

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

**COMUNIDADE E REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
APOIDEA) VISITANTES FLORAIS DO MORANGO (*Fragaria X ananassa*
Duchene) NO NORTE CATARINENSE E SUL PARANAENSE**

FRANCIELLI CRISTIANE GRUCHOWSKI WOITOWICZ

GUARAPUAVA

2013

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

**COMUNIDADE E REDES DE INTERAÇÕES DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
APOIDEA) VISITANTES FLORAIS DO MORANGO (*Fragaria X ananassa*
Duchene) NO NORTE CATARINENSE E SUL PARANAENSE**

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: Biologia Evolutiva.

GUARAPUAVA

2013

Orientadora:

Profa. Dra. Maria Luisa Tunes Buschini

Co-orientadora:

Profa. Dra. Claudia Inês da Silva

A minha família, minha fortaleza, meu porto seguro, meu refúgio:

Meus amados pais Ruth e Vitor,

Meu amado esposo Adilson,

Meus queridos irmãos Fabielli, Jailson e Juliano,

A vocês eu dedico!

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfo e glória, mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito, nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota”.

Theodore Roosevelt

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Profa. Dra Maria Luisa Tunes Buschini, pela orientação, conselhos, paciência e apoio no desenvolvimento dessa pesquisa;

A CAPES pela bolsa concedida e ao programa de Pós Graduação em Biologia Evolutiva da UNICENTRO;

A Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras – FAFIUV por permitir o uso dos laboratórios para triagem e identificação do material;

A Profa. Dra. Claudia Inês da Silva, pela coorientação, auxílio e valiosos ensinamentos sobre identificação dos grãos de pólen;

A profa. Doutoranda Daniela Roberta Holdefer, da Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras – FAFIUV, pela amizade, pelos valiosos conselhos e por me acolher em seu laboratório;

Ao prof. Doutorando Sergio Bazílio, da Faculdade Estadual de Filosofia, Ciências e Letras – FAFIUV, por permitir o uso do laboratório de Zoologia;

A profa. Dra. Favízia Freitas de Oliveira, pelo carinho e auxílio sem igual, pela morfotipagem dos espécimes de abelhas do gênero *Dialictus* e identificação de outras espécies;

Ao Prof. Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo, pela identificação de parte das espécies de abelhas;

Aos produtores de morango que gentilmente permitiram a realização dessa pesquisa em suas propriedades: Sra. Madalena e Sr. Ayres, Sr Silvio Brugnago, Sr Remi, Sra Sr. Alcir Freisleben, Sra Clara e Sr Eraldo.

Ao prof. Dr. Osmar Ribas, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, pela identificação das plantas;

A Deus, meu guia e fonte de inspiração, que permitiu que tudo isso fosse possível!

Ao meu querido esposo, pela compreensão, paciência, amor, carinho e todo auxílio na parte de campo e nas horas mais necessárias;

A minha querida amiga, colega e companheira Jucélia Iantas, a qual estive junto comigo em todas as etapas desse trabalho, tendo uma enorme contribuição na parte de campo, laboratório e confecção do trabalho.

Ao meu irmão Juliano Vitor Gruchowski e meu esposo Adilson, que auxiliaram na instalação das armadilhas;

As colegas de laboratório: Lia, Mary Ellen e Michele pelo auxílio da confecção das lâminas;

A todos os colegas do mestrado em Biologia Evolutiva;

Ao meu tio Edson Reichardt, pelas caronas de União da Vitória à Guarapuava;

A minha família, que sempre me apoiou e me incentivou e que acha um máximo o que eu faço!

Enfim, a todos aqueles que me ajudaram de alguma forma nessa caminhada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO GERAL	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPITULO I	16
BIODIVERSIDADE DE ABELHAS VISITANTES DO MORANGUEIRO (<i>Fragaria x ananassa</i> Duschene) EM ÁREAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICA	16
1 INTRODUÇÃO	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1 Áreas de Estudo	21
2.2 Coleta das abelhas visitantes florais de <i>Fragaria x ananassa</i>- Duschene	29
2.3 Análises de dados	31
3 RESULTADOS	35
4 DISCUSSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APENDICES	54
CAPÍTULO II	71
REDES DE INTERAÇÕES ENTRE AS ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) E AS FLORES DO MORANGUEIRO (<i>Fragaria x ananassa</i>, DUSCHENE)	71
1 INTRODUÇÃO	73
2 METODOLOGIA	76
2.1 Análise dos grãos de pólen	76
2.2 Análise das redes de interações	77
3 RESULTADOS	79
4 DISCUSSÃO	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APENDICES	104

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Localização das cinco áreas de plantio de morango orgânico (Área B situada no município de União da Vitória – PR e as demais no município de Porto União – SC).....22
- FIGURA 2** - Vistas das cinco áreas de coleta: A, C, D e E estão situadas no município de Porto União-SC e a área B no município de União da Vitória-PR.....25
- FIGURA 3** - Área “A”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, as de cor rosa indicam plantio de milho e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus* e *Eucaliptus*.....26
- FIGURA 4** - Área “B”, situada no município de União da Vitória – PR. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, e as de cor azul destacam área de várzea.....26
- FIGURA 5** – Área “C”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus*.....27
- FIGURA 6** – Área “D”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango.27
- FIGURA 7** – Área “E”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus*.....28
- FIGURA 8** - Abelha do gênero *Dialictus* coletando pólen e néctar na flor do morangueiro (A); Coleta da abelha na flor do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duschene) (B e C).....30
- FIGURA 9** - Número de espécies e de indivíduos representantes das cinco famílias de abelhas, amostrados em *Fragaria x ananassa* Duschene, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória (PR) e Porto União (SC), set/2011-fev/2012.....35
- FIGURA 10** - Dendrogramas de Dissimilaridade de Bray-Curtis entre as cinco áreas (área “A”; área “B”; área “C”; área “D” e área “E”) pelos métodos: (A)UPMGA–(r: 0.62524); (B) Flex -(r: 0.64433); (C)– WPGMA (r: 0.64433) obtidos pelo agrupamento das espécies.40

- FIGURA 11** - Atividade das abelhas nas flores de *Fragaria x ananassa* Duschene, nos oito intervalos de coleta, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória-PR e Porto União-SC, set/2011-fev/2012.41
- FIGURA 12** - Atividade diária das espécies de abelhas mais abundantes nas flores de *Fragaria x ananassa* Duschene, nos intervalos de coleta, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória-PR e Porto União-SC, set/2011-fev/2012.42
- FIGURA 13** - Comportamento das espécies de abelhas mais abundantes e frequentes nesse estudo, durante a coleta de recursos florais. A – *Dialictus* spp., B – *Plebeia* sp1, C – *Plebeia remota*, D – *Apis mellifera*, E – *Trigona spinipes*, F – *Tetragonisca angustula*.84
- FIGURA 14** - Abundância e porcentagem de pólen coletados pelos potenciais polinizadores do morangueiro nas cinco áreas de estudo (A, B, C, D e E), em União da Vitória PR e Porto União SC.86
- FIGURA 15** – Distribuição cumulativa do grau para as plantas e para as abelhas em cada uma das áreas amostradas, em União da Vitória PR e Porto União SC.89
- FIGURA 16** - Matriz binária das cinco áreas (A, B, C, D e E) amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC.....95
- FIGURA 17** - Matriz ponderada das cinco áreas (A, B, C, D e E) amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC.....96

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1**- Número de espécies (S), abundância (A), diversidade de Shannon-Wiener (H'), Riqueza de Margalef (Dmg) e Equitabilidade de Pielou (J') em *Fragaria x ananassa* Duschene - União da Vitória-PR, Porto União-SC, set/2001 – fev/2012.38
- TABELA 2** – Resultado do Teste t e valores de (p), comparando as cinco áreas de cultivos de *Fragaria x ananassa* Duschene - União da Vitória (PR) e Porto União (SC), no período de set/2001 – fev/2012. (*p significativo < 0,05)38
- TABELA 3** - Similaridade de Jaccard obtida na comparação entre as faunas de abelhas das cinco áreas (A, B, C, D e E) estudadas em União da Vitória (PR), e Porto União (SC), set/2001 – fev/2012.39
- TABELA 4** - Espécies de plantas identificadas por meio dos grãos de pólen coletados no corpo de abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch. nas cinco áreas (A, B, C, D e E) amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC.....80
- TABELA 5** - Características gerais das cinco redes de interações abelhas-plantas.88

RESUMO GERAL

A comunidade de abelhas foi estudada em cinco áreas de produção orgânica de morango (*Fragaria x ananassa* – Duschene). As abelhas foram coletadas diretamente nas flores, uma vez por semana, em cada uma das áreas, durante o período máximo de floração (setembro/2011 a fevereiro/2012). Os canteiros foram percorridos no período das 9:00 às 16:20hrs e todas as abelhas observadas nas flores foram capturadas em intervalos de 20min/hora, resultando em um esforço amostral de 490 horas e 75 coletas. Este trabalho é dividido em dois capítulos: o primeiro capítulo analisou a biodiversidade da comunidade de abelhas visitantes das flores do morangueiro, objetivando verificar se cultivares de morango que apresentam o entorno com mais áreas naturais de florestas, sustentam uma maior biodiversidade de abelhas em relação aqueles com menos áreas de vegetação nativa. O segundo capítulo refere-se às redes de interações entre as abelhas visitantes das flores do morangueiro e as flores das plantas do entorno dos cultivares. Um total de 2552 abelhas foram amostradas, pertencentes às famílias Apidae (n=1257, 49,25%), Halictidae (n= 1123, 44%), Andrenidae (n= 170, 6,67%), Megachilidae (n=1, 0.04%) e Colletidae (n=1, 0.04%), totalizando 153 espécies. Apidae foi a família mais numerosa, enquanto Halictidae apresentou o maior número de espécies (n=103 spp). As espécies mais abundantes foram: *Plebeia* sp1(n=428), *Tetragonisca angustula* (n=403), *Apis mellifera* (n=150) e *Dialictus* sp82 (n=131). A diversidade alfa (α) foi significativamente menor em uma das áreas (Dmg= 7,91, H'=1,90 e J'=0,48), em relação as outras quatro áreas amostradas. Em relação às redes de interações, 950 amostras de grãos de pólen provenientes de 107 espécies de abelhas foram analisadas, constatando que estas visitaram 62 espécies de plantas incluindo o morangueiro. As redes abelhas-plantas aqui representadas são típicas de interações mutualísticas com estrutura extremamente aninhada; baixa conectância (11,48 em “A” à 16,56 em “E”); baixos graus médios tanto de plantas como dos animais; prevalência de interações fracas e ocorrência de interações assimétricas. A rede da área “B” apresentou o maior número de conexões possíveis (M=2184) e a maior riqueza de espécies (S=94), enquanto a área “E” registrou o maior número total de interações registradas (grau=328).

Palavras-chave: Biodiversidade, abelhas, produção orgânica, conservação.

ABSTRACT

The bee community was studied in five areas of organic production of strawberry (*Fragaria x ananassa* - Duschene). Bees were collected directly in flowers once a week in each of the areas, the maximum period during flowering (September/2011 to February/2012). The beds were covered the period from 9:00 to 16:20 hrs and all the bees in the flowers observed were captured at intervals of 20min/hora, resulting in a sampling effort of 490 hours and 75 collections. This work is divided into two chapters: the first chapter examined the biodiversity of the community of bees visiting the flowers of strawberry, to check whether strawberry cultivars that present surroundings with more natural areas of forests, supporting greater biodiversity of bees in relation to those under native vegetation. The second chapter refers to the network of interactions between bees visiting the flowers of strawberry plants and flowers surrounding the cultivars. A total of 2552 bees were sampled belonging to the families Apidae (n = 1257, 49.25%) Halictidae (n = 1123, 44%) Andrenidae (n = 170, 6.67%), Megachilidae (n = 1, 0.04%) and Colletidae (n = 1, 0.04%), totaling 153 species. Apidae was the larger family, while Halictidae had the highest number of species (n = 103 spp). The most abundant species were: *Plebeia* sp1 (n = 428), *Tetragonisca angustula* (n = 403), *Apis mellifera* (n = 150) and *Dialictus* sp82 (n = 131). The diversity alpha (α) was significantly smaller in one area (dmg = 7.91, H' = 1.90 and J' = 0.48) than the other four areas sampled. Regarding interaction networks, 950 samples of pollen grains from 107 species were analyzed, noting that they visited 62 plant species including strawberry. Networks bees plants represented here are typical of mutualistic interactions in highly nested structure, low connectance (11.48 "A" 16.56 in the "E"), low average degrees both plants and animals; prevalence of interactions weak and occurrence of asymmetric interactions. The network area "B" had the highest number of connections possible (M = 2184) and the highest species richness (S = 94), while the area "E" had the highest total number of recorded interactions (degree = 328).

Keywords: Biodiversity, bees, organic production, conservation.

INTRODUÇÃO GERAL

Fragmentação de habitats e a diminuição dos polinizadores

A destruição e fragmentação de habitats naturais é a principal causa da diminuição da biodiversidade global (Turner 1996; Loreau et al. 2001; Tilman et al., 2001). Os impactos causados pela devastação das florestas, fragmentação de habitats, introdução de espécies exóticas e a prática intensiva da agricultura, são atualmente, os principais causadores da diminuição das populações, vegetais e animais, e em especial dos polinizadores (Freitas e Pereira, 2004; Biesmeijer et al., 2006; Imperatriz-Fonseca et al., 2006; Steffan-Dewenter et al., 2006). No caso das abelhas, esses processos são os principais responsáveis pela diminuição dos sítios de nidificação e fontes de alimentos utilizados por elas (Matheson et al., 1996; Camillo 2003; Cane et al., 2006,) afetando diretamente suas interações com outras espécies e a estabilidade dos ecossistemas onde estão inseridas (Lawton 1994; Naeem et al., 1995).

A fragmentação de habitats, devido ao desenvolvimento de áreas agrícolas, reduz a riqueza de espécies e abundância da guilda de polinizadores, podendo alterar o comportamento de forrageamento dos visitantes florais (Rathcke e Jules 1993; Aizen e Feinsinger 1994). Isso resulta na perturbação das interações planta-polinizador e, conseqüentemente, na produção de sementes e no fluxo gênico de populações de plantas isoladas decorrente da redução das áreas e aumento do isolamento dos habitats semi naturais, levando à possíveis perdas estocásticas de espécies (Saunders et al., 1991; Matthies et al., 1995; Fischer e Lindenmayer, 2007).

Importância da polinização na agricultura

A diminuição da produtividade de frutos e sementes em plantas cultivadas, afeta a economia em muitas regiões do mundo. A produtividade de plantas selvagens também é afetada, podendo levar a uma extinção local das populações dessas plantas, bem como, dos animais que dependem delas para sua sobrevivência (Imperatriz-Fonseca et al, 2006).

Das 250 mil espécies de plantas com flores, existentes atualmente, acredita-se que 90% são polinizadas principalmente pelas abelhas (Kearns et al., 1998), as quais desenvolveram adaptações morfológicas e etológicas para a coleta e transporte de pólen (Michener, 2000). Elas apresentam aparelhos bucais adaptados para sugar o néctar e corpos cobertos por pelos plumosos para auxiliar na coleta de pólen (Kevan e Baker, 1983), por essas razões são consideradas os principais polinizadores em diferentes ecossistemas temperados e tropicais (Roubik, 1979; Frankie et al., 1983; LaSalle e Gauld, 1993; Faria e Camargo, 1996). Elas são visitantes obrigatórios das flores e dependem dos recursos florais para a sua sobrevivência, como o pólen, importante fonte de proteínas e o néctar, importante fonte de carboidratos, essenciais à alimentação tanto das larvas quanto dos adultos (Free, 1970; Kevan e Baker, 1983).

A polinização é um serviço essencial tanto em ecossistemas naturais como em agroecossistemas, permitindo a reprodução das plantas, a manutenção das redes de interações entre animais e plantas e a produção de alimentos (Yamamoto et al., 2010). Os polinizadores desempenham um papel crucial na manutenção dos serviços dos ecossistemas, podendo também aumentar, a quantidade e qualidade da produção (FAO, 2004).

Desta foram, diversas plantas de interesse econômico, cultivadas comercialmente, apresentam total dependência das abelhas para sua polinização, sem as quais não ocorre produção de frutos (Biesmeijer et al 2006). Aproximadamente 75% das culturas mundiais e 80% de todas as espécies de plantas silvestres dependem dos serviços de polinização prestados pelas abelhas (Bawa 1990; Kevan e Imperatriz-Fonseca 2002, Kremen et al. 2002; Andena et al. 2005; Roubik, 2006; Ricketts et al. 2008) que são responsáveis por 35% da produção global de alimentos (Klein et al., 2007). Na cultura do morangueiro as abelhas são reconhecidas como o principal polinizador (Jaicox, 1970; Connor e Martin, 1973; McGregor, 1976; Chagnon et al. 1993, Free, 1993; Malogodi-Braga, 2002; Malogodi-Braga e Kleinert, 2004; Barbosa 2009).

Muitas populações de polinizadores estão sendo reduzidas a níveis muito baixos não sendo mais capazes de manter os serviços adequados de polinização em agroecossistemas (FAO, 2004). Devido a esse declínio, o conhecimento das plantas utilizadas pelas abelhas como fonte de recursos é de grande importância para a elaboração de planos de manejo e conservação, visando minimizar os

impactos gerados pelas ações antrópicas e conseqüentemente diminuir a perda potencial desses insetos e da biodiversidade vegetal (Siqueira de Castro, 2002; Gallai et al., 2008; Silva, 2009). A diminuição das populações de plantas que fornecem pólen e néctar contribui para o declínio da disponibilidade desses recursos afetando diretamente a manutenção das populações de abelhas nas proximidades dos cultivos ao longo do ano (Roubik, 2006).

Muitos produtores agrícolas, principalmente de frutíferas, reclamam a respeito da baixa produtividade. Normalmente isto é resultado da falta de informação sobre os sistemas de polinização das plantas cultivadas, sobre a relação delas com seus polinizadores efetivos e sobre a importância da manutenção das populações de polinizadores das áreas naturais adjacentes aos cultivos (Klein et al. 2007). A preservação de áreas florestadas próximas às áreas de cultivos, associada ao manejo adequado das culturas, pode colaborar com a manutenção de estoques naturais de polinizadores e, conseqüentemente assegurar o aumento da produtividade (Taylor e Ricktes, 2004; Barbosa, 2009). As áreas naturais garantem locais para as atividades de nidificação e forrageamento das abelhas nativas (Roubik, 2006).

Produção Orgânica

O sistema de produção agrícola convencional, geralmente, é considerado como fator importante no declínio da biodiversidade em paisagens agrícolas. O efeito do uso dos agrotóxicos na fauna de polinizadores em agroecossistemas tem sido cada vez mais evidente (Allen et al., 1998). Esse sistema de produção tem sido diretamente responsável pela diminuição das populações de abelhas e indiretamente pelas perdas econômicas decorrentes do declínio desses polinizadores (Kevan, 1990; Freitas e Pinheiro, 2010).

De acordo com estudos recentes, a contaminação das abelhas pela visita às flores com altos níveis de agrotóxicos tem aumentado. Os inseticidas, herbicidas e fungicidas reduzem a diversidade de abelhas, pois afetam o comportamento das forrageiras, diminuindo a longevidade destas, reduzindo o vigor da colônia em abelhas sociais, afetando a sua capacidade de aprendizado e memorização, o que pode desorientar não só o indivíduo exposto como também as forrageiras da colônia (Rocha e Sá, 2012).

Na tentativa de diminuir os efeitos adversos da produção agrícola convencional sobre a biodiversidade e serviços dos ecossistemas, o sistema de produção orgânica, e outras variações da chamada produção ecológica, estão sendo aplicados em várias regiões mundiais para várias culturas, dentre elas o morangueiro (Barbosa, 2009). As áreas de produção orgânica são manejadas sem herbicidas, inseticidas e fertilizantes sintéticos, promovendo dessa forma o aumento da biodiversidade nos cultivos (Winter e Davis, 2006). Porém, segundo Krebs et al. (1999), mesmo na produção orgânica os fatores de fragmentação florestal devem interferir na presença dos polinizadores, sendo um dos problemas relacionados à biodiversidade em paisagens agrícolas.

O Decreto Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a Lei No 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica no Brasil, considera: “sistema orgânico de produção agropecuária, todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, à eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e à proteção do meio ambiente”.

Morangueiro (Fragaria x ananassa – Duschene)

O morango, originário da Europa, é uma fruta cultivada mundialmente. Essa ampla distribuição deve-se à sua diversidade genotípica e à sua grande capacidade de adaptação ambiental, tanto ao ambiente que está inserido, quanto ao método de cultivo e manejo empregado (Larson, 1994). Esta característica peculiar permite cultivar morangueiros desde regiões frias, como o sul da Argentina, até em regiões quentes, como o Centro - Oeste brasileiro. Além da adaptabilidade ao clima, se destaca a possibilidade de produção de frutos comercializáveis o ano todo, através do uso de cultivares de dias neutros, como a cultivar “Aromas”, desde que estejam

dentro dos limites de condições de temperatura (de 10 – 28 °C). (Antunes et al., 2007).

No Brasil, essa cultura se desenvolve a céu aberto, em quase toda sua totalidade, enquanto que em países como Estados Unidos e Espanha, utiliza-se o cultivo protegido (Goto, 1999). O cultivo do morangueiro no Brasil é recente, desde a década de 60, quando foi introduzido (Passos, 1997). A partir de então, a produção brasileira vem crescendo, estimando-se atualmente, uma produção de 100 mil toneladas por ano (Duarte filho et al., 2007). A produção de morango possui grande importância econômica em várias cidades brasileiras sendo cultivado, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste (80% da produção brasileira). O interesse pelo cultivo é devido à elevada rentabilidade da cultura, ao amplo conhecimento e aceitação da fruta pelo consumidor e pela diversidade de opções de comercialização e processamento do morango (Sanhueza et al., 2008).

A cultura do morangueiro é predominantemente produzida em pequenas propriedades, tendo como características comuns, tanto na produção orgânica quanto a convencional, o emprego de irrigação, plástico de cobertura de solo e túneis baixos. Por agregar mão-de-obra familiar, possui grande importância econômica e social, caracterizando-se como excelente fonte de renda (Barbosa, 2009; Fortes e Osório, 2003).

O morangueiro é uma planta da família Rosaceae, que engloba grande número de espécies de clima temperado, economicamente importantes na fruticultura. É uma planta herbácea, rasteira, de porte pequeno, formando pequenas touceiras (Queiroz-Voltan et al., 1996). As variedades de morangueiros cultivadas atualmente são híbridos resultantes do cruzamento de duas espécies de *Fragaria*, a *Fragaria chiloensis*, de origem no continente americano e a *Fragaria virginiana*, originária do continente europeu. A classificação botânica aceita atualmente para os cultivares comerciais é *Fragaria x ananassa* Duchene (Queiroz-Voltan et al., 1996; Hancock, 1990). A parte comestível, resultante do desenvolvimento do receptáculo é denominada de pseudofruto, sendo frutos verdadeiros os aquênios desenvolvidos (Joly, 2002), no entanto, comercialmente denomina-se fruto ao conjunto do receptáculo floral desenvolvido e os aquênios, conhecido por morango, nomenclatura que foi utilizada nesse trabalho.

As flores do morangueiro são hermafroditas, podendo se autopolinizar, porém, raramente o pólen atinge espontaneamente a totalidade dos estigmas

(McGregor, 1976). Segundo Malagodi-Braga (2002) e Chagnon et al. (1989) para que ocorra o completo desenvolvimento do morango, é necessário que as flores sejam completamente polinizadas, a fertilização de apenas parte dos óvulos resulta em morangos com diferentes padrões de deformações. A polinização cruzada e mediada por agentes bióticos garante a formação de mais frutos, sendo estes mais pesados, com melhor qualidade e de maior diâmetro em relação às flores autopolinizadas (Michener, 2000; Medina, 2003; Sezerino, 2010). A polinização por insetos é favorecida pela diferença temporal existente entre a maturação das anteras e a maturação dos estigmas (Free, 1993). Os diversos cultivares apresentam variações em sua capacidade de autopolinização espontânea (Connor e Martin, 1973; Malagodi-Braga, 2002). Essas variações geralmente estão relacionadas à morfologia e à fisiologia floral específicas, como diferenças na altura dos estames em relação ao receptáculo floral (Zebrowska, 1998).

