>	Mesbic		