A completa formação de frutos foi relatada em estudos realizados no Brasil com amoreira, morangueiro e mirtilheiro, observando a ocorrência de autopolinização, a qual resulta em frutos inadequados à produção comercial (Mello Junior, 2007; Barbosa, 2009; Sezerino, 2010) por serem pequenos e deformados ou em pequena quantidade. Malagodi-Braga, (2002) relatou que o formato dos frutos do morangueiro depende da maneira que o pólen é distribuído entre os estigmas da flor. Se a distribuição for irregular, os frutos serão deformados, se ela for uniforme, produzirá frutos bem formados.

As diferentes espécies de abelhas podem apresentar distintos padrões de comportamento na flor, produzindo um efeito de complementaridade na polinização (Chagnon et al., 1993; Malagodi-Braga 2002). De acordo com Malagodi-Braga (2002), abelhas *Dialictus* sp. permanecem principalmente na base da flor, polinizando eficientemente os pistilos dessa região, enquanto *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* são mais eficientes na polinização dos pistilos apicais. Sendo assim, uma maior biodiversidade de espécies de abelhas garante maior produtividade do morango, pois aumenta a possibilidade de os frutos alcançarem seu potencial máximo de desenvolvimento (Antonelli et al., 1988; Malagodi-Braga 2002).

A grande riqueza de espécies de abelhas encontrada em cada localidade reflete a diversidade com que as várias espécies exploram o ambiente. Para que possam se reproduzir, as abelhas necessitam que seus habitats preencham os

seguintes pré-requisitos (Westrich, 1996): sítios ou substratos apropriados para nidificação; para certas espécies, materiais específicos para construção de ninhos; e principalmente, quantidade suficiente de fontes de alimento (plantas floríferas) específicas.

Objetivos e organização geral

Considerando a importância econômica da cultura do morangueiro e, principalmente das abelhas para sua polinização (Jaicox, 1970; Connor e Martin, 1973; Chagnon *et al.* 1993; Malagodi-Braga, 2002, Barbosa 2009), este trabalho teve como objetivo principal investigar a estrutura da comunidade de abelhas visitantes florais do morangueiro em cinco áreas de produção orgânica. Com os dados obtidos, busca-se identificar os potenciais polinizadores através das análises de grãos de pólen, e ainda, avaliar as redes de interações entre abelhas e plantas do entorno.

A partir dessa investigação visa também, enfatizar a necessidade de áreas florestais próximo aos cultivos para atividades como nidificação e forrageamento das abelhas nativas (Roubik, 2006), especialmente associada a prática da agricultura orgânica.

Dessa forma, a presente dissertação está estruturada em dois capítulos:

Capítulo I - Biodiversidade de abelhas polinizadores do morangueiro (*Fragaria x ananassa*, Duchesne) em áreas de produção orgânica

O qual objetivou:

- ⊙ Identificar as espécies de abelhas que visitam as flores do morangueiro;
- ⊙ Analisar a riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitabilidade das espécies de abelhas coletadas nas flores do morangueiro nas cinco áreas amostradas;
- ⊙ Verificar se em locais com maiores áreas naturais em torno dos morangueiros a biodiversidade da comunidade de abelhas é diferente daquelas áreas onde há pouca vegetação nativa;

Capítulo II Redes de interações entre as abelhas (Hymenoptera: Apoidea) e flores do morangueiro (*Fragaria x ananassa*, Duchesne).

O qual objetivou:

- ⊙ Analisar qualitativa e quantitativamente os grãos de pólen presentes nos corpos das abelhas coletadas;
- ⊙ A partir de análises polínicas, delinear a estrutura das redes de interações plantas-polinizadores em cultivares orgânicos de morango e as plantas do entorno dos cultívars;
- ⊙ Identificar nas redes de interação entre as flores do morangueiro e as abelhas, as espécies de polinizadores especialistas e generalistas quanto ao uso do pólen;
- ⊙ Calcular as métricas das redes de interação: conectância, aninhamento e dependência das espécies de abelhas em relação ao pólen, em cada uma das áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. (1994). Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology*, v.75, p.330–351.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M.(1998). “Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements.” Irrigation and Drainage Paper vol. 56, FAO, Rome, Italy
- ANDENA, S.R; BEGO, L.R; MECI, M.R. (2005). A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zootecias* 7:55-91.
- ANTONELLI, D. F; MAYER, D. F., BURGETT. M.D. (1988). Pollinating insects ant the strawberry yields in the Pacific Nothwest. *American Bee Journal*, vol. 128, n.9, p. 618-620.
- ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. (2007). Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. *Horticultura brasileira*, vol.25, p.94-99
- BARBOSA, J. F. (2009). Ecologia da polinização de *Fragaria x ananassa* Duchesne cv 'Aromas' (Rosaceae) em sistemas de produção orgânico e convencional, sob proteção de túneis baixos, em Rancho Queimado, SC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BAWA, K.S. (1990). Plant - pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:399-422.
- BIESMEIJER, J.C.; ROBERTS, S.P.M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A.P.; POOTS, S.G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C.D.; SETTELE, J.; KUNIN, W.E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- CAMILLO, E. (2003). Polinização do Maracujá. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 44p.
- CANE, J.H.; MINCKLEY, R.; ROULSTON, T.; KERVIN, L.; WILLIAMS, N.M. (2006). Multiple response of desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Application*, v.16, p. 632-644.
- CHAGNON, M. GINGRAS, J.; OLIVEIRA, D. (1993). Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, vol.86, p.416-420
- CHAGNON, M; GINGRAS, J; OLIVEIRA, D. (1989). Pollination rate of strawberries. *Journal of Economic Entomology*, vol.82, p.1350-1353

CONNOR L.J.; MARTIN, E.C. (1973). Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. *HortScience*, vol.8(4), p.304-306

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. (2007). Cultivares do morangueiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, vol. 28, p.20-23

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (2004) Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil.

FARIA, G.M.; CAMARGO, J.M.F. (1996). A flora melitófila e a fauna de Apoidea de um ecossistema de campo rupestre, Serra do Cipó-MG, Brasil. *In Anais do II Encontro Sobre Abelhas*. FFCLRP-USP, Ribeirão Preto, vol.2, p. 217-228.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, Ottawa, vol. 16, p. 265-280.

FRANKIE, G.W., HABER, W.W., OPLER, P. A.; BAWA, K.S. (1983). Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rica dry forest. *In Handbook of experimental pollination biology* (C.E. Jones e R.J. Little, eds.). *Scientific and Academic Editions*, New York.

FREE, J. B. (1993). Insect pollination of crops. *Academic Press*, London. 2.ed.

FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (2004). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil.

FREITAS, B.M.; PINHEIRO, J.N. (2010). Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, vol. 14, p. 282-298.

FORTES, J.F.; OSÓRIO, V.A. (2003). Morango - Fitossanidade. Embrapa Clima Temperado (pelotas, RS). - Brasília: Embrapa, Informação tecnológica, 36p.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIERE, B. E. (2008). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, West Allis, vol. 68, p. 810-821

HANCOCK, J.F. (1990). Ecological genetics of natural strawberry species. *HortScience*, vol.25, p.869- 871

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., SARAIVA, M.; DE JONG, D. (2006). Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. *Holos Editora*, Ribeirão Preto, 112p.

JAYCOX, E.R (1970). Pollination of strawberries. *American Bee Journal*, vol.110, p.176-177.

JOLY, A.B. (2002). Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. 13ª ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M. (1998). Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 29: 83-112.

KEVAN, P.G.; BAKER, H.G. (1983). Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28:407-53.

KEVAN, P.G.; CLARK, E.A.; THOMAS, V.G. (1990). Insect pollinators and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5: 12-22.

KEVAN, P.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (eds.) (2002) Pollinating Bees: The Conservation Link between Agriculture and Nature. Ministry of Environment, Brazil.

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 of the Royal Society B: Biological sciences* 274:303–313.

KREBS, J. R.; WILSON, J. D.; BRADBURY, R. B.; SIRIWARDENA, G. M. (1999). The second Silent Spring? *Nature*, vol. 400, p. 611-612

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 of the United States of America*, 99: 16812-19816.

LASALLE, J.; GAULD, ID. (1993) Hymenoptera: their diversity, and their impact on the diversity of other organisms. In: LaSalle J, Gauld ID (eds) Hymenoptera and biodiversity. CAB International, Wallingford, pp 1–26

LAWTON JH. (1994). What do species do in ecosystems? *Oiko*, v.71, p.367–374.

LOREAU, M.; NAEEM, S.; INCHAUSTI, P.; BENGTSSON, J.; GRIME, J. P.; HECTOR, A.; HOOPER, D. U.; HUSTON, M. A.; RAFFAELLI, D.; SCHMID, B.; TILMAN, D. E; WARDLE, D. A. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294:804-808.

MATTHIES, D.; SCHMID, B.; SCHMID-HEMPEL, P.; (1995). The importance of population processes for the maintenance of biological diversity. *Gaia* v.4, p.199–209

MALAGODI-BRAGA, K. S. (2002). Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). Tese (Doutorado), 104 p. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia, São Paulo.

MALAGODI-BRAGA, K.S.; KLEINERT A.D.P. (2004). Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 771-773.

MATHESON, A.; BUCHMANN, S.L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P.; WILLIAMS, J.H. (1996). The conservation of bees. *Academic Press*, London, UK. 254p.

MCGREGOR, S. E. (1976). Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Research Service United States Department of Agriculture, Washington.

MEDINA, J. L. (2003). Análisis y evolución agronômica de lãs deformaciones de fruto em fresa. Posibles soluciones. In: Jornadas agrícolas y comerciales de El Monte, 20. Huelva, *Anais Huelva*: Caja Rural, p.101-115.

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

NAEEM S, THOMPSON LJ, LAWLERS SP, LAWTON JH, WOODFIN RM. (1995). Empirical evidence that declining species diversity may alter the performance of terrestrial ecosystems. *Phil Trans R Soc B* 347:249–262.

PASSOS, F.A. (1997). Influência de sistemas de cultivo na cultura do morango (*Fragaria x ananassa Duch.*). Tese (Doutorado), 105p. ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; PASSOS, F. A.; SANTOS, R. R. (1996). Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. *Bragantia*, vol.55(1): p.29-44

RATHCKE, B.J; JULES, E.S. (1993) Habitat fragmentation and plant pollinator interactions. *Curr Sci* 65:273–277.

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMIL-HERREN, B.; GREENLEAF, S.S.; KLEIN, A.M.; MAYFIELD, M.M.; MORANDIN, L.A.; OCHIENG, A.; VIANA, B.F. (2008). Landscape effects on crop pollinations services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11: 499-515.

ROCHA, M. C. DE L.; SÁ A DE. (2012). Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento / Maria Cecília de Lima e Sá de Alencar. – Brasília: Ibama. 88 p.il. color. ; 28 cm.

ROUBIK, D.W. (1979). Africanized honeybees, stingless bees and the structure of tropical plant pollinator communities. In Proceedings of the IV International Symposium on Pollination. (D. Caron, ed.). Maryland Agricultural Experimental Station, Maryland, p.403-417.

ROUBIK, D. W. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, vol.37: p.124-143

SAUNDERS, DA; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv Biol* 5:18–32 Sokal RR, Rohlf

SANHUEZA, A., Leiva, V. and Balakrishnan, N. (2008). The generalized Birnbaum-Saunders distribution and its theory, methodology and application. *Comm. Statist. Theor. Meth.*, 37, 645-670.

SEZERINO, A. A. (2010). Ecologia da polinização do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade cvs. Climax e Powderblue) no município de Bom Retiro, SC. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, C. I. (2009). Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* e interação com plantas do cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG

SIQUEIRA DE CASTRO, M. (2002). Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potencial pollinators and their conservation. IN: Kevan P e Imperatriz Fonseca VL (eds) – *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Ministry of Environment, Brasília. p.275-288.

STEFFAN-DEWENTER I, KLEIN A.M, ALFERT T, GAEBELE V, TSCHARNTKE T. (2006). Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes. In: *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions*. Waser N.M, Ollerton. Eds. Chicago, IL: Chicago Press. 387-408.

TILMAN D, FARGIONE J, WOLFF B, D'ANTONIO C, DOBSON A, HOWARTH R. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*; 292:281-284.

TURNER, I. M. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33:200-209.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A.A.A.; OLIVEIRA, P.E.A.M.A. de. (2010). Polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger). *Oecologia Australis*, v.4, p.174-192.

WESTRICH, P. (1996). Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. in A. Matheson, S. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, and I. H. Williams, (Eds.). *The Conservation of Bees*. Londres: Academic Press.

WINTER, C. K.; DAVIS, S. F. (2006) Organic foods. *Journal of food science*, Chicago, v. 71, p. 117-124.

ZEBROWSKA, J. Influence of pollination modes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). (1998). *Plant Breeding*, 117: 255-260.

CAPITULO I

BIODIVERSIDADE DE ABELHAS VISITANTES DO MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duschene) EM ÁREAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICA

RESUMO: A biodiversidade de abelhas visitantes das flores do morangueiro (*Fragaria x ananassa*, Duschene) foi estudada em cinco áreas de produção orgânica, entre os meses de setembro/2011 a fevereiro/2012. Ao todo, foram realizadas 75 coletas e 490 horas de observação e amostragem. Um total de 2552 abelhas, pertencentes a cinco famílias, 24 gêneros e 153 espécies foram coletadas nas flores do morangueiro. Apidae foi a família mais numerosa (n=1257), enquanto Halictidae apresentou o maior número de espécies (n=103 spp). As espécies mais abundantes foram: *Plebeia* sp1(n=428), *Tetragonisca angustula* (n=403), *Apis mellifera* (n=150) e *Dialictus* sp82 (n=131). Cultivares de morango situados em locais com maiores áreas naturais de florestas sustentam uma maior biodiversidade de abelhas em relação aqueles cultivares onde a vegetação nativa não foi preservada. Isso foi observado através da diversidade alfa (α), que foi significativamente maior na área “E” (Dmg = 12,2, H' = 3,60 e J' = 0,83), a qual apresenta maiores áreas de vegetação nativa, em comparação com a área “A”, que apresenta menor quantidade de vegetação nativa no entorno dos cultivares em relação as demais áreas. Quanto à presença e ausência de espécies, as maiores semelhanças foram observadas nas áreas “D” e “E” (J = 0,40), as duas áreas situadas no município de Porto União – SC e próximas aproximadamente 2 km. Das 153 espécies registradas, 15 delas foram coletadas em todas as áreas, enquanto 66 espécies foram exclusivas de alguma das áreas. A área “B” apresentou o maior número de espécies exclusivas (n=20).

Palavras-chave: Apidae, diversidade, polinização, conservação.

ABSTRACT: The biodiversity of bees visiting the flowers of strawberry (*Fragaria x ananassa*, Duschene) was studied in five areas of organic production, between the months of the fevereiro/2012 September/2011. Altogether, there were 75 collections and 490 hours of observation and sampling. A total of 2552 bees, belonging to five families, 24 genera and 153 species were collected from the flowers of the strawberry. Apidae was the larger family (n = 1257), while Halictidae had the highest number of species (n = 103 spp). The most abundant species were: *Plebeia* sp1 (n = 428), *Tetragonisca angustula* (n = 403), *Apis mellifera* (n = 150) and *Dialictus* sp82 (n = 131). Strawberry cultivars located in places with larger areas of natural forests support a greater biodiversity of bees in relation to those cultivars where native vegetation has not been preserved. This was observed through diversity alpha (α), which was significantly larger in area "E" (dmg = 12.2, H' = 3.60 and J' = 0.83), which has the largest native vegetation compared with the area "A", which has a lower amount of native vegetation surrounding the cultivars compared with other areas. For the presence and absence of species, more similarities were observed in areas "D" and "E" (P = 0.40), the two areas located in Porto União - SC and near about 2 km. Of the 153 species recorded, 15 of them were collected in all areas, while 66 species were exclusive in some areas. The "B" had the highest number of exclusive species (n = 20).

Keywords: Apidae, diversity, pollination, conservation

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um processo de extrema importância, que garante a manutenção da biodiversidade de muitos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas. Grande parte das espécies de plantas selvagens e de muitas culturas depende dos animais para serem polinizadas, garantindo a reprodução de tais espécies vegetais, a manutenção das redes de interações entre estas e seus visitantes animais (Jordano 1987; Nabhan e Buchmann, 1997; Kearns et al., 1998; Michener, 2000; Kerr, 2001; Sheperd *et al.*, 2003; Potts *et al.*, 2006; Klein et al. 2007; Kremen et al., 2007; Ricketts *et al.*, 2008) e o aumento da variabilidade genética vegetal (Reis, 1996). Tal processo também é importante no aumento da quantidade e qualidade da produção agrícola (FAO, 2004; Mayer, 2004).

As relações abelhas-plantas baseiam-se em um sistema de dependência recíproca, onde as plantas fornecem o alimento, principalmente pólen e néctar, e atraem potenciais polinizadores, que forrageiam em busca desses recursos energéticos (Kevan e Imperatriz Fonseca, 2006) e em troca recebem os benefícios da transferência de pólen (Kevan e Baker, 1983; Roubik 1989; Proctor et al., 1996). As abelhas por outro lado, são altamente adaptadas para a coleta de recursos florais (Michener, 2000) o que as tornam eficientes como agentes polinizadores. (Kevan e Baker, 1983; Nogueira-Couto et al., 1990). Elas apresentam uma enorme diversidade estrutural e comportamental, com aparelhos bucais adaptados para sugar o néctar e corpos cobertos por pelos plumosos que auxiliam na coleta de pólen (Kevan e Baker, 1983; Proctor et al., 1996). Desta forma, são importantes na conservação tanto de espécies de plantas e dos ecossistemas onde estão inseridas (Alves-dos-Santos, 1998, Kevan, 1999; Eardley et al., 2006; Klein et al., 2007; Kremen et al., 2007).

A importância da biodiversidade para o funcionamento dos ecossistemas tem sido um dos focos de discussão na ecologia, especialmente, por causa das altas taxas de extinção, nos últimos tempos. O conhecimento e compreensão das consequências de tal perda é, hoje, uma das principais áreas de pesquisa na ecologia visto que este é um processo irreversível que implica no empobrecimento dos ecossistemas (DiCastrì e Hadley, 1986; Naeem et al., 1994; Lawton et al., 1995; Diaz et al., 2005; Hooper et al., 2005). Mudanças globais tais como perdas de habitat, introdução de espécies exóticas, a prática intensiva da agricultura e

alterações climáticas têm sido sugeridas como as principais ameaças à biodiversidade (Loreau et al., 2001), provocando mudanças na paisagem e nas funções ecossistêmicas (Kevan e Viana, 2003), levando ao declínio espécies de abelhas que são eficientes polinizadoras (Kevan e Imperatriz-Fonseca, 2006).

O conhecimento da biodiversidade de polinizadores tornou-se uma questão de grande interesse nos últimos anos. Estudos recentes têm enfatizado a falta de informações detalhadas sobre a biodiversidade destes animais e a importância da polinização em ecossistemas naturais e de culturas (Kevan et al., 1997), bem como a necessidade de conhecer e preservar a biodiversidade de polinizadores em qualquer ecossistema (Frankie et al., 1997; Allen et al., 1998; Kevan, 1999)

Um dos principais objetivos dos estudos ecológicos é a compreensão das relações existentes entre grupos de organismos e também destes com o ambiente onde vivem (Begon et al., 2007, Ricklefs, 2003). A maneira como as comunidades respondem as diferenças ambientais pode ser compreendida quando se conhece a sua distribuição no espaço e no tempo. Essa distribuição é comumente descrita pelas diversidades α e β . A diversidade α se refere à diversidade pontual de espécies dentro de um habitat ou comunidade, e é bastante sensível à definição de habitat e a área e intensidade de amostragem. A diversidade β é definida como a troca ou a substituição de espécies, corresponde a diversidade entre os habitats, podendo ser medida como a diferença entre comunidades (Whittaker, 1972; Magurran, 2004).

Através do conhecimento sobre a biodiversidade pode-se ter um maior entendimento sobre a origem e a interdependência das diversas formas de vida, as quais têm sustentado variados ramos de atividades humanas (Nair, 2004). Estudos relacionados ao levantamento, identificação e análises da biodiversidade de abelhas em áreas cultivadas, constituem o primeiro passo para o conhecimento dos polinizadores efetivos e também para a conservação dos recursos biológicos encontrados nas comunidades de plantas e animais em comunidades adjacentes (Kevan e Baker, 1983; Matheson et al., 1996; Proctor et al., 1996). A conservação das comunidades de polinizadores inicia-se a partir de estudos sobre as relações entre polinizadores e plantas economicamente importantes, incluindo a análise do papel ecológico e econômico dos polinizadores e informações chave como o efeito da polinização na produção de frutos e sementes (Primack, 1993, Allen et al., 1998).

Considerando a importância das abelhas na polinização dos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas, este trabalho visou analisar a biodiversidade da comunidade de abelhas polinizadoras do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duschene) em áreas de plantios orgânicos. A partir dos dados obtidos, pretendeu-se verificar se cultivares de morango com maiores à áreas naturais de florestas sustentam uma maior biodiversidade de abelhas em relação aqueles cultivares onde há uma menor quantidade de vegetação nativa próximo aos plantios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

Descrição das regiões estudadas

O presente estudo foi realizado em cinco propriedades rurais, com sistema de agricultura orgânica, em diferentes cultivares de morango (variedades: Dover, Campinas, Camiño Real, Camarosa, Abion). Quatro destas áreas estão situadas no Planalto Norte Catarinense, no município de Porto União e uma delas está localizada no município de União da Vitória, no extremo Sul do Estado do Paraná (Hort, 1990; Rocha, 2003), todas com no mínimo 1 km de distância (Figura 1).

De acordo com Klein (1978) 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.

O clima, segundo Köppen, é do tipo subtropical mesotérmico úmido, tipo Cfb (Clima Temperado), apresentando verões brandos e invernos com geadas severas e freqüentes. A temperatura média anual é de 23,3°C, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano e com precipitação média anual de 1.700mm (Rocha, 2003). O solo da região é quartzoso e localmente feldspático, poroso e permeável, e que se depositou por ação do vento. Os solos são profundos bem drenados, argilosos, de coloração vermelha e teores elevados de matéria orgânica.

O relevo da região de Porto União faz parte do planalto de Canoinhas, localizado ao norte do planalto Ocidental, e é uma sub-região formada por rochas sedimentares, apresentando relevo suave ondulado e ondulado, com altitudes médias em torno de 800 a 900 metros (Santa Catarina, 1984). O município de União da Vitória pertence em sua maioria ao 3º Planalto Paranaense, localizado no extremo Sul do Estado do Paraná, pertencendo à Microrregião do Médio Iguaçu na fronteira do estado de Santa Catarina sendo limitado pela Serra da Esperança. Uma pequena parte do município situado à leste da Serra da Esperança, faz parte do 2º Planalto Paranaense, apresentando um relevo menos acidentado (Rocha, 2003).

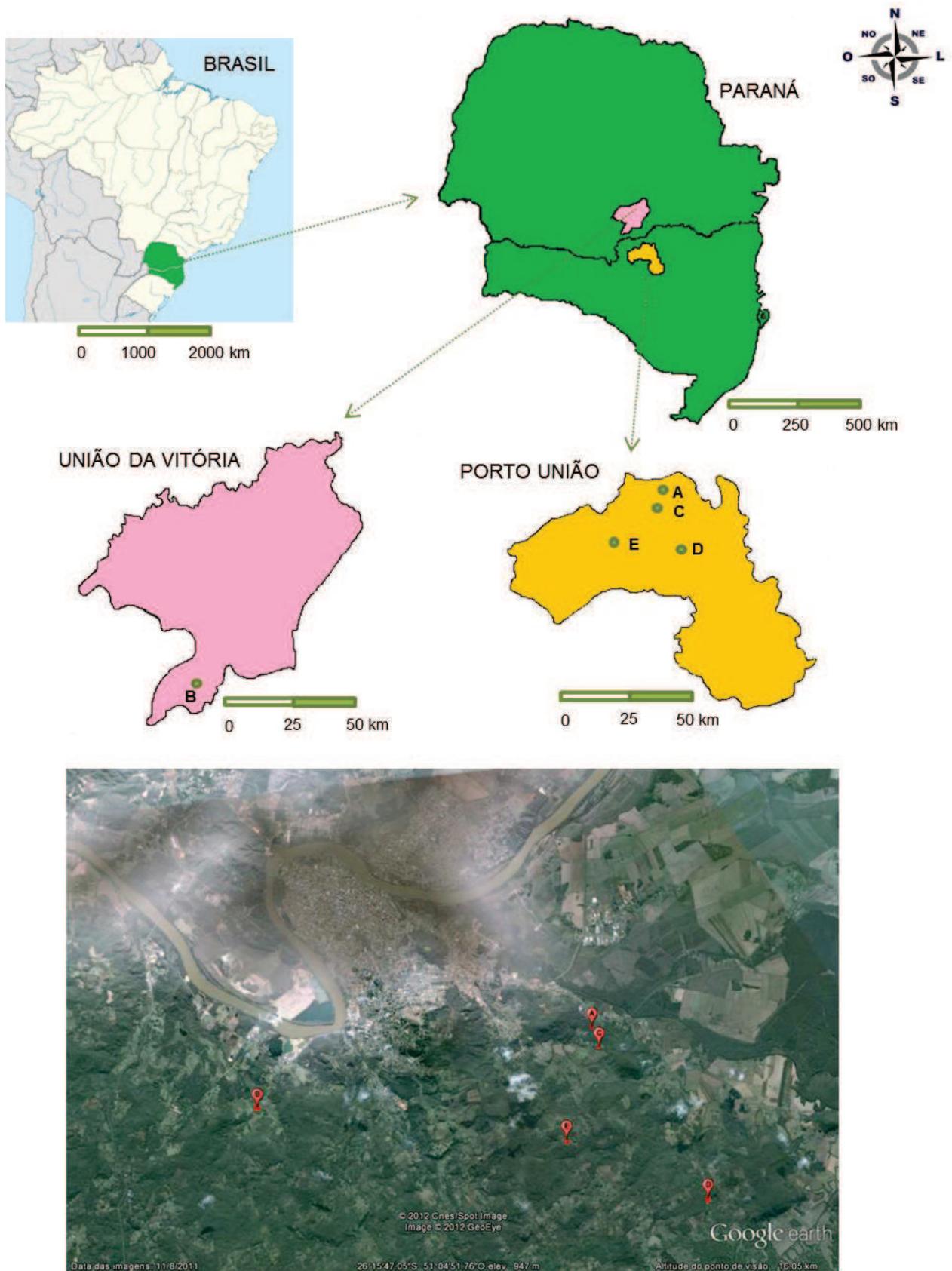


FIGURA 1 - Localização das cinco áreas de plantio de morango orgânico (Área B situada no município de União da Vitória – PR e as demais no município de Porto União – SC).

Fonte: Google Earth, 2012 (com modificações da autora).

Descrição das áreas de coleta

Área “A” – Localizada no município de Porto União – SC a 26°16'47.47"S e 51° 3'19,43"O, com 792 m de altitude (Figura 2 - A). Com aproximadamente 6000 morangueiros das variedades Dover e Campinas sob cultivo aberto, dispostos em oito canteiros, os quais são rodeados por plantio de *Eucaliptus* e *Pinus* (aproximadamente 49 mil m²) e vegetação nativa (aprox. 143 mil m²), ficando próximos à residência do produtor (Figura 3).

Área “B” – Situada em uma área semi-urbana do município União da Vitória – PR, a 26°15'20,56"S e 51° 7'46,06"O e altitude de 753 m (Figura 2 – B). Apresenta aproximadamente 3000 morangueiros, das variedades Camarosa e Campinas, sob cultivo aberto. Nas proximidades dos canteiros há cultivo de hortaliças, tomate, brócolis, fragmentos de vegetação nativa (aprox. 250 mil m²), áreas de várzea (57 mil m²), além de residências e lagos (Figura 4).

Área “C” – Localizada no município de Porto União – SC, 26°17'2,45"S e 51° 3'23,78"O, com altitude de 792 m (Figura 2 – C). Com aproximadamente 6000 pés de morangueiro, das variedades Campinas e Abion, sob cultivo aberto, dispostos em 10 canteiros. Nas proximidades destes, existe plantio de hortaliças, uva, vagem entre outros, e também um fragmento de mata nativa em duas extremidades dos canteiros (aprox. 285 mil m²) e ainda, plantação de *Pinus* (14 mil m²), (Figura 5).

Área “D” – Situada no município de Porto União – SC, 26°19'19,23"S e 51° 3'19,49"O, com altitude de 919 m (Figura 2 – D). Apresenta aproximadamente 2500 pés de morangueiro, com as variedades Campinas, Dover e outras não identificadas, disposto em cinco canteiros, sob cultivo aberto. No entorno existe plantio de hortaliças, tomate, brócolis, além de monocultura de milho, pomares de pêssego e fragmentos de mata nativa (444 mil m²), (Figura 6).

Área “E” – Localizada no município de Porto União – SC, 26°17'45,43"S e 51°4'29,10"O com 969 m de altitude (Figura 2–E). Apresenta aproximadamente 2500 pés de morangueiro da variedade Camino Real, sob cultivo aberto, dispostos em dois canteiros. No entorno destes, existe plantio de hortaliças, vagem, berinjela, pepino, tomate, araquá, amoreira, laranjeira, e também vegetação nativa (366 mil m²), (Figura 7).

Devido ao fato de cada área apresentar diferentes quantidades de plantas, a área dos canteiros foi padronizada utilizando-se um número mínimo de plantas de morango encontrada em todas as áreas (2500). O esforço amostral em cada uma dessas áreas também foi padronizado, totalizando 15 coletas em cada área e 490 horas de campo.

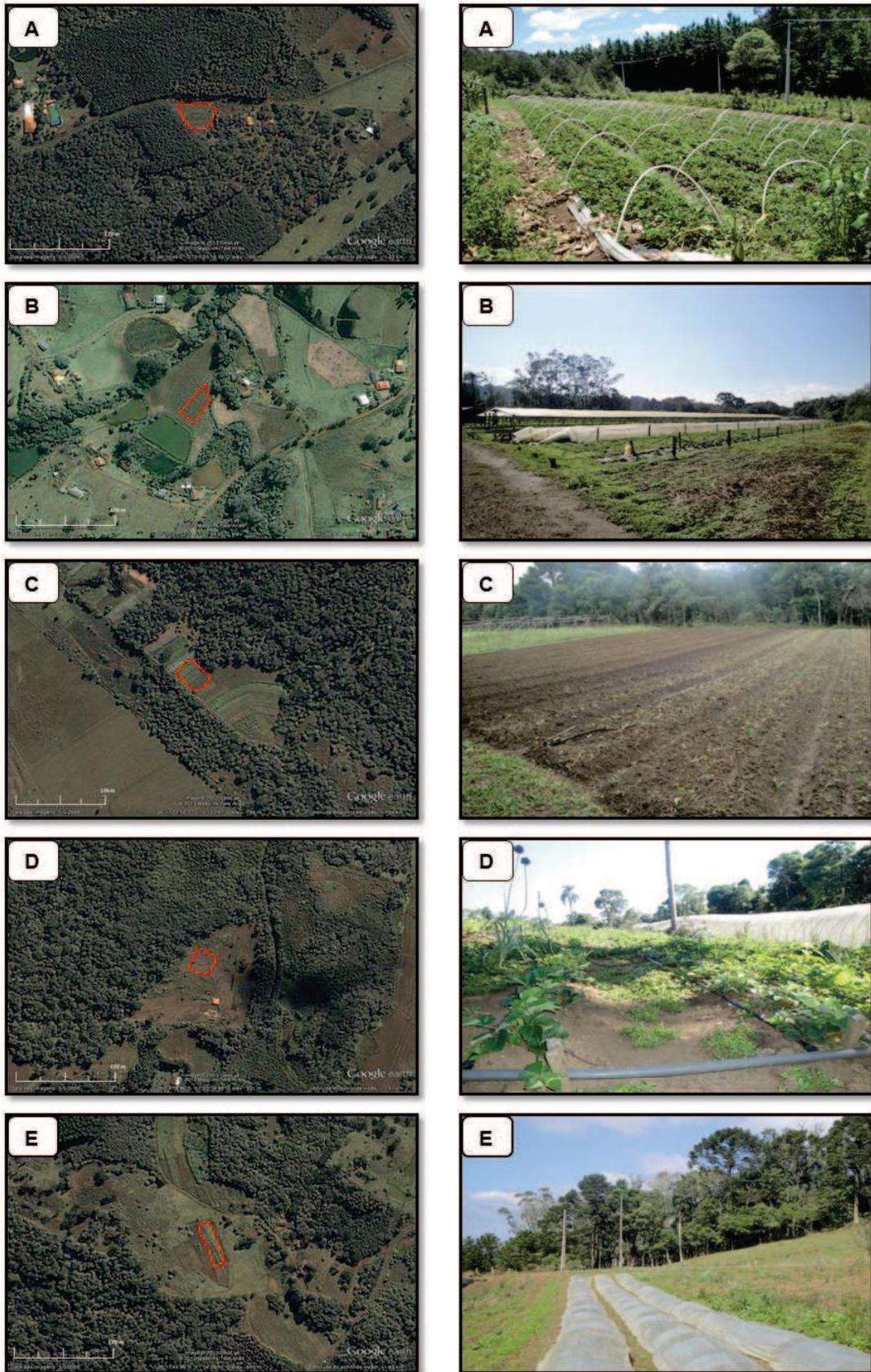


FIGURA 2 - Vistas das cinco áreas de coleta: A, C, D e E estão situadas no município de Porto União-SC e a área B no município de União da Vitória-PR.

Fonte: Google earth (primeira coluna); Francielli C. Gruchowski-W (segunda coluna).

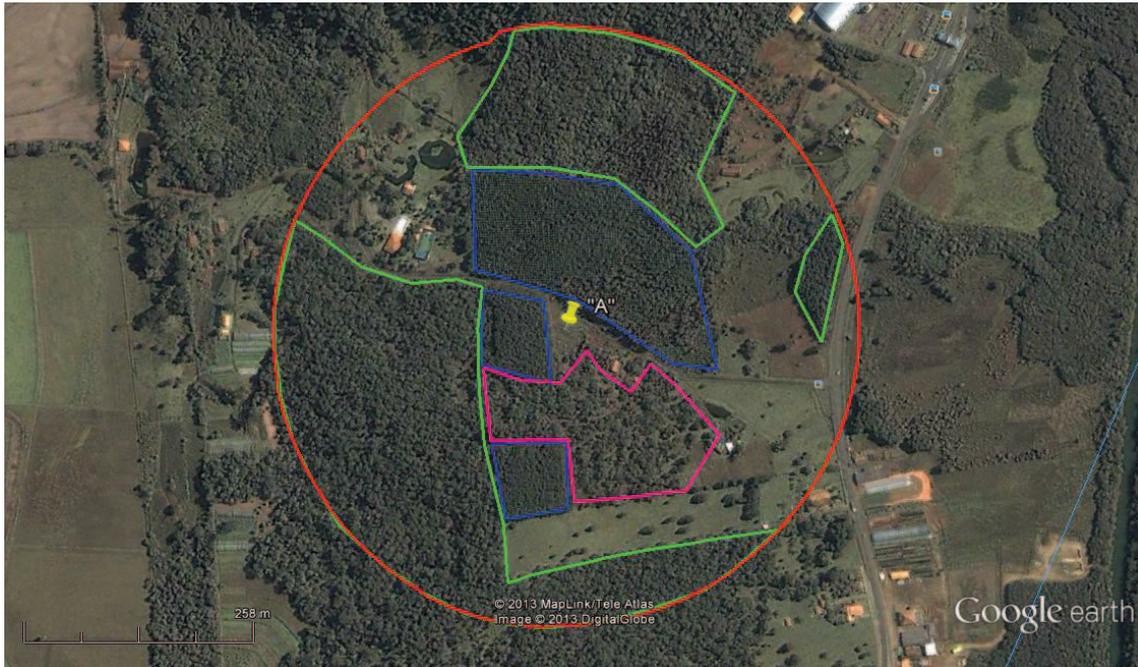


FIGURA 3 - Área "A", situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, as de cor rosa indicam plantio de milho e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus* e *Eucalyptus*.
Fonte: Google Earth, com modificações da autora.

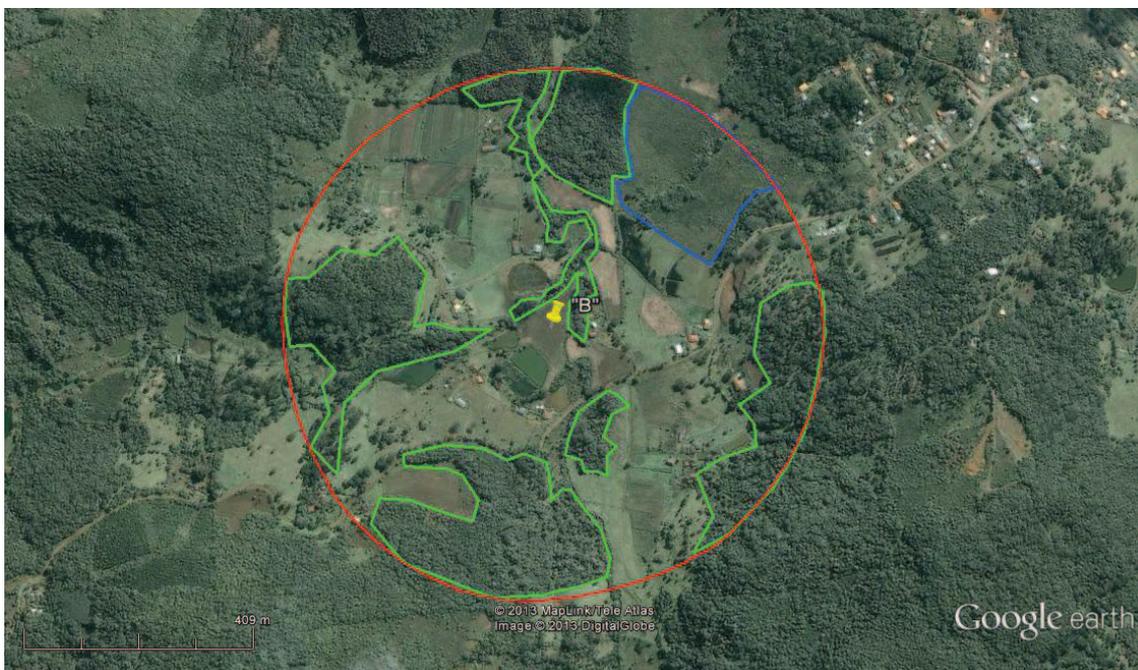


FIGURA 4 - Área "B", situada no município de União da Vitória – PR. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, e as de cor azul destacam área de várzea.
Fonte: Google Earth, com modificações da autora.

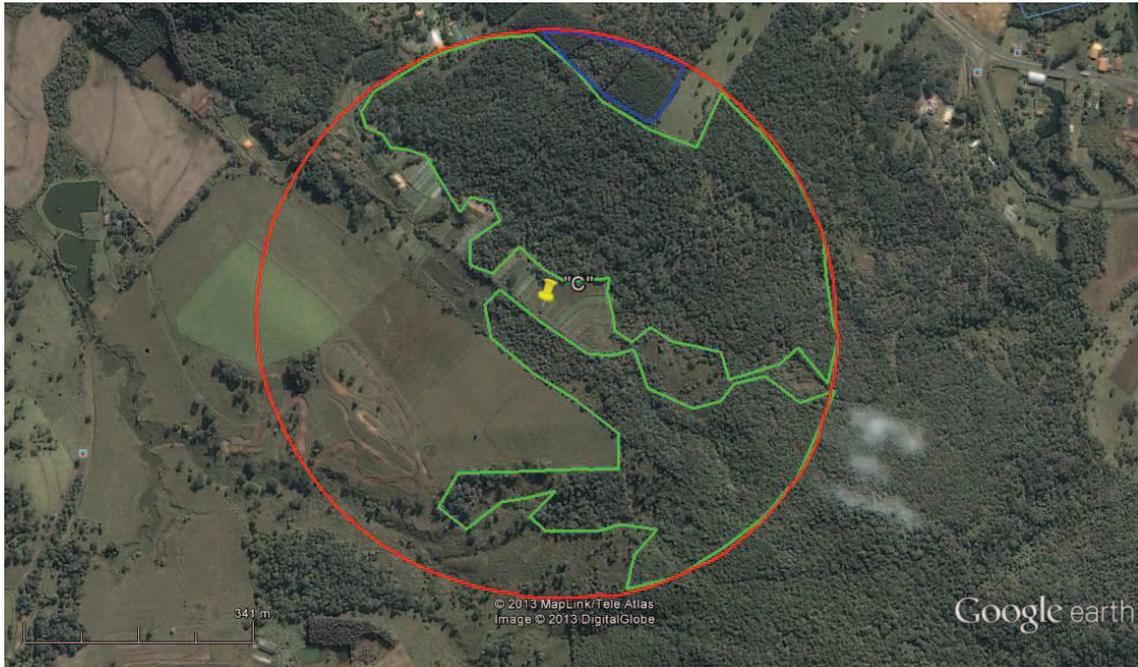


FIGURA 5 – Área “C”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus*.

Fonte: Google Earth, com modificações da autora.

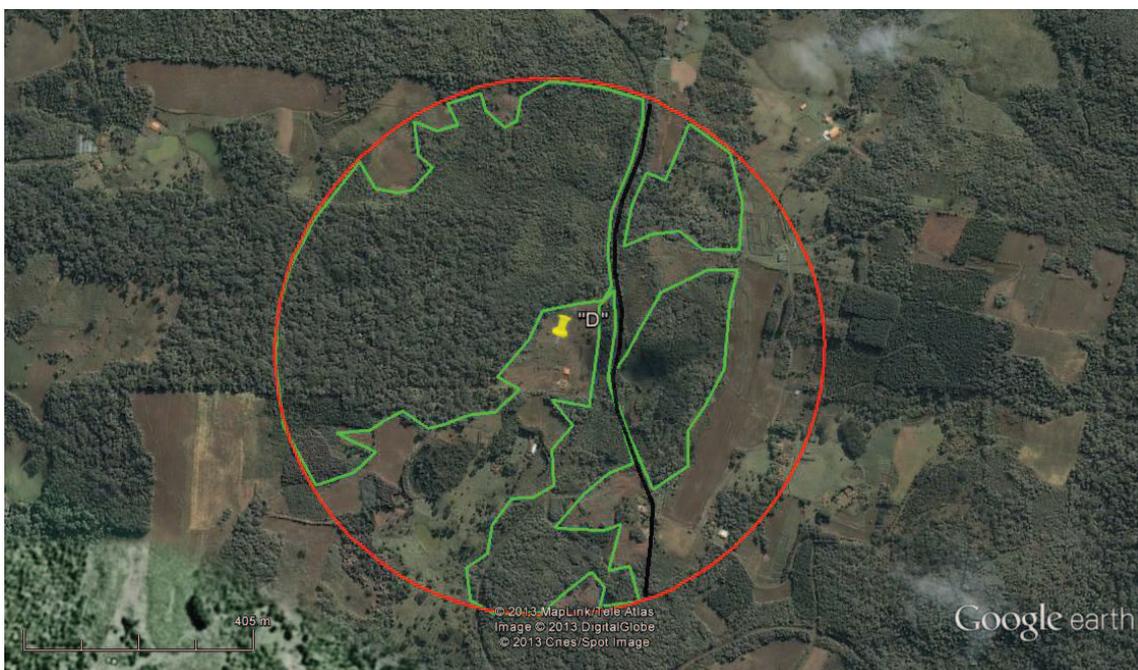


FIGURA 6 – Área “D”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango.

Fonte: Google Earth, com modificações da autora.

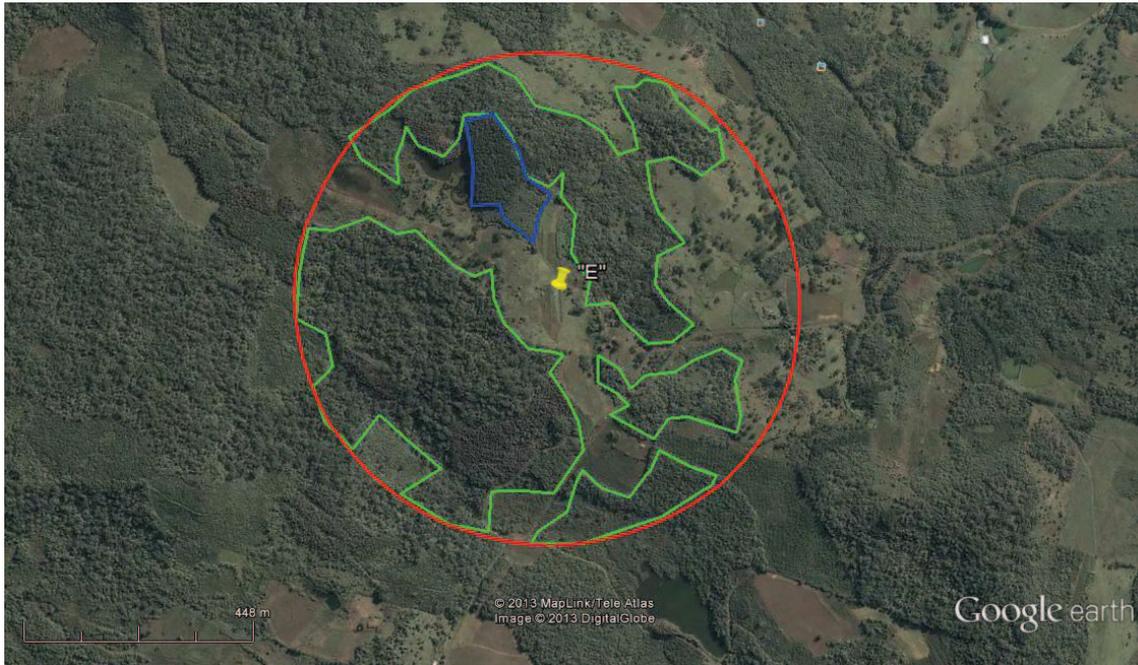


FIGURA 7 – Área “E”, situada no município de Porto União - SC. As linhas de cor verde representam as áreas de vegetação nativa entorno dos canteiros de morango, e as de cor azul destacam a monocultura de *Pinus*.

Fonte: Google Earth, com modificações da autora.

2.2 Coleta das abelhas visitantes florais de *Fragaria x ananassa*- Duschene

As coletas das abelhas nas flores dos morangueiros foram 1 vez por semana em cada uma das áreas amostradas, de setembro de 2011 a fevereiro de 2012 que correspondeu ao período máximo de floração. Caminhadas alternadas entre os canteiros foram feitas, durante 20 minutos por hora, no período das 9:00 às 16:20hrs. Durante as caminhadas foram amostradas todas as abelhas presentes nas flores, resultando em um esforço amostral de 490 horas e um total de 75 coletas.

As abelhas foram coletadas diretamente nas flores, com auxílio de microtúbulos (não sendo utilizada rede entomológica para evitar a contaminação dos pólenes), (Figura 8). Em seguida as abelhas foram mortas em câmara mortífera contendo acetato de etila e posteriormente recebendo uma etiqueta de identificação. Após esse processo, os exemplares foram lavados em álcool 70% para a retirada dos grãos de pólen dos seus corpos.

Posteriormente, em laboratório, as abelhas foram montadas em alfinetes entomológicos e devidamente etiquetadas, sendo depositados na coleção do Laboratório de Biologia e Ecologia Comportamental de Vespas e Abelhas da Unicentro-Guarapuava – Paraná.

Para identificação ao nível de gênero, foi utilizada literatura específica, de acordo com a classificação proposta por Silveira et al. (2002). Posteriormente, os espécimes foram enviados para a Universidade Federal do Paraná – UFPR, aos cuidados do Prof. Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo e para Universidade Federal da Bahia – UFBA, aos cuidados da Profa. Dra. Favízia de Oliveira Freitas, para identificação ao nível de espécies. A ausência de chaves dicotômicas para alguns grupos de abelhas impediu a identificação até o nível específico e assim estas permaneceram como morfo-espécies.

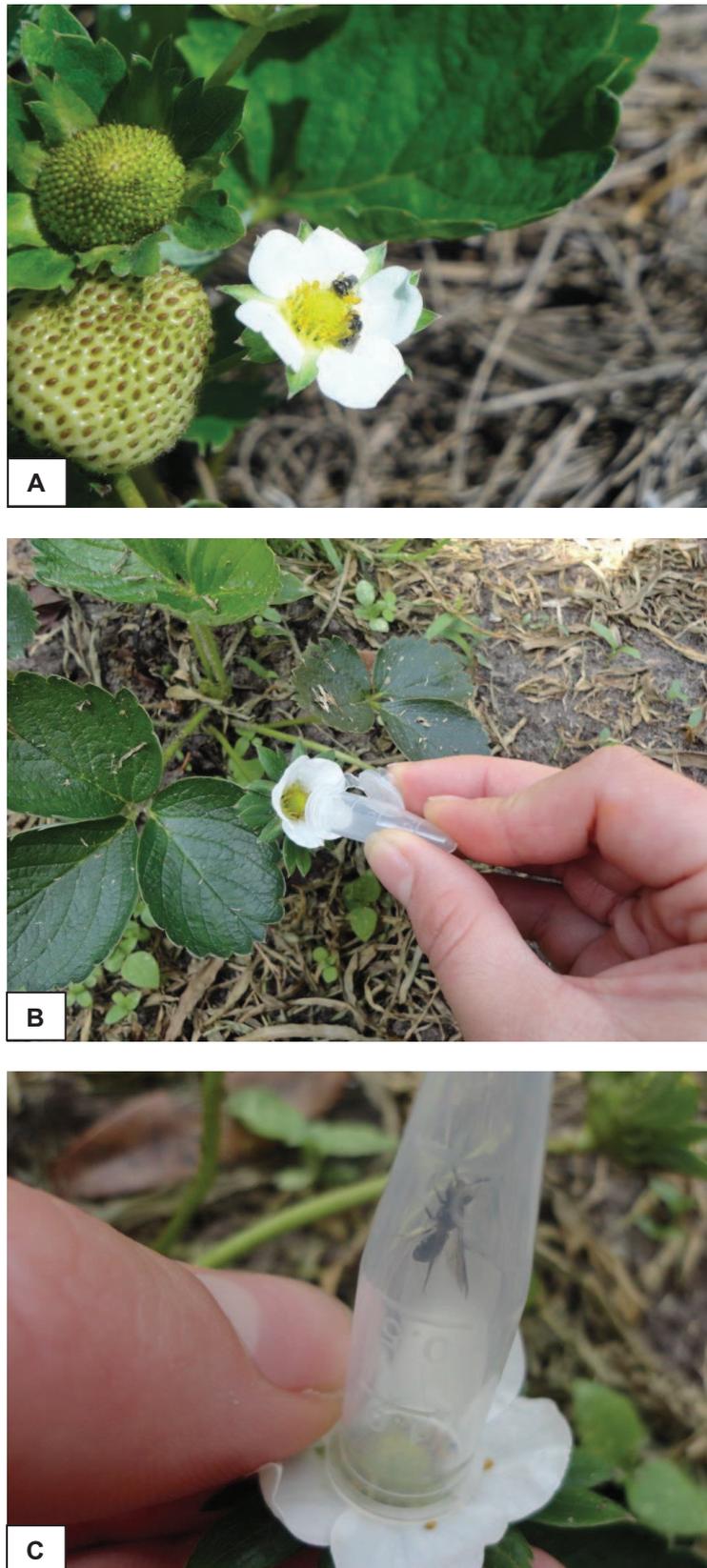


FIGURA 8 - Abelha do gênero *Dialictus* coletando pólen e néctar na flor do morangueiro (A); Coleta da abelha na flor do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duschene) (B e C).

2.3 Análises de dados

A fauna de abelhas nas flores do morangueiro foi caracterizada qualitativamente e quantitativamente, através do número de famílias e espécies. A partir desses dados, foi mensurada a diversidade *Alfa* e *Beta*, a dominância e frequência das espécies, a similaridade entre as áreas e ainda, análises relacionadas a fatores abióticos como temperatura, umidade, atividade semanal e horária. Os dados foram incluídos em um banco de dados e trabalhados em Microsoft Excel 2010 e programas específicos.

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), riqueza de Margalef (D_{mg}) e equitabilidade de Pielou (J') foram calculados utilizando-se o programa PAST (Paleontological Statistics 1.32, Hammer *et al*, 2001). A normalidade dos dados foi previamente verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e, quando necessário, os dados foram log transformados. Estas análises foram executadas no programa STATISTICA 8.0 (StatSoft. Inc. 2007).

2.3.1 Diversidade Alfa (α)

A diversidade Alfa (α) ou local, corresponde à diversidade dentro de um habitat ou comunidade, considerando o número total de espécies em pequenas áreas de habitat uniforme (Magurran, 2004). Sendo assim, a Diversidade Alfa foi calculada para cada uma das cinco áreas amostradas, utilizando os seguintes índices:

❖ *Diversidade de Margalef* - É um índice simples que considera somente o número de espécies ($s-1$) e o logaritmo (base 10 ou natural) do número total de indivíduos (Magurran, 1988), sendo estimado através da seguinte equação:

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

Onde:

S → é o número de espécies amostradas;

N → é o número total de indivíduos em todas as espécies.

❖ *Diversidade de Shannon-Wiener (H')* - Este é o índice mais utilizado, e considera tanto a uniformidade (equitabilidade) quanto a riqueza de espécies, determinando a biodiversidade da comunidade (Ludwig e Reynolds, 1988). O aumento do número de espécies ou o aumento da uniformidade das abundâncias aumenta a diversidade. Este índice dá menos peso para as espécies raras do que às comuns e é obtido pela equação:

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

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.

Um teste estatístico *t a posteriori* foi aplicado para analisar a hipótese nula de não haver diferenças significativas entre os índices de Shannon-Wiener obtidos para as diferentes amostras, descrito por Magurran (2004). De fato, em todos os casos os índices deveriam ser testados estatisticamente para prover uma informação mais refinada sobre suas diferenças.

❖ *Equitabilidade de Pielou* – É um índice que expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, ou seja, indica se as diferentes espécies possuem abundância semelhantes ou divergentes (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:

valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima)

$$E = H / H_{\text{máx}}$$

Onde:

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

S → número de espécies;

H → índice de diversidade de Shannon-Wiener.

2.3.2 Diversidade Beta (β)

A diversidade Beta (β) corresponde à diversidade entre habitats, é a de mudança de espécies ao longo de um gradiente ambiental (Magurran, 2004)

A similaridade da fauna de abelhas entre as cinco áreas em relação a presença-ausência de espécies foi calculada através do índice de Jaccard (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;

As mudanças na composição de espécies entre as áreas foi medida pela análise de agrupamento usando o coeficiente de distância de Bray-Curtis como uma métrica e método de grupo par da média não ponderada, (Unweight Pair-Group Method Average), (Sneath e Sokal 1973; Ludwig e Reynolds 1988), sendo calculado o coeficiente de correlação cofenético (r) para avaliar a adequação dos dendrogramas. As matrizes de similaridade foram comparadas pelo teste de Mantel. As áreas foram agrupadas pelos seguintes métodos de ligação: UFMGA, FLEXI e WPMGA. Foram utilizados três métodos de agrupamento porque o valor do coeficiente de correlação cofenético (r) pelo UPMGA ficou abaixo de 0,8. Todas essas análises foram realizadas pelo programa NTSYSpc, versão 2.0.

2.3.3 Frequência e dominância de espécies

Os dados de abundância de espécies das cinco áreas estudadas foi ilustrado por traçar o número de espécimes coletados para cada espécie em ordem de sua classificação, a partir de maior abundância, pelo menos abundância, seguindo Whittaker (1965). A frequência de ocorrência (FO) e a dominância das espécies (D) foram calculadas de acordo com Palma (1975): $FO = (\text{número de amostras com a espécie } i \div \text{número total de amostras}) \times 100$. 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 $FO \leq 25\%$, a espécie é classificada como espécie acidental. $D =$

(abundância da espécie $i \div$ abundância total) \times 100. Se $D > 5\%$ a espécie é classificada como espécie dominante; Se $2.5\% < D < 5\%$ a espécie é classificada como espécie assessória; Se $D < 2.5\%$ a espécie é classificada como espécie acidental. Palma (1975) relata que estes índices pode ser usado em conjunto para agrupar as espécies em três categorias: espécies comuns, espécies intermediárias e de espécies raras.

2.3.4 Dados abióticos

Os dados abióticos de temperatura e umidade relativa do ar foram analisados durante os seis meses de coleta, de setembro de 2011 à fevereiro de 2012. Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre a abundância de abelhas e dados abióticos, a partir dos valores de temperatura média e umidade relativa do ar em cada dia de coleta, utilizando o programa Bioestat 2009 Profissional 5.8.1.

Dentre as variáveis climáticas, a umidade relativa do ar foi transformada (arcoseno) com o objetivo de linearizar a proporção destas. Os dados de temperatura foram logaritmizados, a fim de homogeneizar a amostra e reduzir a variância dos dados. Também foi necessário fazer a transformação dos dados relacionados ao número de indivíduos capturados através da raiz quadrada (Zar, 1984).

A abundância de abelhas não foi influenciada por fatores abióticos, como temperatura e umidade relativa do ar. Isso pode ser justificado pelo fato, de que, em dias muito frios, especialmente quando havia muita neblina e garoa, não eram realizadas coletas.

3 RESULTADOS

Abundância de abelhas nas flores do morangueiro

Foram capturadas 2.552 abelhas nas flores do morangueiro das cinco áreas estudadas, distribuídas em 153 espécies, 23 gêneros e sete tribos, sendo que apenas 24 espécies puderam ser nomeadas. As cinco famílias de abelhas presentes no Brasil foram amostradas: Apidae foi a mais abundante (n=1.257, 49,25%), seguida por Halictidae (n= 1.123, 44%), Andrenidae (n= 170, 6,67%), Megachilidae (n=1, 0.04%) e Colletidae (n=1, 0.04%). Em relação ao número de espécies, Halictidae foi a mais diversa (n=103 spp), seguida por Andrenidae (n=30 spp), Apidae (n=18 spp), Megachilidae e Colletidae com uma espécie cada uma (Figura 9, Apêndice A).

Apidae foi mais bem representada por: *Plebeia* sp1(n=428, 34.05%), *Tetragonisca angustula* (n=403, 32.06%) e *Apis mellifera* (n=150, 11.93%). Na família Halictidae, *Dialictus* sp82 (n=131, 12.20%) foi a espécie mais abundante, em Andrenidae, foi *Rhopitulus aff. eustictus* (n=40, 23.53%) .

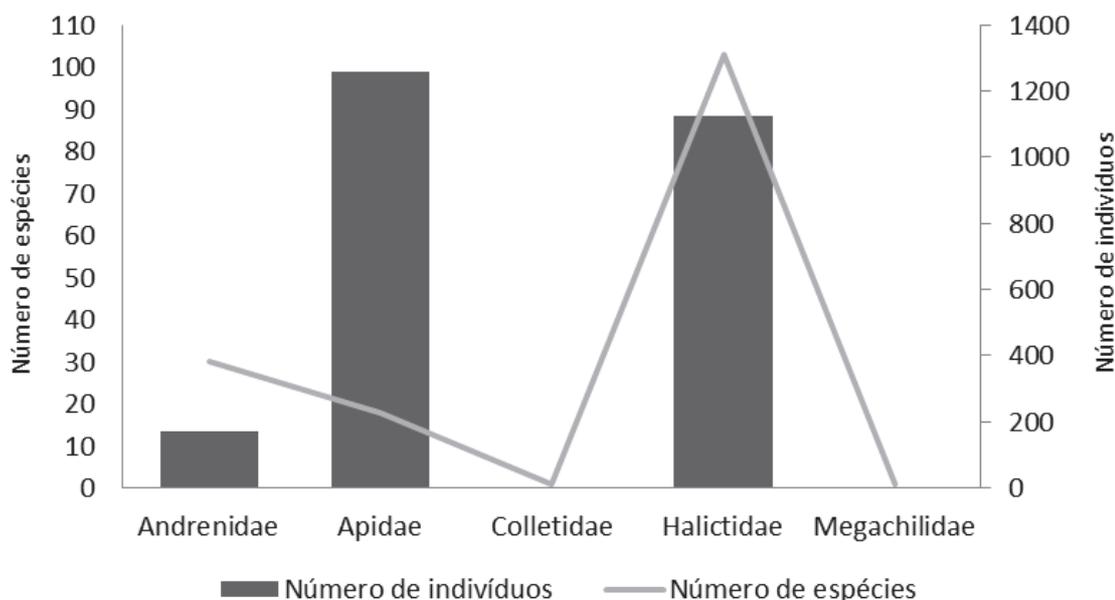


FIGURA 9 - Número de espécies e de indivíduos representantes das cinco famílias de abelhas, amostrados em *Fragaria x ananassa* Duschene, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória (PR) e Porto União (SC), set/2011-fev/2012.

Frequência e dominância de espécies por área

Apis mellifera e *Plebeia* sp1 estiveram entre o grupo de espécies comuns em três das cinco áreas estudadas. Por sua vez, *Tetragonisca angustula*, em duas áreas de estudo esteve na categoria de espécie comum (áreas A e B), enquanto nas áreas C e D, foi considerada intermediária. *Dialictus* sp82 foi considerada espécie comum apenas nas áreas (D e E). *Trigona spinipes* e *Rhopitulus aff. eustictus* foram comuns apenas na área B, (Apêndice A).

Na área "A" foram capturadas 492 abelhas distribuídas nas famílias Apidae (n=404, 82,11%), Halictidae (n=81, 16,46%), Andrenidae (n=5, 1,03%), Colletidae (n=1, 0,20%) e Megachilidae (n=1, 0,20%), totalizando 50 espécies.

Na área "B" amostrou-se 609 indivíduos das famílias Apidae (n=311, 51,07%), Halictidae (n=191, 31,36%) e Andrenidae (n=107, 17,57%), perfazendo um total de 77 espécies.

Na área "C", coletou-se 525 espécimes das famílias Apidae (n=319, 60,76%), Halictidae (n=201, 38,28%) e Andrenidae (n=5, 0,96%), perfazendo um total de 55 espécies. As espécies comuns foram: *Plebeia* sp1 (n=178, D=33,90%, FO=100%), *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (n=40, D=7,62%, FO=80,00%) e *Apis mellifera*, (n=36, D=6,86%, FO=66,67%), e as intermediárias: *Dialictus* sp11 (n=19, D=3,62%, FO=53,33%), *Dialictus* sp12 (N=17, D=3,24%, FO=66,67%), *Tetragonisca angustula*, (n=17, D=3,24%, FO=66,67%), *Ceratina (Crewella)* sp5 (n=15, D=2,86%, FO=40,00%), *Ceratina (Crewella)* sp1 (n=14, D=2,67%, FO=53,33%) e *Dialictus* sp28 (n=14, D=2,67%, FO=53,33%), e 46 espécies raras (Apêndice D).

Na área "D" amostrou-se 494 indivíduos das famílias Halictidae (n=265, 53,65%), Apidae (n=187, 37,85%) e Andrenidae (n=42, 8,50%), totalizando 75 espécies. As espécies classificadas como comuns foram: *Plebeia* sp1 (n=73, D=14,78% e FO=86,67%), *Plebeia remota*, (n=54, D=10,93% e FO=80,00%), *Dialictus* sp82 (n=42, D=8,50% e FO=100 %) e *Dialictus* sp12 (n=25, D=5,06% e FO=80,00%), e as intermediárias: *Tetragonisca angustula*, (n=22, D=4,45% e FO=40,00%), *Dialictus* sp27 (n=22, D=4,45% e FO=46,67%), *Dialictus* sp80 (n=22, D=4,45% e FO=66,67%), *Dialictus* sp81 (n=18, D=3,64% e FO=66,67%), *Apis mellifera* (n=16, D=3,24% e FO=46,67%) e *Dialictus* sp41 (n=13, D=2,63% e FO=46,67%), com 65 espécies classificadas como raras (Apêndice E).

Na área “E” foram coletadas 432 abelhas das famílias Halictidae (n=385, 89,12%), Apidae (n=36, 8,33%) e Andrenidae (n=11, 2,55%), totalizando 77 espécies. As espécies comuns foram: *Dialictus* sp82 (n=70, D=16,20% e FO=93,33%), *Dialictus* sp27 (n=28, D=6,48% e FO=66,67%), *Apis mellifera* (n=24, D=5,56% e FO=66,67%), *Dialictus* sp28 (n=23, D=5,32% e FO=73,33%), e as intermediárias: *Pseudagapostemon pruinosus* (n=20, D=4,63% e FO=33,33%), *Dialictus* sp81 (n=19, D=4,40% e FO=60%), *Dialictus* sp11 (n=16, D=3,70% e FO=60%), *Dialictus* sp80 (n=14, D=3,24% e FO=46,67%), *Dialictus* sp15 (n=13, D=3,01% e FO=53,33%) e *Augochlorella ephyra* (n=13, D=3,01% e FO=40%), sendo 67 espécies classificadas como raras (Apêndice F).

Diversidade Alfa (α)

Os valores dos índices de riqueza de Margalef (D_{mg}), diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') obtidos nas cinco áreas refletem maior diversidade na área “E” ($D_{mg} = 12,2$, $H' = 3,60$ e $J' = 0,83$), com 77 espécies e menor diversidade, riqueza e equitabilidade na área A ($D_{mg} = 7,91$, $H' = 1,90$ e $J' = 0,48$), com 50 espécies.

Houve diferença significativa entre os valores do índice de Shannon-Wiener sendo a diversidade significativamente menor na área “A” quando comparada as demais estudadas. As outras áreas não foram significativamente diferentes entre si (Tabela 2).

TABELA 1- Número de espécies (S), abundância (A), diversidade de Shannon-Wiener (H'), Riqueza de Margalef (D_{mg}) e Equitabilidade de Pielou (J') em *Fragaria x ananassa* Duschene - União da Vitória-PR, Porto União-SC, set/2001 – fev/2012.

	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
S	50	77	55	75	77
N	491	609	525	494	432
H'	1,90	3,13	2,91	3,45	3,62
D_{mg}	7,91	11,85	8,62	11,93	12,52
J'	0,48	0,72	0,73	0,80	0,84

TABELA 2 – Resultado do Teste t e valores de (p), comparando as cinco áreas de cultivares de *Fragaria x ananassa* Duschene - União da Vitória (PR) e Porto União (SC), no período de set/2001 – fev/2012. (*p significativo < 0,05)

Áreas x Áreas	t	p
"A" X "E"	3,59	0,003*
"A" X "B"	3,36	0,005*
"A" X "C"	4,14	0,001*
"A" X "D"	3,598	0,003*
"B" X "C"	0,788	0,436
"B" X "E"	0,242	0,809
"B" X "D"	0,242	0,809
"C" X "E"	0,544	0,589
"C" X "D"	0,544	0,589
"D" X "E"	1,833	0,061

Diversidade Beta (β)

Com base no coeficiente de Jaccard (J_c), verificou-se uma maior semelhança com relação à presença e ausência de espécies, entre as áreas D e E ($J_c = 0,402$) e a menor similaridade entre as áreas A e E (Tabela 3). Entretanto, para todos os comparativos os valores de similaridade obtidos se mostraram baixos ($< 0,5$).

TABELA 3 - Similaridade de Jaccard obtida na comparação entre as faunas de abelhas das cinco áreas (A, B, C, D e E) estudadas em União da Vitória (PR), e Porto União (SC), set/2001 – fev/2012.

Áreas	A	B	C	D	E
A	-	-	-	-	-
B	0,263	-	-	-	-
C	0,364	0,306	-	-	-
D	0,344	0,394	0,368	-	-
E	0,257	0,339	0,326	0,402	-

A partir dos resultados obtidos pelo coeficiente de Bray-Curtis foi possível observar que as áreas A e C foram os locais que apresentaram a estrutura de comunidade mais semelhante em relação aos demais. Em todos os métodos de agrupamentos aplicados o coeficiente de correlação cofenética (r) do teste de Mantel foi menor que 0,800 (UPMGA – $r = 0.62524$, Flex – $r = 0.64433$, WPGMA – $r = 0.64433$), porém os grupos se mantiveram: A x C e D x E ficaram sempre juntos (Figura 10).

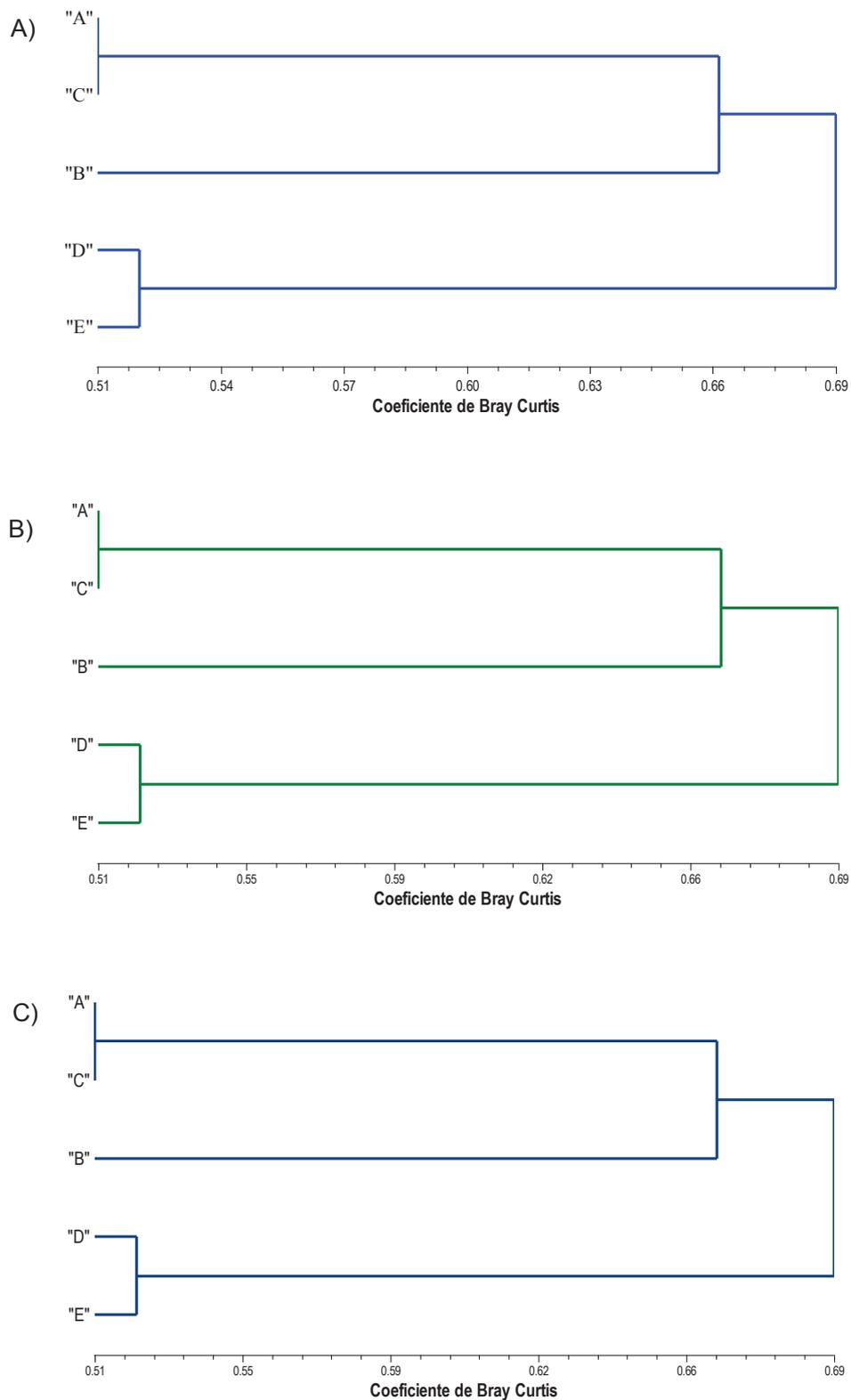


FIGURA 10 - Dendrogramas de Dissimilaridade de Bray-Curtis entre as cinco áreas (área "A"; área "B"; área "C"; área "D" e área "E") pelos métodos: (A)UPMGA-(r : 0.62524); (B) Flex -(r : 0.64433); (C)-WPGMA (r : 0.64433) obtidos pelo agrupamento das espécies.

Dados abióticos

De acordo com as análises de correlação de Pearson entre a abundância de abelhas e as variáveis abióticas, durante os seis meses de coleta, não foi observada correlação entre o número de abelhas coletadas nas flores e as condições climáticas temperatura e umidade relativa do ar.

Atividade diária das abelhas nas flores

A partir dos dados obtidos nesse estudo, verificou-se um número elevado de abelhas nas flores do morangueiro entre os horários das 10:00 às 14:00 horas, sendo que aproximadamente 80% dos indivíduos foram coletados nessa faixa de horário (Figura 11). A atividade máxima delas ocorreu em torno das 11 horas.

Os membros das famílias Apidae e Halictidae apresentaram atividade entre as 09:00 e 16:00 horas, com picos das 11:00 às 13:00 horas (Figura 11). *Plebeia remota*, *Plebeia* sp1, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* (Apidae) e *Dialictus* sp11, *Dialictus* sp12, *Dialictus* sp26, *Dialictus* sp27, *Dialictus* sp28 e *Dialictus* sp41 (Halictidae) foram as únicas espécies que apresentaram atividade diária durante todo o período de coleta (Figura 13).

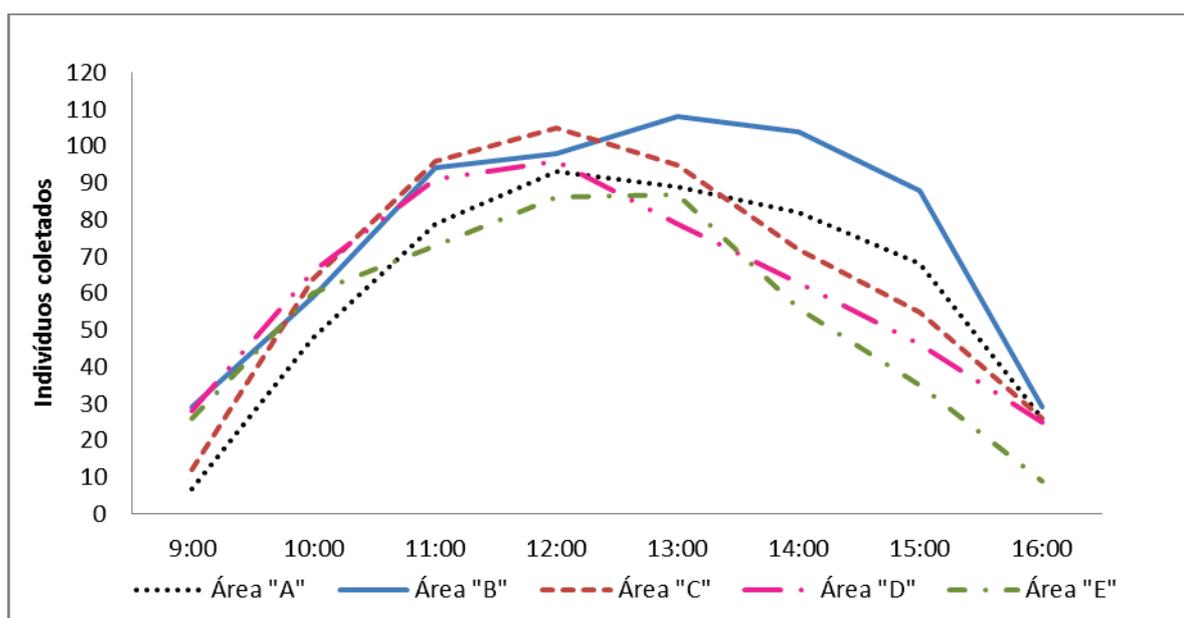


FIGURA 11 - Atividade das abelhas nas flores de *Fragaria x ananassa* Duschene, nos oito intervalos de coleta, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória-PR e Porto União-SC, set/2011-fev/2012.

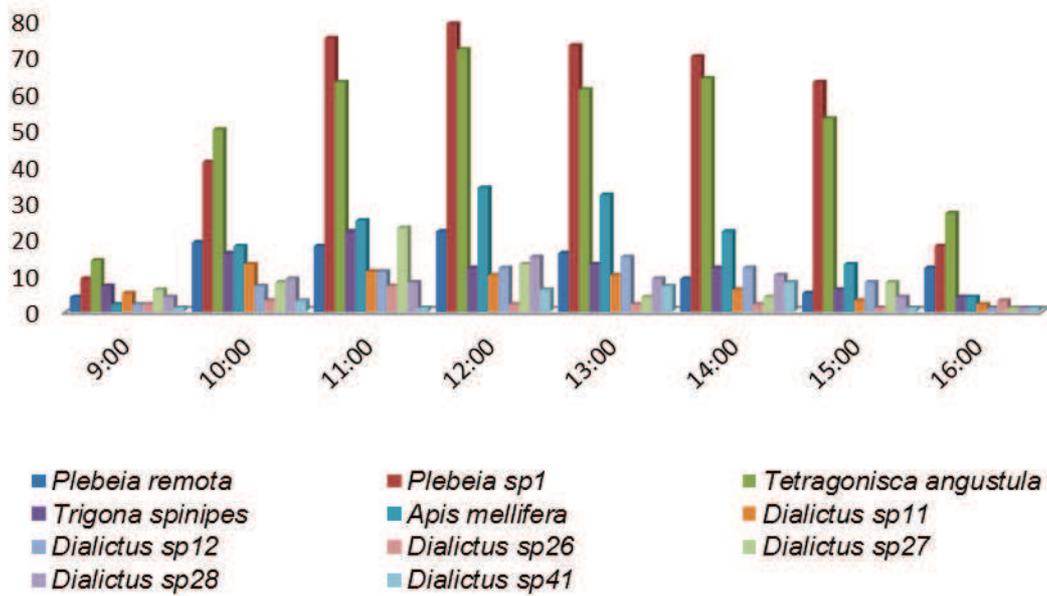


FIGURA 12 - Atividade diária das espécies de abelhas mais abundantes nas flores de *Fragaria x ananassa* Duschene, nos intervalos de coleta, nas cinco áreas de estudo. União da Vitória-PR e Porto União-SC, set/2011-fev/2012.

4 DISCUSSÃO

Apidae e Halictidae são as famílias mais abundantes e diversas, respectivamente. O mesmo resultado foi registrado em alguns trabalhos na região sul do país: Cardoso-Sobrinho (2004), Steiner et al. (2006), Cascaes (2008), Krug e Mougá (2010), Mougá (2004), Krug e Alves-dos-Santos (2008). Barbosa (2009) também encontrou este mesmo padrão em cultivares de morango, no município de Rancho Queimado/SC. Segundo Michener (2000), a elevada abundância e riqueza de abelhas destas famílias em flores ocorrem porque a maioria delas é generalista quanto à coleta dos recursos florais.

Nesse estudo, uma grande quantidade de espécies de abelhas foi coletada no morangueiro. Estudos realizados por McGregor (1976), Barbosa (2009), Antunes et al. (2007) evidenciaram que devido às características da biologia floral de *Fragaria x ananassa* Dusch. é grande a dependência desta planta pela polinização biótica. De acordo com Malagodi-Braga (2002), o morangueiro apresenta características pouco especializadas e tem uma grande oferta de flores, as quais apresentam simetria radial, flor aberta em forma de prato, néctar bastante acessível, anteras expostas e boa oferta de pólen, permitindo a visitação de uma grande variedade de abelhas. As flores do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Dusch.) são hermafroditas, porém nem sempre há coincidência da liberação do pólen com a receptividade estigmática, o que favorece a polinização cruzada (Brazanti, 1989; McGregor, 1976; Malagodi-Braga, 2002).

Plebeia sp1, *Tetragonisca angustula*, *Apis mellifera* e *Dialictus* sp82 foram os visitantes florais mais abundantes, sendo que as abelhas sem ferrão (Meliponini) corresponderam a 40% do total amostrado, *Apis mellifera* (6%) e o gênero *Dialictus* a 36%. Por possuírem colônias perenes e com elevada densidade (Michener et al., 2004; Roubik, 1989), abelhas sociais, são mais frequentes nas flores. Além disto, elas apresentam fidelidade floral, tendendo a visitar apenas uma espécie de flor em uma viagem de coleta (Roubik, 1989), assegurando a fecundação e produção de frutos. A elevada taxa de visitação dessas espécies nas flores do morangueiro já foi constatada por outros pesquisadores, em Atibaia e Valinhos - SP (Malagodi-Braga, 2002) encontrou *Tetragonisca angustula* e *Apis mellifera* como os principais polinizadores do morango, enquanto em Rancho Queimado – SC (Barbosa, 2009),

amostrou maior número de *Apis mellifera*, o mesmo foi descrito por Chagnon (1989) e Free (1993).

Na área “A” e “B” a espécie mais abundante e comum foi *Tetragonisca angustula*, enquanto nas áreas “C” e “D”, a espécie mais abundante e comum foi *Plebeia* sp1. *Tetragonisca angustula* é uma espécie que apresenta grande plasticidade de nidificação, podendo ocupar os locais mais variados, como cercas, muros, paredes, madeiras abandonadas, telhados, entre outros, habitando facilmente áreas com grande influência antrópica (Nogueira-Neto, 1997). *Plebeia* constitui um gênero bastante diversificado e amplamente distribuído na região tropical e subtropical. Seus ninhos são construídos em ocos de troncos de árvores, paredões de pedra, mourões de cercas, fendas de rochas e paredes de casas antigas, inclusive em áreas urbanas (Nogueira-Neto, 1997).

Apenas na área “E”, o padrão de distribuição foi diferente, amostrando apenas um indivíduo da espécie *Tetragonisca angustula*. A espécie mais abundante e comum foi *Dialictus* sp82 e o referido gênero correspondeu a 71% do total de abelhas coletadas. Nesta área, a presença de meliponíneos foi muito baixa (2%). Um fator responsável por isso pode ser, que nessa área não foi encontrado nenhuma ninho de abelhas sociais num raio de 500 m dos canteiros, ao contrário das outras quatro áreas, que apresentaram pelo menos um ninho de meliponíneo em torno dos canteiros. O grande número de indivíduos nessa área pode ser explicado pela presença de grande quantidade de vegetação nativa em torno dos canteiros, e também uma grande área de pasto, o que propicia locais para a nidificação.

De acordo com outros estudos realizados no morangueiro (Barbosa, 2009; Malagodi-Braga, 2002; Nitsch, 1950; Chagnon et al, 1989;. Free 1993), a perfeita formação dos frutos ocorre pela complementariedade da polinização de diferentes espécies de abelhas. Segundo resultados obtidos por Barbosa (2009) e Malagodi-Braga (2002), as flores polinizadas apenas por abelhas indígenas resultaram em frutos malformados devido à polinização incompleta na região apical ou ao lado, enquanto que os frutos resultantes da polinização apenas por *Apis mellifera* estavam pobremente desenvolvidos próximos à base. As flores visitadas por esse conjunto de abelhas resultaram em frutos completamente formados, enfatizando a importância da diversidade de polinizadores nas taxas de produção dessa cultura.

De acordo com Petersen et al. (2006) a abundância e a riqueza de espécies da fauna tende a ser maior em áreas de produção orgânica, pois esse sistema de produção favoreceria maior diversidade e abundância de plantas espontâneas.

A comunidade de abelhas amostrada nesse estudo é caracterizada por um número elevado de espécies com poucos indivíduos, enquanto que um número reduzido de espécies foi representado por muitos espécimes. Resultados semelhantes foram encontrados em diferentes habitats por Heithaus (1979), Bortoli e Laroca (1990), Barbola e Laroca (1993). De acordo com Laroca et al., (1982), há uma tendência de se encontrar muitas espécies com poucos indivíduos em diferentes habitats do mundo.

As áreas “D” e “E” foram as mais similares, as duas áreas estão situadas no município de Porto União – SC e próximas aproximadamente 2 km. Conforme Miranda e Carvalho (2009) o índice de similaridade de Jaccard é considerado alto para valores acima de 50%. Sendo assim, pode-se afirmar que o resultado obtido é baixo, mostrando que as áreas são pouco similares. Isso justifica-se quando analisamos o número de espécies comuns e exclusivas entre as áreas. Das 153 espécies registradas, apenas 15 delas foram coletadas em todas as áreas, enquanto 66 espécies foram exclusivas, ou seja, ocorreram em apenas uma das áreas amostradas. A área “E” apresentou o maior número de espécies exclusivas (n=20), seguido da área “B” com 15 espécies, área “D” com 11 espécies, área “A” com 9 espécies e área “C” com 8 espécies exclusivas.

A partir dos resultados obtidos pelo do Coeficiente de Bray-Curtis, foi possível observar que os grupos mais similares foi o A-C, os quais apresentaram o menor valor de dissimilaridade, em todos os métodos de agrupamento. Em segundo lugar, em todos eles, foi o grupo D-E, também estão próximas e todas essas estão situadas no município de Porto União-SC.

Através das observações de campo, observou-se que a antese das flores do morangueiro ocorre ao longo do dia, não apresentando um horário específico, assim como a deiscência e a produção de néctar e pólen. As flores permanecem abertas e disponíveis aos visitantes, em média por 4 dias.

Com relação ao horário de atividade das abelhas, nas primeiras horas da manhã, constata-se uma frequência reduzida de abelhas nas flores, o mesmo ocorreu durante o final da tarde. Isto se deve, possivelmente, à temperatura mais baixa e umidade mais elevada no início da manhã e à diminuição da temperatura e

luminosidade ao entardecer, complementado por redução de néctar e pólen das flores em decorrência da atividade de exploração destes recursos pelas abelhas. Representantes das famílias Apidae e Halictidae mostraram atividade durante todos os intervalos de coleta com picos das 11:00 as 13:00, enquanto em Andrenidae, as abelhas se mostraram mais ativas a partir das 10:00 hrs da manhã. Resultado semelhante foi encontrado por Krug (2007), em uma pesquisa realizada no município de Porto União/SC.

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que cultivares de morango situados em locais com maiores áreas naturais de florestas sustentam uma maior biodiversidade de abelhas em relação aqueles cultivares onde a vegetação nativa não foi preservada. A área "A" foi significativamente menos diversa do que as outras e apresenta a menor quantidade de vegetação nativa num raio de 500 m em torno dos canteiros, enquanto todas as outras áreas apresentaram maiores quantidades de vegetação nativa em torno dos cultivares. Estudos mostram que locais cultivados cercados por habitats naturais, apresentam uma diversidade de abelhas significativamente maior do que culturas cercados por terras não cultivadas, com o número de abelhas nas culturas sendo maior com a proximidade de habitats naturais (Ockinger e Smith, 2007). Esses pesquisadores também observaram que locais com produção orgânicas e próximas ao habitat natural, as comunidades de abelhas nativas fornecem serviço de polinização completa, enquanto cultivares convencionais e isoladas de vegetação nativa apresentaram uma reduzida diversidade e abundância de espécies nativas de abelhas, resultando em insuficiência de serviços de polinização de abelhas nativas sozinho (Morandin et al., 2007).

De fato, a preservação da vegetação natural no entorno das áreas de cultivo é essencial para a manutenção do estoque de polinizadores silvestres e, portanto, garante uma melhor produtividade. Os remanescentes florestais favorecem a presença de abelhas, ao fornecer áreas para nidificação, proteção, descanso e alimentação (Roubik, 2006). Ambientes estruturalmente complexos podem oferecer mais habitats, possibilitando diversas formas de exploração dos recursos e assim propiciar um incremento na diversidade de espécies (Tews et al., 2004). Das duas áreas estudadas por Malagodi-Braga, 2002, a região de Atibaia tinha uma faixa de mata secundária preservada próximo aos canteiros, garantindo uma maior oferta de locais para nidificação, esta área foi mais rica e diversa. De acordo com Malagodi-

Braga, 2002, essa faixa de vegetação pode fornecer o estabelecimento de espécies com nidificação subterrânea e manutenção dessas populações de abelhas através da oferta de alimento (polen e néctar) ao longo do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D.; SMITH, M. (1998). "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements." Irrigation and Drainage Paper, FAO, Rome, Italy v. 56.
- ALVES-DOS-SANTOS, I., (1998). A importância das abelhas na polinização e manutenção da diversidade dos recursos vegetais. Anais do Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. (2007). Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. Horticultura brasileira, v.25, p.94-99.
- BARBOLA, I.F.; LAROCCA, S. 1993. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): I. Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. Acta Biológica Paranaense, v. 22, p.91-113.
- BARBOSA, J. F. (2009). Ecologia da polinização de *Fragaria x ananassa* Duchesne cv 'Aromas' (Rosaceae) em sistemas de produção orgânico e convencional, sob proteção de túneis baixos, em Rancho Queimado, SC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. (2007). Ecologia de indivíduos a ecossistemas. 4ª Ed. Artmed Editora S/A. Porto Alegre.
- BORTOLI, C.; LAROCCA, S. (1990). Estudo biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) em uma área restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com notas comparativas. Dusenya, v.15, p.1-112.
- BRAZANTI E. E. (1989). La fresa. Madri: Mundi-Prensa, 386p.
- CARDOSO-SOBRINHO, G. Abelhas e vespas (Hymenoptera, Aculeata) em áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto em Siderópolis, SC. (2004). Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.
- CASCAES, M. F. (2008). A comunidade de abelhas (hymenoptera, apoidea) e flores visitadas em um fragmento de Mata Atlântica, no município de Maracajá, Santa Catarina. 2008. 59 f. TCC (Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma,
- CHAGNON, M. GINGRAS, J. OLIVEIRA, D. (1989). Pollination rate of strawberries. Journal of Economic Entomology, v.82, p.1350-1353
- DIAZ, S., TILMAN, D., FARGIONE, J., CHAPIN, F.S. III, DIRZO, R.,KTZBERBER, T. (2005). Biodiversity regulation of ecosystem services. In: Trends and Conditions (ed. MA). Island Press, Washington, DC, pp. 279–329.

DI CASTRI F. AND HADLEY M. 1986. Enhancing the credibility of ecology: is interdisciplinary research for land use planning useful? *Geojournal* 13: 299–325.

EARDLEY, C., ROTH, D., CLARKE., BUCHMANN, S. GEMMIL, B. Pollinator and pollination: a resource book for policy and practice. African Pollinator Initiative: South Africa, 2006.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. Pp. 19-25. *In*: B.M. Freitas & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 282p.

FRANKIE GW, VINSON SB, RIZZARDI MA, GRISWOLD TL, O'KEEFE S, SNELLING RR. 1997; Diversity and abundance of bees visiting a mass flowering tree species in disturbed seasonal dry forest, Costa Rica. *Journal of the Kansas Entomological Society* 70: 281-96.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. (1993) 2.ed. Academic Press, London.

HAMMER; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analyses. *Paleontologia eletrônica* 4,

HEITHAUS, E.R. 1979. Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: Diversity and phenology. *Ecology* 60: 190-202

HOOPER, D.U., CHAPIN, F.S., EWELL, J.J., HECTOR, A., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S. ET AL. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.*, 75, 3–35.

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

JORDANO, P. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution *The American Naturalist*, Vol. 129, No. 5. 1987. pp. 657-677.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 29: 83-112.

KEVAN, P.G. E BAKER, H.G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28:407-53.

KEVAN, P.G. e Imperatriz-Fonseca V.L. 2006. *Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 336p.

KEVAN, P.G. e VIANA, B.F. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity Journal of Life on Earth* 494): 03-08.

KEVAN, P. G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 373-393

KERR, E.W., CARVALHO, G.A., SILVA, A.C. E ASSIS, M.G.P. 2001. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade Amazônica. *Parcerias Estratégicas* 12: 21- 41.

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 of the Royal Society B Biological Sciences*, 274: 303-313.

KLEIN, R. M. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. Itajaí: Sudesul, FATMA, HBR

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; AIZEN, M.A.; GEMMIL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S.G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E.E.; GREENLEAF, S.S.; KEIT, T.H.; KLEIN, A.M.; REGETZ, J. & RICKETTS, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10: 299-314.

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) Dissertação de mestrado, Criciúma – SC.

KRUG, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. 2008. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neo. Entomol.* 37(3):265-278.

LAROCCA, S.; CURE, J.R.H & BORTOLI, C. 1982. A associação das abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. *Dusenya* 13:93-117.

LAWTON, J.H., MAY, E. M., STORK, N.E. compare the estimated current extinction rate to the background extinction rate in "Assessing Extinction Rates" in *Extinction Rates*, Lawton and May, Eds., Oxford: Oxford University Press, 1995

LOREAU, M., NAEEM, S., INCHAUSTI, P., BENGTSSON, J., GRIME, J.P., HECTOR, A. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 294, 804–808.

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

MALAGODI-BRAGA, K. S. (2002). Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). Tese (Doutorado), 104 p.

Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia, São Paulo.

MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.

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

MATHESON, A.; BUCHMANN, S.L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P. & WILLIAMS, J.H. 1996. *The conservation of bees*. Academic Press, London, UK. 254p.

MAYER C (2004) Pollination services under different grazing intensities. *Int J Trop Insec Sci* 24: 95-103.

MCGREGOR, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Research Service United States Department of Agriculture, Washington.

MICHENER, C.D.; R.J. MCGINLEY & B.N. DANFORTH. 1994. The bee genera of north and central America (Hymenoptera: Apoidea). Washington, D.C., Smithsonian Institution Press, VIII+209p.

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

MORANDIN, L.A., WINSTON, M.L., ABBOTT, V.A. e FRANKLIN, M.T.(2007). Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? *Basic Appl. Ecol.*, 8, 117–124

MOUGA, D. M. D. S.; KRUG, C. 2010. As comunidades de abelhas (Apidae) na Floresta Ombrófila Densa Montana em Santa Catarina, Brasil. *Zoologia*, v. 27, n. 1, p. 70-80.

MOUGA, D.M.D.S. 2004. As comunidades de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Mata Atlântica na região nordeste do estado de Santa Catarina, Brasil. Tese de Doutorado. USP: São Paulo.

NABHAN, G. P.; BUCHMANN, S.(1997). Services provided by pollinators. In: DAILY, G. C. (Ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington: Island Press,. p. 133-150.

NAEEM S, THOMPSON LJ, LAWLER SP, LAWTON JH, WOODFIN RM (1994) Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368: 734–737.

NAIR, P.K.K.2004. Plant taxonomy. *Current science*, vol.86, no.5, 2004, p 665-667.

NITSCH, J.P. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, v.37, p.211-215, Mar.

NOGUEIRA-COUTO R H, PEREIRA J M S, COUTO L A (1990) Estudo da polinização entomófila em *Cucurbita pepo* (abóbora italiana). *Científica* 18: 21-27.

NOGUEIRA-NETO, P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo, Edições Nogueirapis (ISBN-8586525-01-4). 446p.

ÖCKINGER E, SMITH HG. 2007. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*. 44:50–59.

PALMA, S. Contribución al estudio de los sifonoforos encontrados frente a la costa de Valparaíso. Aspectos ecológicos, (1975). In: II Simpósio Latino Americano Sobre Oceanografía Biológica. Dóricente, Venezuela, pp. 119-133.

POTTS, S.G.; PETANIDOU, T.; ROBERTS, S.; O'TOOLE, C.; HULBERT, A.; WILLMER, P. (2006). Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129: 519-529.

PRIMACK, R. B. (1993). "Essentials of Conservation Biology." Sinauer, Sunderland, MA.

PROCTOR, M., YEO, P.; LACK, A. (1996). The natural history of pollination. Harper Collins, London UK.

REIS, M.S. (1996). Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para conservação e manejo de populações naturais em plantas. *Brazil J. Genet.* 19: 37-47.

RICKLEFS, R.E. 2003. A economia da natureza. 5ª Edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

RICKETTS, T.H., REGETZ, J., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., BOGDANSKI, A., GEMMILL-HERREN, B., GREENLEAF, S.S., KLEIN, A.M., MAYFIELD, M.M., MORANDIN, L.A., OCHIENG', A. & VIANA, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11:499–515.

ROCHA, P.S.M. 2003. Estratégias de desenvolvimento sustentável para o turismo local: um estudo de caso do projeto turístico de União da Vitória –Paraná, 2003, 125 p. (Dissertação de mestrado, não publicada), Centro Universitário Positivo – UNICENP, Curitiba, Paraná.

ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press, Cambridge.

ROUBIK, D. W. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, v.37: p.124-143

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

SHEPERD, M.; BUCHMANN, S.L.; VAUGHAN, M. & BLACK, SH. 2003. *Pollinator Conservation Handbook*. The Xerces Society, Portland, Oregon. 145p.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R. e ALMEIDA, E. A. B. 2002. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte, Fundação Araucária, 253p.

STEINER, J.; HARTER-MARQUES, B.; ZILLIKENS, A. FEJA, E. P. 2006. Bees of Santa Catarina Island, Brazil – a first survey and checklist (Insecta: Apoidea). *Zootaxa*, New Zealand, v. 1220, p. 1-18.

TEWS J, BROSE U, GRIMM V, TIELBORGER K, WICHMANN M C, SCHWAGER M, JELTSCH F (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J Biogeogr* 31: 79-92.

WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. – *Taxon* 21: 213–251.

ZAR, J. H. 1996. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall do Brasil Ltda., Rio de Janeiro.

APENDICES

APÊNDICE A - Lista de espécies de abelhas (Hymenoptera) capturadas sobre as flores do morangueiro *Fragaria x ananassa* Duschene nas cinco áreas de produção orgânica, nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC, no período de setembro/2011 a fevereiro/2012.

Família	Genêro/Espécie	Área "A"	Área "B"	Área "C"	Área "D"	Área "E"	Total
Andrenidae	<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrottky, 1902)	1	3	2	8	2	16
	<i>Anthrenoides politus</i> Urban, 2005	0	5	1	5	1	12
	<i>Anthrenoides</i> sp1	0	5	0	2	0	7
	<i>Anthrenoides</i> sp2	0	1	0	0	2	3
	<i>Anthrenoides</i> sp3	0	1	0	0	0	1
	<i>Anthrenoides</i> sp4	0	1	0	0	0	1
	<i>Anthrenoides</i> sp5	0	2	0	0	0	2
	<i>Anthrenoides</i> sp6	0	1	0	0	0	1
	<i>Anthrenoides</i> sp7	0	1	0	2	0	3
	<i>Anthrenoides</i> sp8	0	1	0	1	0	2
	<i>Psaenythia bergii</i> Holmberg, 1884	1	0	0	0	0	1
	<i>Psaenythia annulata</i> Gerstaecker, 1968	0	0	0	0	2	2
	<i>Psaenythia</i> sp1	0	0	1	6	0	7
	<i>Psaenythia</i> sp2	0	1	0	3	1	5
	<i>Psaenythia</i> sp3	0	5	0	4	1	10
	<i>Psaenythia</i> sp4	1	1	0	3	0	5
	<i>Psaenythia</i> sp5	0	2	0	0	0	2
	<i>Psaenythia</i> sp6	0	2	0	1	0	3
	<i>Psaenythia</i> sp7	0	0	0	1	0	1
	<i>Psaenythia</i> sp8	0	3	0	0	0	3
	<i>Rhophitulus aff. eustictus</i> (Schlindwein & Moure, 1998)	0	34	0	4	2	40
	<i>Rhophitulus flavitarsis</i> (Schlindwein & Moure, 1998)	1	0	0	1	0	2
	<i>Rhophitulus</i> sp1	1	23	0	1	0	25
	<i>Rhophitulus</i> sp2	0	2	0	0	0	2
	<i>Rhophitulus</i> sp3	0	1	0	0	0	1

Continuação Tabela 3

	<i>Rhophitulus</i> sp4	0	1	0	0	0	1
	<i>Rhophitulus</i> sp6	0	2	0	0	0	2
	<i>Rhophitulus</i> sp7	0	7	0	0	0	7
	<i>Rhophitulus</i> sp8	0	1	1	0	0	2
	<i>Rhophitulus</i> sp9	0	1	0	0	0	1
Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	9	65	36	16	24	150
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp1	1	0	14	1	0	16
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp2	0	0	4	0	0	4
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp4	0	0	0	0	0	0
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp5	0	0	15	0	0	15
	<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp1	0	3	0	9	0	12
	<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp2	0	0	0	6	0	6
	<i>Ceratina</i> (<i>Ceratinula</i>) sp3	0	0	0	1	0	1
	<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	0	1	0	0	0	1
	<i>Lanthonomelissa betinae</i> Urban, 1995	0	4	0	0	1	5
	<i>Oxytrigona</i> sp.	0	0	9	0	0	9
	<i>Paratetrapedia fervida</i> (Smith, 1879)	0	0	1	0	0	1
	<i>Plebeia remota</i> (Holmberg, 1903)	5	0	40	54	6	105
	<i>Plebeia</i> sp1	170	4	178	73	3	428
	<i>Plebeia</i> sp2	0	1	0	4	0	5
	<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	1	0	0	1	0	2
	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	208	156	17	22	0	403
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	10	77	5	0	0	92
Halictidae	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) <i>amphitrite</i> (Schrottky, 1910)	3	2	10	1	3	19
	<i>Augochlora</i> sp1	0	1	3	1	4	9
	<i>Augochlora</i> sp2	0	0	6	0	0	6
	<i>Augochlorella ephyra</i> (Schrottky, 1910)	3	3	4	0	13	23
	<i>Augochlorella iopoecila</i> Moure, 1950	0	0	0	0	9	9
	<i>Augochlorella urania</i> (Smith, 1853)	2	0	10	1	0	13
	<i>Augochlorella</i> sp1	2	3	11	0	4	20

Continuação Tabela 3

<i>Augochlorella</i> sp2	0	0	8	1	9	18
<i>Augochlorella</i> sp3	0	0	0	0	1	1
<i>Augochlorella</i> sp4	0	0	2	0	1	3
<i>Augochlorella</i> sp5	0	0	1	0	1	2
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	0	1	1	1	4	7
<i>Augochloropsis</i> sp1	0	0	1	0	5	6
<i>Augochloropsis</i> sp2	0	1	0	0	3	4
<i>Augochloropsis</i> sp3	0	0	0	0	2	2
<i>Augochloropsis</i> sp4	0	0	1	0	1	2
<i>Dialictus</i> sp01	0	1	0	3	0	4
<i>Dialictus</i> sp02	0	0	3	0	0	3
<i>Dialictus</i> sp03	1	0	3	0	0	4
<i>Dialictus</i> sp04	2	0	4	7	0	13
<i>Dialictus</i> sp05	0	0	0	1	2	3
<i>Dialictus</i> sp06	0	1	0	2	2	5
<i>Dialictus</i> sp07	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp08	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp09	3	3	0	0	0	6
<i>Dialictus</i> sp10	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp11	5	8	19	12	16	60
<i>Dialictus</i> sp12	4	13	17	25	9	68
<i>Dialictus</i> sp13	0	7	2	5	5	19
<i>Dialictus</i> sp14	0	1	1	1	0	3
<i>Dialictus</i> sp15	1	3	1	6	13	24
<i>Dialictus</i> sp16	2	0	0	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp17	2	2	9	1	0	14
<i>Dialictus</i> sp18	0	6	1	0	3	10
<i>Dialictus</i> sp19	0	9	0	4	0	13
<i>Dialictus</i> sp20	0	1	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp21	0	0	4	2	1	7

Continuação Tabela 3

<i>Dialictus</i> sp22	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp23	2	5	0	0	0	7
<i>Dialictus</i> sp24	1	3	5	1	2	12
<i>Dialictus</i> sp25	2	10	0	4	7	23
<i>Dialictus</i> sp26	0	7	1	9	5	22
<i>Dialictus</i> sp27	6	10	1	22	28	67
<i>Dialictus</i> sp28	4	11	14	8	23	60
<i>Dialictus</i> sp29	0	0	3	4	1	8
<i>Dialictus</i> sp30	2	0	0	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp31	1	16	13	9	10	49
<i>Dialictus</i> sp32	0	1	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp33	0	1	3	0	0	4
<i>Dialictus</i> sp34	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp35	0	9	7	1	2	19
<i>Dialictus</i> sp36	2	0	0	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp37	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp38	0	2	0	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp39	0	0	0	4	0	4
<i>Dialictus</i> sp40	5	1	4	1	3	14
<i>Dialictus</i> sp41	3	3	3	13	6	28
<i>Dialictus</i> sp42	0	3	1	2	2	8
<i>Dialictus</i> sp43	0	0	1	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp44	0	0	0	1	2	3
<i>Dialictus</i> sp45	2	0	0	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp46	0	1	0	1	1	3
<i>Dialictus</i> sp47	1	0	1	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp48	0	0	0	1	2	3
<i>Dialictus</i> sp49	0	0	0	0	2	2
<i>Dialictus</i> sp50	2	0	0	3	1	6
<i>Dialictus</i> sp51	1	0	0	0	1	2

Continuação Tabela 3

<i>Dialictus</i> sp52	0	0	0	2	0	2
<i>Dialictus</i> sp53	0	1	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp54	1	0	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp55	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp56	0	0	2	0	0	2
<i>Dialictus</i> sp57	1	0	1	3	0	5
<i>Dialictus</i> sp58	0	0	0	0	2	2
<i>Dialictus</i> sp59	0	2	0	0	2	4
<i>Dialictus</i> sp60	0	0	0	1	1	2
<i>Dialictus</i> sp61	0	0	0	3	3	6
<i>Dialictus</i> sp62	0	3	0	0	3	6
<i>Dialictus</i> sp63	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp64	0	1	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp65	1	0	0	2	5	8
<i>Dialictus</i> sp66	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp67	0	0	0	0	8	8
<i>Dialictus</i> sp68	0	1	0	0	1	2
<i>Dialictus</i> sp69	1	0	0	3	1	5
<i>Dialictus</i> sp70	1	0	0	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp71	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp72	2	0	0	0	1	3
<i>Dialictus</i> sp73	0	0	0	0	1	1
<i>Dialictus</i> sp74	0	0	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp75	0	0	0	1	3	4
<i>Dialictus</i> sp76	0	0	0	0	4	4
<i>Dialictus</i> sp77	0	0	0	0	2	2
<i>Dialictus</i> sp78	0	0	0	0	5	5
<i>Dialictus</i> sp79	0	0	0	0	6	6
<i>Dialictus</i> sp80	2	4	0	22	14	42
<i>Dialictus</i> sp81	4	2	7	18	19	50

Continuação Tabela 3

	<i>Dialictus</i> sp82	2	6	11	42	70	131
	<i>Neocorynura oiospermi</i> Schrottky, 1909	1	0	1	2	0	4
	<i>Pseudagapostemon pruinus</i> Moure & Sakagami, 1984	0	11	0	2	20	33
	<i>Pseudaugochlora cf. flammula</i> Almeida, 2008	0	0	0	0	1	1
	<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)	0	8	0	0	0	8
	<i>Thectochlora basiatra</i> (Strand, 1910)	0	3	0	0	0	3
Colletidae	<i>Nomiocolletes</i> sp.	1	0	0	0	0	1
Megachilidae	<i>Megachile pleuralis</i>	1	0	0	0	0	1
Total		492	609	525	494	432	2552

APENDICE B - Espécies de abelhas e seus respectivos índices de dominância (D%) e frequência de ocorrência (FO%) na Área "A" – Porto União/SC. * (Classificação proposta por Palma 1975)

Espécies	D (%)	FO (%)	Classificação *
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Apis mellifera</i>	1,83	40,00	RARA
<i>Augochlora amphitrite</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Augochlorella ephyra</i>	0,61	20,00	RARA
<i>Augochlorella sp1</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Augochlorella urania</i>	0,41	6,67	RARA
<i>Ceratina (Crewella) sp1</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp03</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp04</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp09</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp11</i>	1,02	13,33	RARA
<i>Dialictus sp12</i>	0,81	13,33	RARA
<i>Dialictus sp15</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp16</i>	0,41	6,67	RARA
<i>Dialictus sp17</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp20</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp23</i>	0,41	6,67	RARA
<i>Dialictus sp24</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp25</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp27</i>	1,22	33,33	RARA
<i>Dialictus sp28</i>	0,81	6,67	RARA
<i>Dialictus sp30</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp31</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp36</i>	0,41	6,67	RARA
<i>Dialictus sp40</i>	1,02	13,33	RARA
<i>Dialictus sp41</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp45</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp47</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp50</i>	0,41	6,67	RARA
<i>Dialictus sp51</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp54</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp57</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp65</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp69</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp70</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp72</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp80</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Dialictus sp81</i>	0,81	20,00	RARA
<i>Dialictus sp82</i>	0,41	13,33	RARA
<i>Megachile pleuralis</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Neocorynura oiospermi</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Nomiocolletes sp.</i>	0,20	6,67	RARA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Plebeia remota</i>	1,02	6,67	RARA
<i>Plebeia sp1</i>	34,55	93,33	COMUM
<i>Psaenythia bergi</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp4</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Rhophitulus flavitarsis</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp1</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Tetragonisca angustula</i>	42,28	100,00	COMUM
<i>Trigona spinipes</i>	2,03	6,67	RARA

APENDICE C - Espécies de abelhas e seus respectivos índices de dominância (D%) e frequência de ocorrência (FO%) na Área "B" – Porto União/SC. * (Classificação proposta por Palma 1975)

Espécies	D%	FO %	Classificação *
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Anthrenoides politus</i>	0,82	33,33	RARA
<i>Anthrenoides sp1</i>	0,82	20,00	RARA
<i>Anthrenoides sp2</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp3</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp4</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp5</i>	0,33	13,33	RARA
<i>Anthrenoides sp6</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp7</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp8</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Apis mellifera</i>	10,67	93,33	COMUM
<i>Augochlora amphitrite</i>	0,33	6,67	RARA
<i>Augochlora sp1</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Augochlorella ephyra</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Augochlorella sp1</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Augochloropsis cupreola</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Augochloropsis sp2</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Ceratina (Ceratinula) sp1</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Dialictus sp01</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp06</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp09</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Dialictus sp11</i>	1,31	26,67	RARA
<i>Dialictus sp12</i>	2,13	66,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp13</i>	1,15	33,33	RARA
<i>Dialictus sp14</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp15</i>	0,49	6,67	RARA
<i>Dialictus sp17</i>	0,33	13,33	RARA
<i>Dialictus sp18</i>	0,99	20,00	RARA
<i>Dialictus sp19</i>	1,48	20,00	RARA
<i>Dialictus sp20</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp23</i>	0,82	26,67	RARA
<i>Dialictus sp24</i>	0,49	6,67	RARA
<i>Dialictus sp25</i>	1,64	26,67	RARA
<i>Dialictus sp26</i>	1,15	20,00	RARA
<i>Dialictus sp27</i>	1,64	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp28</i>	1,81	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp31</i>	2,63	53,33	COMUM
<i>Dialictus sp32</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp33</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp35</i>	1,48	20,00	RARA
<i>Dialictus sp38</i>	0,33	6,67	RARA
<i>Dialictus sp40</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp41</i>	0,49	13,33	RARA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Dialictus sp42</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Dialictus sp46</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp53</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp59</i>	0,33	6,67	RARA
<i>Dialictus sp62</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Dialictus sp64</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp68</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Dialictus sp80</i>	0,66	13,33	RARA
<i>Dialictus sp81</i>	0,33	13,33	RARA
<i>Dialictus sp82</i>	0,99	33,33	RARA
<i>Exomalopsis analis</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Lanthanomelissa betinae</i>	0,66	13,33	RARA
<i>Plebeia sp1</i>	0,66	13,33	RARA
<i>Plebeia sp2</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp2</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp3</i>	0,82	33,33	RARA
<i>Psaenythia sp4</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp5</i>	0,33	13,33	RARA
<i>Psaenythia sp6</i>	0,33	13,33	RARA
<i>Psaenythia sp8</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Pseudagapostemon pruinosus</i>	1,81	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Rhophitulus aff. eustictus</i>	5,58	73,33	COMUM
<i>Rhophitulus sp1</i>	3,78	60,00	COMUM
<i>Rhophitulus sp2</i>	0,33	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp3</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp4</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp6</i>	0,33	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp7</i>	1,15	20,00	RARA
<i>Rhophitulus sp8</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp9</i>	0,16	6,67	RARA
<i>Tetragonisca angustula</i>	25,62	93,33	COMUM
<i>Thectochlora alaris</i>	1,31	40,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Thectochlora basiatra</i>	0,49	13,33	RARA
<i>Trigona spinipes</i>	12,64	80,00	COMUM

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

APENDICE D - Espécies de abelhas e seus respectivos índices de dominância (D%) e frequência de ocorrência (FO%) na Área "C" – Porto União/SC. * (Classificação proposta por Palma 1975)

Espécies	D%	FO %	Classificação *
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	0,19	13,33	RARA
<i>Anthrenoides politus</i>	0,19	6,67	RARA
<i>Apis mellifera</i>	6,86	66,67	COMUM
<i>Augochlora amphitrite</i>	1,90	53,33	RARA
<i>Augochlora</i> sp1	0,57	20,00	RARA
<i>Augochlora</i> sp2	1,14	33,33	RARA
<i>Augochlorella ephyra</i>	0,76	13,33	RARA
<i>Augochlorella</i> sp1	2,10	26,67	RARA
<i>Augochlorella</i> sp2	1,52	40,00	RARA
<i>Augochlorella</i> sp4	0,38	13,33	RARA
<i>Augochlorella</i> sp6	0,19	6,67	RARA
<i>Augochlorella urania</i>	1,90	46,67	RARA
<i>Augochloropsis cupreola</i>	0,19	6,67	RARA
<i>Augochloropsis</i> sp1	0,19	6,67	RARA
<i>Augochloropsis</i> sp4	0,19	6,67	RARA
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp1	2,67	53,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp2	0,76	20,00	RARA
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp5	2,86	40,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus</i> sp02	0,57	20,00	RARA
<i>Dialictus</i> sp03	0,57	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp04	0,76	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp11	3,62	53,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus</i> sp12	3,24	66,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus</i> sp13	0,19	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp14	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp15	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp17	1,71	33,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp18	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp21	0,76	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp24	0,95	20,00	RARA
<i>Dialictus</i> sp26	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp27	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp28	2,67	53,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus</i> sp29	0,57	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp31	2,48	60,00	RARA
<i>Dialictus</i> sp33	0,57	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp35	1,33	33,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp40	0,76	13,33	RARA
<i>Dialictus</i> sp41	0,57	20,00	RARA
<i>Dialictus</i> sp42	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp43	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp47	0,19	6,67	RARA
<i>Dialictus</i> sp56	0,19	6,67	RARA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

Dialictus sp57	0,19	6,67	RARA
Dialictus sp81	1,33	33,33	RARA
Dialictus sp82	2,10	40,00	RARA
Neocorynyra oiospermi	0,19	6,67	RARA
Oxytrigona sp.	1,71	20,00	RARA
Paratetrapedia fervida	0,19	6,67	RARA
Plebeia remota	7,62	80,00	COMUM
Plebeia sp1	33,90	100,00	COMUM
Psaenythia sp1	0,19	6,67	RARA
Rhophitulus sp8	0,19	6,67	RARA
Tetragonisca angustula	3,24	66,67	INTERMEDIÁRIA
Trigona spinipes	0,95	20,00	RARA

APENDICE E - Espécies de abelhas e seus respectivos índices de dominância (D%) e frequência de ocorrência (FO%) na Área "D" – Porto União/SC. * (Classificação proposta por Palma 1975)

Espécies	D%	FO %	Classificação *
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	1,62	26,67	RARA
<i>Anthrenoides politus</i>	1,01	26,67	RARA
<i>Anthrenoides sp1</i>	0,40	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp7</i>	0,40	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp8</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Apis mellifera</i>	3,24	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Augochlora amphitrite</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Augochlora sp1</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Augochlorella sp2</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Augochlorella urania</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Augochloropsis cupreola</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Ceratina (Ceratinula) sp1</i>	1,82	26,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Ceratina (Ceratinula) sp2</i>	1,21	13,33	RARA
<i>Ceratina (Ceratinula) sp3</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Ceratina (Crewella) sp1</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp01</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp04</i>	1,42	20,00	RARA
<i>Dialictus sp05</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp06</i>	0,40	13,33	RARA
<i>Dialictus sp07</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp11</i>	2,43	40,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp12</i>	5,06	80,00	COMUM
<i>Dialictus sp13</i>	1,01	26,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp14</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp15</i>	1,21	20,00	RARA
<i>Dialictus sp17</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp19</i>	0,81	20,00	RARA
<i>Dialictus sp21</i>	0,40	6,67	RARA
<i>Dialictus sp24</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp25</i>	0,81	6,67	RARA
<i>Dialictus sp26</i>	1,82	20,00	RARA
<i>Dialictus sp27</i>	4,45	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp28</i>	1,62	33,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp29</i>	0,81	13,33	RARA
<i>Dialictus sp31</i>	1,82	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp34</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp35</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp37</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp39</i>	0,81	13,33	RARA
<i>Dialictus sp40</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp41</i>	2,63	46,67	RARA
<i>Dialictus sp42</i>	0,40	13,33	RARA
<i>Dialictus sp44</i>	0,20	6,67	RARA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Dialictus sp46</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp48</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp50</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp52</i>	0,40	6,67	RARA
<i>Dialictus sp57</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp60</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp61</i>	0,61	20,00	RARA
<i>Dialictus sp65</i>	0,40	13,33	RARA
<i>Dialictus sp66</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp69</i>	0,61	13,33	RARA
<i>Dialictus sp71</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp74</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp75</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Dialictus sp80</i>	4,45	66,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp81</i>	3,64	66,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp82</i>	8,50	100,00	COMUM
<i>Neocorynura oiospermi</i>	0,40	13,33	RARA
<i>Plebeia remota</i>	10,93	80,00	COMUM
<i>Plebeia sp1</i>	14,78	86,67	COMUM
<i>Plebeia sp2</i>	0,81	20,00	RARA
<i>Psaenythia sp1</i>	1,21	20,00	RARA
<i>Psaenythia sp2</i>	0,61	20,00	RARA
<i>Psaenythia sp3</i>	0,81	13,33	RARA
<i>Psaenythia sp4</i>	0,61	20,00	RARA
<i>Psaenythia sp6</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp7</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Pseudagapostemon pruinus</i>	0,40	13,33	RARA
<i>Rhophitulus aff. eustictus</i>	0,81	20,00	RARA
<i>Rhophitulus flavitarsis</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Rhophitulus sp1</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	0,20	6,67	RARA
<i>Tetragonisca angustula</i>	4,45	40,00	INTERMEDIÁRIA

APENDICE F - Espécies de abelhas e seus respectivos índices de dominância (D%) e frequência de ocorrência (FO%) na Área "E" – Porto União/SC. * (Classificação proposta por Palma 1975)

Espécies	D%	FO %	Classificação *
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Anthrenoides politus</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Anthrenoides sp2</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Apis mellifera</i>	5,56	66,67	COMUM
<i>Augochlora amphitrite</i>	0,69	20,00	RARA
<i>Augochlora sp1</i>	0,93	6,67	RARA
<i>Augochlorella ephyra</i>	3,01	40,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Augochlorella iopoecila</i>	2,08	13,33	RARA
<i>Augochlorella sp1</i>	0,93	13,33	RARA
<i>Augochlorella sp2</i>	2,08	26,67	RARA
<i>Augochlorella sp3</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Augochlorella sp4</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Augochlorella sp6</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Augochloropsis cupreola</i>	0,93	20,00	RARA
<i>Augochloropsis sp1</i>	1,16	33,33	RARA
<i>Augochloropsis sp2</i>	0,69	13,33	RARA
<i>Augochloropsis sp3</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Augochloropsis sp4</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Ceratina (Crewella)sp4</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp05</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp06</i>	0,46	6,67	RARA
<i>Dialictus sp08</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp10</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp11</i>	3,70	60,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp12</i>	2,08	40,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp13</i>	1,16	33,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp15</i>	3,01	53,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp18</i>	0,69	13,33	RARA
<i>Dialictus sp21</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp24</i>	0,46	6,67	RARA
<i>Dialictus sp25</i>	1,62	26,67	RARA
<i>Dialictus sp26</i>	1,16	20,00	RARA
<i>Dialictus sp27</i>	6,48	66,67	COMUM
<i>Dialictus sp28</i>	5,32	73,33	COMUM
<i>Dialictus sp29</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp31</i>	2,31	33,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp35</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp40</i>	0,69	20,00	RARA
<i>Dialictus sp41</i>	1,39	13,33	RARA
<i>Dialictus sp42</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp44</i>	0,46	13,33	RARA

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Dialictus sp46</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp48</i>	0,46	6,67	RARA
<i>Dialictus sp49</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp50</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp51</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp55</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp58</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp59</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp60</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp61</i>	0,69	13,33	RARA
<i>Dialictus sp62</i>	0,69	20,00	RARA
<i>Dialictus sp63</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp65</i>	1,16	26,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp67</i>	1,85	33,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp68</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp69</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp72</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp73</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Dialictus sp75</i>	0,69	13,33	RARA
<i>Dialictus sp76</i>	0,93	20,00	RARA
<i>Dialictus sp77</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Dialictus sp78</i>	1,16	20,00	RARA
<i>Dialictus sp79</i>	1,39	20,00	RARA
<i>Dialictus sp80</i>	3,24	46,67	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp81</i>	4,40	60,00	INTERMEDIÁRIA
<i>Dialictus sp82</i>	16,20	93,33	COMUM
<i>Lanthanomelissa betinae</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Plebeia remota</i>	1,39	6,67	RARA
<i>Plebeia sp1</i>	0,69	13,33	RARA
<i>Psaenythia annulata</i>	0,46	13,33	RARA
<i>Psaenythia sp2</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Psaenythia sp3</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Pseudagapostemon pruinosos</i>	4,63	33,33	INTERMEDIÁRIA
<i>Pseudaugochlora cf. flammula</i>	0,23	6,67	RARA
<i>Rhophitulus aff. eustictus</i>	0,46	6,67	RARA
<i>Tetragonisca angustula</i>	0,23	6,67	RARA

CAPÍTULO II

REDES DE INTERAÇÕES ENTRE AS ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) E AS FLORES DO MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa*, DUSCHENE)

RESUMO: As interações mutualísticas entre as abelhas e as plantas têm um papel fundamental na organização de comunidades ecológicas, uma vez que exercem grande influência na sobrevivência de diversos organismos. Assim, é de extrema importância conhecer os fatores responsáveis pela organização, distribuição e influência das redes mutualísticas nos mais diversos sistemas. Este estudo teve como objetivo caracterizar as redes de interações entre as plantas e a apifauna visitante das flores do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duschene), em cinco áreas de produção orgânica. 950 amostras de grãos de pólen provenientes de 107 espécies de abelhas foram analisadas, constatando que estas visitaram 62 espécies de plantas incluindo o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duschene). As redes abelhas-plantas aqui representadas são típicas de interações mutualísticas com estrutura extremamente aninhada; baixa conectância (11,48 em “A” à 16,56 em “E”); baixos graus médios tanto de plantas como dos animais; prevalência de interações fracas e ocorrência de interações assimétricas. A rede “B” apresentou o maior número de conexões possíveis (M=2184) e a maior riqueza de espécies (S=94), enquanto a área “E” registrou o maior número total de interações registradas (grau=328). A distribuição de grau, tanto das plantas como para as abelhas nas cinco redes estudadas, mostra que há predominância de espécies com poucas interações e poucas espécies possuem muitas interações de forma que a chance de removermos uma espécie generalista, numa remoção aleatória é baixa, assim, a rede deve ser relativamente resistente às remoções aleatórias.

Palavras-chave: redes mutualísticas, conectância, morangueiro.

ABSTRACT: The mutualistic interactions between bees and plants have a key role in the organization of ecological communities, once a great influence on the survival of many organisms. Thus, it is extremely important to know the factors responsible for the organization, distribution and influence of mutualistic networks in various systems. This study aimed to characterize the networks of interactions between plants and apifauna visiting flowers of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duschene), in five areas of organic production. 950 grains of pollen samples from 107 species were analyzed, noting that they visited 62 plant species including strawberry (*Fragaria x ananassa* Duschene). Networks bees plants represented here are typical of mutualistic interactions in highly nested structure, low connectance (11.48 in "A" 16.56 in the "E"), low average degrees both plants and animals; prevalence of interactions weak and occurrence of asymmetric interactions. The network "B" had the highest number of connections possible ($M = 2184$) and the highest species richness ($S = 94$), while the area "E" had the highest total number of recorded interactions (degree = 328). The distribution of degree, both as to plants bees networks in five study shows that there is predominance of species with few interactions and a few species are so many interactions the chance to remove a kind general, a random removal is low, so , the network should be relatively resistant to random removals.

Keywords: mutualistic networks, connectance, strawberry.

1 INTRODUÇÃO

As interações ecológicas entre organismos de espécies diferentes estão entre os principais componentes da biodiversidade (Thompson, 2000; Guimarães, 2010). Redes de interações planta-polinizadoras ou dispersores são consideradas interações mutualísticas (Thompson, 2000; Del Claro 2004; Guimarães et al., 2007), que consistem em dois conjuntos de entidades, formados por espécies vegetais e animais, cuja dinâmica evolutiva é profundamente influenciada pelos resultados das interações, produzindo uma gama diversificada de processos co-evolucionários e estabelecendo uma relação benéfica entre dois organismos (Jordano et al., 2003; Guimarães et al., 2007). As interações mutualísticas são observadas em todos os ecossistemas e estão entre os principais processos subjacentes à evolução e organização da biodiversidade (Thompson, 2006).

As interações mutualísticas planta-animal têm uma influência generalizada na dinâmica e diversidade da comunidade, onde as interações desempenham um papel central na reprodução das plantas e a histórias de vida dos animais (Jordano et al., 2003), elas apresentam padrões de interações entre seus componentes que são um dos aspectos fundamentais da biodiversidade, porque descrevem a interdependência entre espécies (Thompson, 2006).

Uma das interações mutualísticas mais importantes do ponto de vista ecológico é a interação entre as plantas com flores e o insetos polinizadores que as visitam (Begon et al., 2006). A polinização é fundamental para a integridade estrutural e funcional dos ecossistemas naturais, bem como para a manutenção e aumento na produção de alimento (Barth, 1991; Figueiredo, 2000).

As abelhas e angiospermas são grupos mutuamente dependentes (Stebbins, 1970; Bawa, 1990) e vêm evoluindo juntamente há milhões de anos criando mecanismos de interdependência (Pitts-Singer e James, 2008), de forma que as plantas necessitam destes polinizadores para transferência do pólen das anteras aos estigmas de suas flores, assegurando a polinização, fertilização e produção de sementes, que garantirão a perpetuação das espécies (Imperatriz-Fonseca et al., 2006). As abelhas, por sua vez, dependem quase que exclusivamente dos recursos alimentares ofertados pelas angiospermas, como néctar, pólen e óleo (Michener, 2000). Existem vários fatores que podem explicar o sucesso das interações inseto-planta, dentre eles, a abundância dos dois grupos – insetos e angiospermas e a

coevolução dos grupos resultando em adaptações morfológicas em ambos (Pitts-Singer e James, 2008).

As redes mutualísticas de polinização geralmente mostram um padrão aninhado (Bascompte et al., 2003, Memmott et al., 2004, Jordano et al., 2006). Justifica-se o aparecimento dessa estrutura aninhada das interações por meio de processos ecológicos que restringem o número de interações por espécies, aspectos da biologia das plantas e animais que impossibilitam a interação entre as espécies e ainda, pela diferença na abundância das espécies especialistas e generalistas (Guimarães e Guimarães, 2006).

Uma rede aninhada possui, basicamente, três características: (i) um grupo de espécies concentra a maioria das interações, interagindo muito entre si e com as outras espécies da rede; (ii) as espécies com poucas interações interagem preferencialmente com espécies com muitas interações e (iii) não há interações entre as espécies com poucas interações (Bascompte e Jordano, 2006; Guimarães et al., 2006). As redes mutualísticas, do ponto de vista ecológico, influenciam positivamente a taxa de crescimento intrínseca das populações, sendo estas, de extrema importância para a manutenção da diversidade das comunidades ecológicas (Bascompte et al., 2006; Bastolla et al., 2009).

As redes de interações e o grau de especialização ou generalização na relação planta-abelha ainda estão pouco definidos, ou até desconhecidos para muitos ecossistemas (Silva, 2009). Identificar essas redes e definir as relações especialistas e generalistas no ecossistema pode auxiliar na compreensão dos processos ecológicos que modelam essas interações e seus efeitos na estrutura das comunidades (Waser et al., 1996; Olesen e Jordano, 2002; Silva et al., 2007), visto que, uma boa avaliação da estrutura das interações planta-polinizador é essencial para avaliar a estabilidade do sistema de polinização (Bosch et al., 2009).

A análise das redes de interações é uma importante ferramenta para a compreensão da estrutura dessas interações e especialmente a respeito do impacto antrópico sobre as mesmas (Memmott *et al.* 2004, Silva et al. 2007). Estudos realizados a partir da análise dos grãos de pólen encontrado no corpo das abelhas são de extrema importância e grande eficiência na determinação do compartilhamento de recursos florais, e também para determinar o comportamento oligolético ou polilético das abelhas quanto a busca por recursos (Silva 2005, Cane e Sipes, 2006).

Desse modo, o referido estudo objetivou a partir de análises polínicas, delinear a estrutura das redes de interações plantas-polinizadores em cultivares orgânicos de morango e as plantas existentes na região, bem como, identificar as espécies de potenciais polinizadores de *Fragaria x ananassa* Dusch. e espécies de abelhas especialistas e generalistas quanto à busca por recursos florais.

2 METODOLOGIA

As áreas em que foram realizadas as coletas dos visitantes florais no morangueiro para estudo da biodiversidade, e são as mesmas áreas aqui utilizadas. A retirada dos grãos de pólen para análise das redes de interações foi realizada para os espécimes coletados para análise da biodiversidade no Capítulo I, portanto, são as mesmas e já estão descritas no item 2.1, assim como a metodologia de coleta das abelhas no item 2.2 do capítulo I.

Durante os intervalos de coleta, também foi observado o comportamento das abelhas nas flores do morangueiro durante a coleta de recursos.

2.1 Análise dos grãos de pólen

As amostras dos grãos de pólen foram retiradas do corpo das abelhas coletadas nas flores do morangueiro, nas cinco áreas estudadas. Para coleta das abelhas foram usados microtubos, os quais eram preenchidos com álcool 70%. Após esse processo, os microtúbulos era levemente agitadados, para que os grãos de pólen se desprendessem do corpo das abelhas. Depois de coletado, o material polínico foi acondicionado em álcool 70% até a acetólise e as abelhas foram alfinetadas e etiquetadas para posterior identificação.

Além dos pólenes do morango, foi realizada a coleta de material botânico para a elaboração da coleção de referência, sendo retirados os grãos de pólen das plantas floridas durante o período de coleta das abelhas (setembro/2011 a fevereiro/2012) e presentes num raio de 500 m dos canteiros de morango.

Os grãos de pólen provenientes do corpo das abelhas e da coleção de referência foram submetidos ao método de acetólise proposto por Erdtman (1960) com modificações de Silva et al. (2009). Após a acetólise, o pólen foi acondicionado em glicerina 50% por, pelo menos, 24 h. Quando da preparação das lâminas, o material polínico foi bem homogeneizado, por meio de agitação manual dos tubos. Posteriormente, com auxílio de pipetas, foram retiradas pequenas quantidades do pólen para a preparação de três réplicas por amostra. Essas lâminas foram identificadas seguindo metodologia usual. Todas as lâminas elaboradas encontram-se depositadas no Laboratório de Biologia e Ecologia Comportamental de Vespas e Abelhas da Unicentro-Guarapuava – Paraná.

Para cada planta foram confeccionadas duas lâminas de referência e para o material coletado no corpo das abelhas uma lâmina por espécie de abelha coletada em cada um dos intervalos do dia.

Os grãos de pólen existentes nas amostras retiradas do corpo das abelhas foram analisados qualitativamente e quantitativamente, sendo realizada a contagem dos primeiros 400 grãos por lâmina. Um total de 950 amostras de grãos de pólen foi obtido a partir do material coletado no corpo de 107 espécies de abelhas visitantes das flores do morangueiro, totalizando 361.200 grãos de pólen.

Com auxílio da microscopia de luz foram analisadas todas as lâminas para a identificação dos tipos polínicos utilizados. Posteriormente, foram determinadas as porcentagens de ocorrência de cada espécie e família botânica, de acordo com a classificação de Barth (1970) e Louveaux *et al.* (1970, 1978).

2.2 Análise das redes de interações

A partir das análises qualitativas e quantitativas dos grãos de pólen utilizados pelas abelhas, foram construídas as redes de interação entre as espécies de abelhas e as flores do morangueiro e das plantas existentes na região. Para investigar a estrutura destas redes foi elaborada uma matriz de adjacência com valores binários de presença e ausência de interação entre os grupos. Com base nessa matriz, calculou-se:

❖ Tamanho da rede:

$$M = AP$$

Onde:

M → indica o número máximo de interações observadas.

A e **P** → são o número total de interações entre as espécies de animais e de plantas registradas, respectivamente.

❖ Conectância – que é uma medida de densidade das interações na rede, diretamente associada ao grau de especialização médio das espécies da rede

(Olesen e Jordano, 2002). Ela é definida como a razão entre o número de interações existentes e o número de interações possíveis:

$$C = I/A.P$$

Onde:

I → é o número de interações que ocorrem na rede;

A → é o número de espécies de abelhas da rede;

P → é o número de espécies de plantas que as abelhas coletaram recursos. Assim, **A.P** é o número de interações possíveis entre as abelhas e plantas da rede.

❖ O grau de aninhamento da rede

O grau de aninhamento é uma medida da assimetria das suas interações. Neste estudo foi usada a nova métrica *NODF* para caracterizar o grau de aninhamento nas matrizes, devido à sua maior consistência teórica e acurácia nas medidas (Almeida-Neto *et al.*, 2008). As análises foram realizadas no programa ANINHADO 3.0 (Guimarães e Guimarães, 2006). Para a representação das redes de interação, por grafos eulerianos, utilizou-se o programa R.

3 RESULTADOS

Das 153 espécies de abelhas amostradas nas flores do morangueiro, 107 apresentaram carga polínica e participaram das análises de redes de interações. Constatou-se que elas visitaram 62 espécies de plantas, incluindo o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Dusch). As plantas estão distribuídas em 47 gêneros e 24 famílias, sendo 16 espécies arbustivas, 22 arbóreas, 18 herbáceas e 4 são caracterizadas como lianas. Asteraceae foi a família mais rica em número de espécies (n=14 spp.) visitadas pelas abelhas, seguida por Solanaceae (n=6 spp.), Fabaceae (n=4 spp.), Rubiaceae (n=3 spp.), Myrtaceae (n=3 spp.), Amaranthaceae (n=2 spp.), Brassicaceae (n=2 spp.), Curcubitaceae (n=2 spp.), Lamiaceae (n=2 spp.), Malpighiaceae (n=2 spp.), Onagraceae (n=2 spp.) e Poaceae (n=2 spp.). As demais famílias foram representadas por apenas uma espécie, inclusive a Rosaceae, família a qual o morango pertence (Tabela 9).

Galinsoga parviflora (Asteraceae) foi a espécie de planta que interagiu com um maior número de abelhas (depois de *Fragaria x ananassa*) em quatro áreas: 35 espécies de abelhas na área “B”, 25 na “C”, 37 na “D” e 36 na área “E”. *Polygonum punctatum* foi a espécie vegetal que interagiu com um maior número de abelhas na área “A”, (12 spp), (depois de *Fragaria x ananassa*).

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

TABELA 4 - Espécies de plantas identificadas por meio dos grãos de pólen coletados no corpo de abelhas visitantes de *Fragaria* x ananassa Dusch. nas cinco áreas (A, B, C, D e E) amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC.

Família	Hábito	Abreviatura	Espécie	A	B	C	D	E
Amaranthaceae	Herbáceo	Amasp1	<i>Amaranthus</i> sp1	X	X		X	
	Herbáceo	Amavir	<i>Amaranthus viridis</i> L.		X		X	
Anacardiaceae	Arbóreo	Schter	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi				X	X
Apiaceae	Herbáceo	Foevul	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.		X	X	X	X
Apocynaceae	Arbóreo	Forsp1	<i>Forsteronia</i> sp1		X	X		X
Arecaceae	Arbóreo	Buteri	<i>Butia eriospatha</i> (Mart. Ex Drude) Becc.	X	X		X	X
	Herbáceo	Galpar	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	X	X	X	X	X
Asteraceae	Arbustivo	Symsqu	<i>Symphotrichum squamatum</i> (Spreng.) G. L. Nesom	X	X	X	X	
	Arbustivo	Bacano	<i>Baccharis anomala</i> DC.	X	X		X	X
	Herbáceo	Bacmil	<i>Baccharis milleflora</i> (Less.) DC.					X
	Arbustivo	Astsp1	<i>Asteraceae</i> sp1	X	X			
	Arbustivo	Hypchi	<i>Hypochaeris chillensis</i> (Kunth) Britton	X	X	X	X	X
	Arbustivo	Senbra	<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	X		X		X
	Arbustivo	Helann	<i>Helianthus annuus</i> L.	X	X	X	X	
	Arbustivo	Chrpro	<i>Chrysolaena propinqua</i> (Hieron.) H.Rob.	X	X		X	X
	Arbustivo	Ambpol	<i>Ambrosia polystachya</i> DC.				X	X
	Arbustivo	Cicint	<i>Cichorium intybus</i> L.		X		X	X
Bignoniaceae	Arbustivo	Versp1	<i>Vernonia</i> sp1					X
	Arbustivo	Versp2	<i>Vernonia</i> sp2	X	X	X	X	X
	Herbáceo	Conbon	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist				X	X
	Liana	Frichi	<i>Fridericia chica</i> (Bonpl.) L.G.Lohmann		X	X	X	
Brassicaceae	Herbáceo	Brarap	<i>Brassica rapa</i> L.	X	X			X

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

	Herbáceo	Raprap	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.		X	X	X	
Cactaceae	Arbóreo	Cersp1	<i>Cereus</i> sp1				X	X
Campanulaceae	-	Lobsp1	<i>Lobelia</i> sp1		X			
Commelinaceae	Herbáceo	Traflu	<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.		X	X	X	X
Convolvulaceae	Liana	Ipoin	<i>Ipomoea indivisa</i> (Vell.) Hallier		X			X
Cucurbitaceae	Herbáceo	Curmos	<i>Cucurbita moschata</i>					X
	Herbáceo	Curmax	<i>Cucurbita maxima</i>					X
Euphorbiaceae	Arbóreo	Sapgl	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong					X
	Arbóreo	Sebcom	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs		X			X
Fabaceae	Herbáceo	Trirep	<i>Trifolium repens</i> L.		X	X	X	X
	Herbáceo	Vicsat	<i>Vicia sativa</i> L.		X			X
	Arbóreo	Senneg	<i>Senna neglecta</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby				X	X
	Arbóreo	Senten	<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose		X			
Gesneriaceae	Liana	Gessp1	<i>Gesneriaceae</i> sp1					X
Indeterminado	-	Indt1	Indt 1		X	X	X	
Lamiaceae	Arbóreo	Citlem	<i>Citrus lemon</i> L.					X
	Arbóreo	Vitmeg	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke					X
Lythraceae	Arbóreo	Heiape	<i>Heimia apetala</i> (Spreng.) S.A.Graham & Gandhi		X	X		X
Malpighiaceae	Arbóreo	Malsp1	<i>Malpighiaceae</i> sp1		X	X		X
	Arbóreo	Malsp2	<i>Malpighiaceae</i> sp2				X	X
Malvaceae	Arbustivo	Sidrho	<i>Sida rhombifolia</i> L.		X	X	X	
Meliaceae	Arbóreo	Cedfis	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.		X	X		X
Myrtaceae	Arbóreo	Psicat	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine		X			X
	Arbóreo	Eucsp1	<i>Eucaliptus</i> sp1		X	X	X	
	Arbóreo	Myrhat	<i>Myrcia hatschbachii</i> D.Legrand		X	X	X	
Onagraceae	Arbustivo	Ludser	<i>Ludwigia sericea</i> (Cambess.) H.Hara		X	X	X	X

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

	Arbustivo	Ludlon	<i>Ludwigia longifolia</i> (DC.) H.Hara	X	X	X	X	X
Poaceae	Arbóreo	Zeamay	<i>Zea mays</i> L.	X	X	X	X	
	Arbóreo	Poasp1	<i>Poaceae</i> sp1	X				
Polygonaceae	Herbáceo	Polpun	<i>Polygonum punctatum</i> Elliott	X		X	X	X
Rosaceae	Herbáceo	Fraana	<i>Fragaria x ananassa</i> Duschene	X	X	X	X	X
Rubiaceae	Herbáceo	Ricbra	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	X	X	X	X	X
	Herbáceo	Borsp1	<i>Borreria</i> sp1	X	X		X	
	Herbáceo	Borver	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. F. Meyer					X
Solanaceae	Arbóreo	Solgra	<i>Solanum granuloseprosum</i> Dunal	X	X	X	X	X
	Arbustivo	Solram	<i>Solanum ramulosum</i> Sendtn.		X	X	X	X
	Arbóreo	Soldip	<i>Solanum diploconos</i> (Mart.) Bohs	X	X	X	X	X
	Arbóreo	Solvar	<i>Solanum variabile</i> Mart.	X			X	X
	Liana	Niclan	<i>Nicotiana langsdorffii</i> Weinm.	X	X	X	X	X
	Arbustivo	Sollyc	<i>Solanum lycopersicum</i>	X	X	X	X	X

*Interações de *Fragaria x ananassa* Dusch. com as abelhas*

Considerando as interações das abelhas com o morangueiro é possível dizer que a maioria das espécies de abelhas que visitou esta planta coletou pólen preferencialmente nela. Do total de grãos de pólen provenientes das amostras obtidas nesse estudo, 97 % são do morangueiro. Houve uma variação na porcentagem de pólen do morangueiro em cada uma das áreas, sendo de 94% na área A e de 64% do total na área E.

As espécies de abelhas que podem ser considerados como potenciais polinizadores do morangueiro são: *Tetragonisca angustula*, *Plebeia* sp1 (área "A"), *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes* e *Apis mellifera* (área "B"), *Plebeia* sp1, *Apis mellifera* e *Plebeia remota* (área "C"), *Plebeia* sp1, *Plebeia remota* e *Tetragonisca angustula* (área "D"), *Dialictus* sp82, *Dialictus* sp27 e *Apis mellifera* (área "E"). Todas essas espécies coletaram néctar e/ou pólen, e ao visitarem as flores do morangueiro, tocaram os estigmas das flores com a porção ventral do tórax e abdômen.

De todas as espécies coletadas, *Dialictus* spp. e *Trigona spinipes* foram as que permaneceram mais tempo coletando recursos nas flores. *Dialictus* spp., *Plebeia* sp1 e *Plebeia remota* realizavam movimentos circulares e se detinham principalmente à região basal dos pistilos, junto às anteras, coletando pólen em grande parte das visitas. *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* e *Tetragonisca angustula* mostraram um comportamento diferente nas flores, pois embora também fizessem movimentos circulares, passavam de um lado para o outro do estigma, percorrendo praticamente toda a flor. *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* concentravam sua visita na parte apical do estigma (Figura 15).

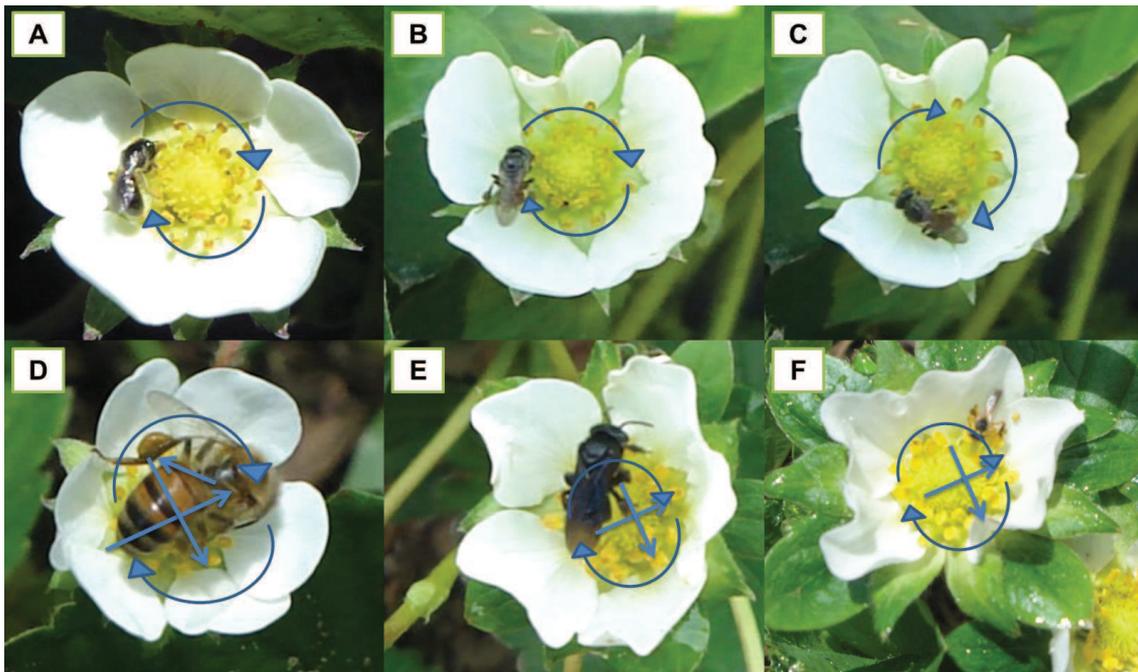


FIGURA 13 - Comportamento das espécies de abelhas mais abundantes e frequentes nesse estudo, durante a coleta de recursos florais. A – *Dialictus* spp., B – *Plebeia* sp1, C – *Plebeia remota*, D – *Apis mellifera*, E – *Trigona spinipes*, F – *Tetragonisca angustula*.

De maneira geral, houve diferença na composição dos visitantes e polinizadores do morangueiro, o qual apresentou maior dependência por determinadas espécies de abelhas, dependendo da área estudada.

Na área “A”, 94% das espécies de abelhas apresentaram pólen preferencialmente do morangueiro. Nesta área foram coletadas 32 espécies de abelhas. Do ponto de vista da polinização, essa planta apresentou 41% de dependência por *Tetragonisca angustula* e 36,5% por *Plebeia* sp1. Noventa e nove por cento dos poléns coletados por *Tetragonisca angustula* e 98% daqueles coletados por *Plebeia* sp1 eram das flores do morangueiro (Figura 16 A).

Na área “B”, 81% das espécies de abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch, coletaram pólen preferencialmente nessa planta. Das 42 espécies visitantes, o morangueiro mostrou maior dependência por *Tetragonisca angustula* (31%), *Trigona spinipes* (22%) e *Apis mellifera* (13,61%). *Tetragonisca angustula* coletou 97% de pólen nas flores do morangueiro, *Trigona spinipes* 98% e *Apis mellifera* 90% (Figura 16B).

Na área “C”, 84% dos grãos de pólen amostrados pertencem a *Fragaria x ananassa* Dusch. Das 32 espécies de visitante, o morangueiro mostrou maior dependência por *Plebeia* sp1 (33%), *Apis mellifera* (15%) e *Plebeia remota* (12%). Por sua vez, *Plebeia* sp1 apresentou 92% de pólen da flor do morangueiro e *Plebeia remota* 99% (Figura 16C).

Na área “D”, 74% das espécies de visitantes das flores de *Fragaria x ananassa* Dusch, coletaram recursos florais preferencialmente nessa planta. Das 44 espécies de visitantes, mostrou a maior dependência por *Plebeia* sp1 (22%), *Plebeia remota* (16%) e *Dialictus* sp82 (7%). *Plebeia* sp1 mostrou-se 94% dependente de *Fragaria x ananassa* Dusch, *Plebeia remota* 87% e *Dialictus* sp82 76% (Figura 16D).

Por fim, na área “E”, 64% dos grãos de pólen amostrados pertenceram às flores de *Fragaria x ananassa* Dusch, das 44 espécies de visitantes do morangueiro, este mostrou maior dependência por espécies do gênero *Dialictus*: *Dialictus* sp82 (9,78%), *Dialictus* sp27 (7,16%) e também *Apis mellifera* (6,84%), a qual apresentou 60% e *Dialictus* spp, 66% de dependência da referida planta para coleta de pólen.

Das cinco áreas estudadas, a última foi a que apresentou o maior grupo funcional com menor dependência das abelhas em relação a *Fragaria x ananassa* Dusch, interagindo de maneira mais generalista com as plantas dessa área.

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

As abelhas que apresentaram o maior número de pólen da flor do morangueiro foram: *Plebeia* sp1 (54%), *Plebeia remota* (87%) e *Dialictus* sp82 (76%).

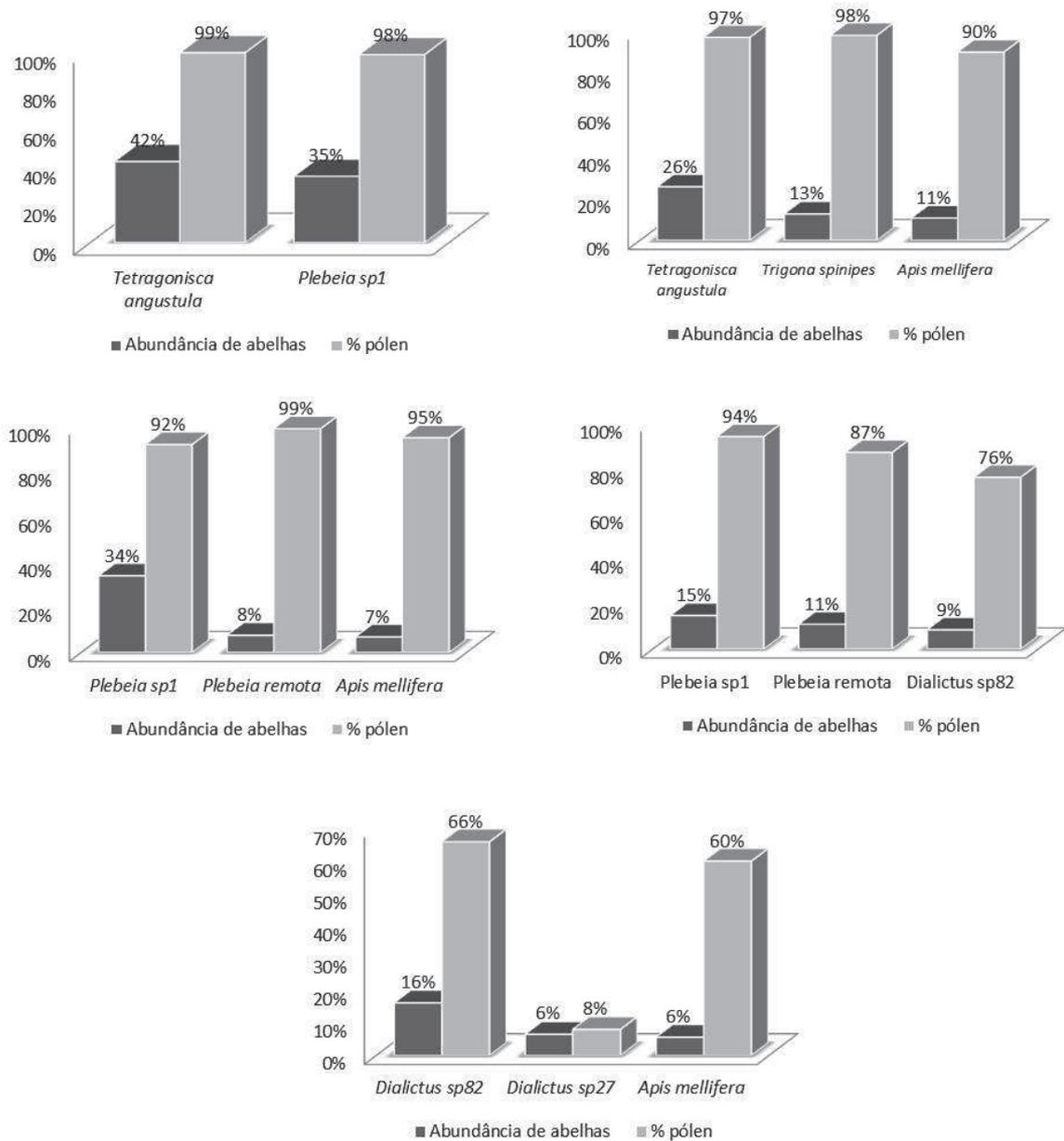


FIGURA 14 - Abundância e porcentagem de pólen coletados pelos potenciais polinizadores do morangueiro nas cinco áreas de estudo (A, B, C, D e E), em União da Vitória PR e Porto União SC.

Estrutura das redes de interações

As redes abelhas-plantas aqui representadas são típicas de interações mutualísticas com estrutura extremamente aninhada; baixa conectância; baixos graus médios tanto de plantas como dos animais; prevalência de interações fracas e ocorrência de interações assimétricas. As cinco redes de interações apresentaram um padrão significativamente aninhado ($p < 0,001$) com NODF variando de 19,85 na área “D” a 21,19 na área “B”, com assimetria na rede de interação evidente na representação gráfica bipartida (Tabela 10).

A rede “B” apresentou o maior número de conexões possíveis ($M=2.184$) e a maior riqueza de espécies ($S=94$), enquanto a área “E” o maior número total de interações registradas ($\text{grau}=328$). A distribuição de grau, tanto das plantas como para as abelhas nas cinco redes estudadas, mostra que há predominância de espécies com poucas interações e poucas espécies com muitas interações.

Quando analisada a diversidade de interação considerando a matriz ponderada que representa a rede bipartida, o valor do índice de especialização foi mais baixo na rede “E” ($H_2' = 0,3460$), mostrando que a maioria das espécies mantém, em geral, poucas interações em relação à proporção de conexões possíveis (conectância). Há uma maior especialização global das interações representadas, comparando, por exemplo, com a rede “A” ($H_2' = 0,6628$). A conectância variou de 11,48 em “A” à 16,56 em “E”.

TABELA 5 - Características gerais das cinco redes de interações abelhas-plantas.

Onde: (p) = número de espécies de plantas; (a) número de espécies de abelhas; S = riqueza de espécies; M = Tamanho da matriz; K =número total de interações registradas e H_2' =índice de diversidade estandarizada; C = conectância; k_A = grau médio das abelhas; k_P = grau médio das plantas; $NODF$ = valor de aninhamento da rede.

	Área "A"	Área "B"	Área "C"	Área "D"	Área "E"
Espécies de abelhas (a)	30	42	41	43	45
Espécies de plantas (p)	36	52	32	44	44
Riqueza de espécies ($S= a+p$)	66	94	76	87	89
Tamanho da matriz ($M= ap$)	1080	2184	1312	1892	1980
Número total de interações registradas (grau= K)	124	266	173	273	328
Grau médio de interações por planta (k_P)	4,13	6,33	4,22	6,35	7,29
Grau médio de interações por abelha (k_A)	3,44	5,11	5,40	6,20	7,45
H_2'	0,6628	0,4805	0,4623	0,4233	0,3460
$NODF$	19,85	21,19	20,72	19,35	20,08
Conectância	11,48	12,18	13,18	14,42	16,56

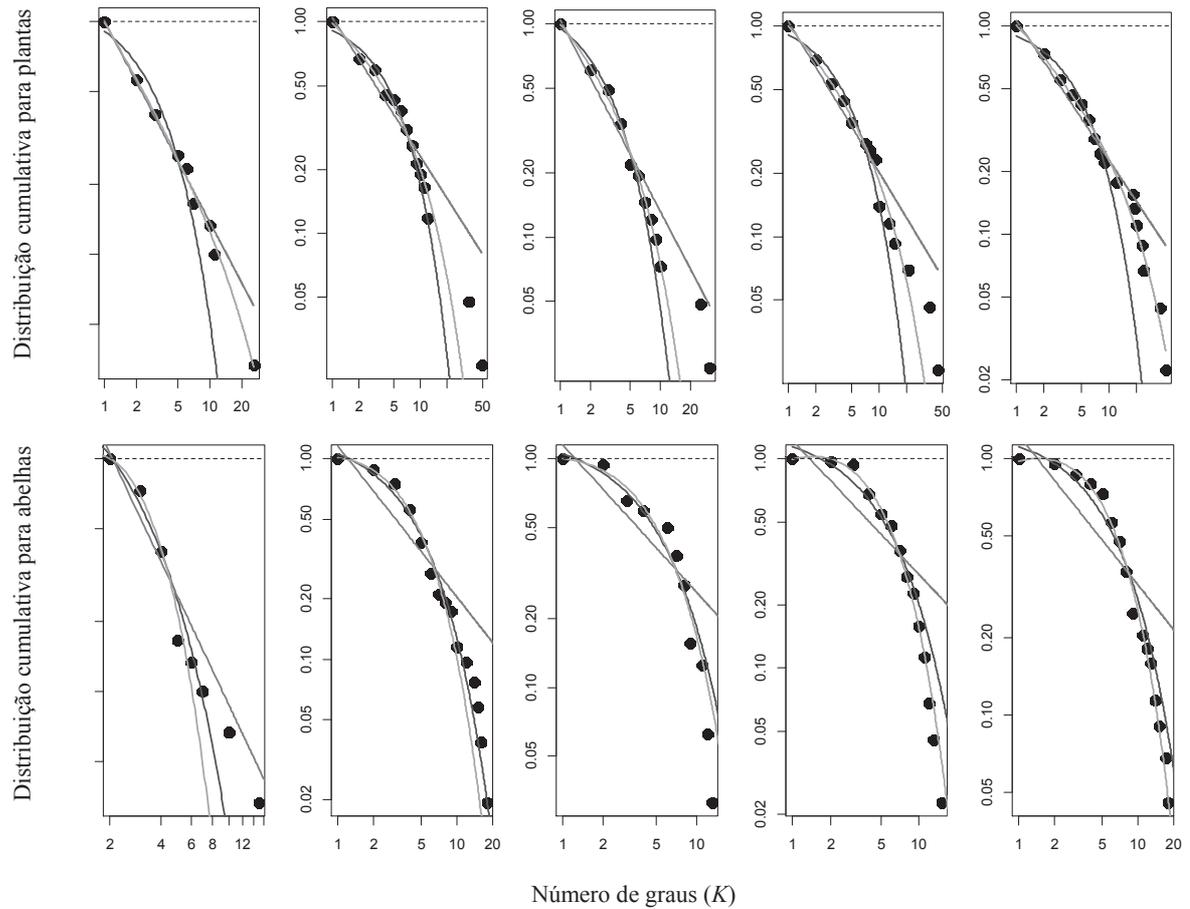


FIGURA 15 – Distribuição cumulativa do grau para as plantas e para as abelhas em cada uma das áreas amostradas, em União da Vitória PR e Porto União SC.

Área “A” - Grau médio de interações por planta e por abelhas

Na rede de interações abelhas-plantas da área “A” foi observado um total de 124 interações qualitativas entre 36 espécies de abelhas e 30 espécies de plantas. Apenas 11,50% das possíveis interações foi observada neste local (M=1080).

O grau das plantas variou de 1 a 36 espécies de abelhas, sendo que o grau médio para a comunidade de plantas observadas foi relativamente baixo ($K= 4,13$), mostrando uma distribuição heterogênea, com poucas espécies com muitas interações e muitas espécies com poucas interações. Nesta área observou-se que *Fragaria x ananassa* Dusch. foi visitada por 32 espécies de abelhas, as quais, visitaram juntas outras 30 espécies de plantas.

Das 30 espécies de plantas presentes nesta área, 21 mantiveram interação com apenas três ou menos espécies de abelhas. Do conjunto de abelhas que visitaram *Fragaria x ananassa* Dusch, *Augochlora amphitrite* apresentou grãos de pólen dominantes de *Helianthus annuus* (95%) e *Ceratina (Crewella) sp1* de *Psidium cattleianum* (86%) , e *Anthrenoides meridionalis*, *Dialictus sp4*, *Psaenythia bergii* e *Psaenythia sp4* não coletaram pólen em *Fragaria x ananassa* Dusch.

Em relação às abelhas, o grau variou de 1 a 30 espécies de plantas, sendo o grau médio para a comunidade abelhas foi $K= 3,44$. menor do que observado para as plantas, A distribuição do grau, assim como para as plantas também foi heterogênea.

Dependência das plantas x abelhas e abelhas x plantas

Das 30 espécies de plantas visitadas pelas abelhas, *Fragaria x ananassa* Dusch. foi a mais utilizada para a coleta de recursos (94%), seguida de *Solanum variable* (0,79%) e *Galinsoga parviflora* (0,70%). De acordo com as análises quantitativas dos grãos de pólen nas amostras, *Polygonum punctatum* foi a espécie mais generalista nesta área (depois de *Fragaria x ananassa* Dusch), apresentando de 38% ($S_{abelha} = Dialictus sp40$) a 26% ($S_{abelha} = Dialictus sp24$) de dependência por esta abelha. *Solanum variable* apresentou 46% de dependência por *Psaenythia bergii* e 41% por *Anthrenoides meridionalis*, enquanto *Galinsoga parviflora* dependeu 51% de *Dialictus sp17* e 27% de *Plebeia sp1*.

Plebeia sp1 foi a espécie de abelha mais generalista, interagindo com 14 espécies de plantas, (incluindo *Fragaria x ananassa* Dusch) o que corresponde a 47% do total de espécies vegetais que compõe a rede. *Tetragonisca angustula* foi a segunda espécie mais generalista (9; 30%), enquanto *Schwarziana quadripunctata*, *Plebeia remota*, *Dialictus* sp45, *Augochlorella ephyra* e *Augochlorella* sp1 coletaram recursos apenas em *Fragaria x ananassa* Dusch.

Área “B” - Grau médio de interações por planta e por abelhas

A rede de interações “B” foi composta por 52 espécies de abelhas e 42 espécies vegetais, com 2184 interações possíveis, porém, apenas 266 interações (12%) foram observadas.

O grau das plantas variou de 1 a 52 espécies de abelhas, o número médio de conexões nas espécies de plantas observado foi ($K= 6,33$), maior do que em relação ao grau médio para a comunidade abelhas ($K= 5,11$). Nesta área observou-se que *Fragaria x ananassa* Dusch interagiu com 49 espécies de abelhas, as quais, visitaram juntas outras 42 espécies de plantas. Das 42 espécies de plantas que a compõem essa rede, 21 delas mantiveram interação com apenas três ou menos espécies de abelhas.

Galinsoga parviflora foi a espécie vegetal mais generalista (desconsiderando *Fragaria x ananassa* Dusch), interagindo com 35 espécies de abelhas. Em relação às abelhas, *Tetragonisca angustula* foi a espécie mais generalista, interagindo com 18 espécies de plantas, (incluindo *Fragaria x ananassa* Dusch) o que corresponde a 42% do total de espécies vegetais que compõe a rede, seguida por *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* (15; 35%).

Dependência das plantas x abelhas e abelhas x plantas

De todas as abelhas que visitaram *Fragaria x ananassa* Dusch, *Augochloropsis cupreola*, *Thectochlora basiatra* e *Thectochlora alaris* apresentaram grãos de pólen dominantes de outras espécies de plantas, *Sebastiania commersoniana* (62%) para a primeira espécie de abelha e *Galinsoga parviflora* (40% e 35%) para outras espécies.

Galinsoga parviflora foi a segunda espécie com maior quantidade de pólen coletado (6,06%), mostrando 14,82% de dependência de *Thectochlora alaris* e 11,56% de *Rhophitulus aff. eustictus*, seguida por *Tradescantia fluminensis* (1,59%), a qual mostrou-se 27% dependente de *Lanthanomelissa betinae* e 26% de *Rhophitulus aff. eustictus*.

Seis espécies de abelhas coletaram recursos apenas em *Fragaria x ananassa* Dusch. (*Plebeia* sp1, *Dialictus* sp1, *Dialictus* sp24, *Dialictus* sp35, *Dialictus* sp40 e *Dialictus* sp41). *Augochloropsis* sp2, *Rhophitulus* sp8 e *Psaenythia* sp4 não coletaram recursos em *Fragaria x ananassa* Dusch. 22 espécies de abelhas visitaram três ou menos espécies de plantas (42%).

Área “C” - Grau médio de interações por planta e por abelhas

A rede de interações “C” foi composta por 32 espécies de abelhas e 41 espécies de plantas, com 1312 interações possíveis, porém, apenas 173 interações (13%) foram observadas.

O grau médio para a comunidade de plantas observadas foi menor ($K= 4,22$), em relação ao grau médio das abelhas ($K=5,40$). Nesta área *Fragaria x ananassa* Dusch. foi visitada por 31 espécies de abelhas, as quais, visitaram juntas outras 44 espécies de plantas.

Nessa rede de interações, das 41 espécies de plantas que a compõem, 28 delas mantiveram interação com apenas três ou menos espécies de abelhas. *Galinsoga parviflora* foi a espécie vegetal mais generalista (desconsiderando *Fragaria x ananassa* Dusch), interagindo com 25 espécies de abelhas, seguida por *Foeniculum vulgare* que foi visitada por 10 espécie de abelhas. *Plebeia* sp1 foi a espécie de abelha mais generalista, visitando 13 espécies de plantas (31%), seguida por *Apis mellifera*, que interagiu com 12 espécies de plantas. Oito espécies de abelhas interagiram com apenas três ou menos espécies de plantas.

Dependência das plantas x abelhas e abelhas x plantas

Foeniculum vulgare foi a segunda espécie com maior quantidade de pólen amostrado (5,95%), mostrando 42% de dependência de *Oxytrigona* sp e 29% de

Plebeia sp1, seguida de *Galinsoga parviflora* (3,49%), a qual mostrou-se 20% dependente de *Augochlora sp2* e 10% de *Apis mellifera*.

Dialictus sp40 e *Dialictus sp21* coletaram recursos apenas em *Fragaria x ananassa* Dusch., enquanto *Augochloropsis sp4* interagiu apenas com *Galinsoga parviflora* e *Heimia apetala*.

Área “D” - Grau médio de interações por planta e por abelhas

A rede de interações “D” foi composta por 44 espécies de abelhas e 43 espécies vegetais, com 1892 interações possíveis, porém, apenas 273 interações (14%) foram observadas.

O número médio de conexões nas espécies de plantas foi $K= 6,35$, maior do que em relação ao grau médio para a comunidade abelhas ($K= 6,20$). Nesta área observou-se que *Fragaria x ananassa* Dusch interagiu com todas as espécies de abelhas amostradas. Das 43 espécies vegetais que a compõem essa rede, 24 delas mantiveram interação com apenas três ou menos espécies de abelhas.

De todas as abelhas que visitaram *Fragaria x ananassa* Dusch, *Augochlora sp2* coletou pólen apenas do morangueiro.

Galinsoga parviflora foi a espécie vegetal mais generalista (desconsiderando *Fragaria x ananassa* Dusch), interagindo com 37 espécies de abelhas. Em relação às abelhas, *Apis mellifera* foi a espécie mais generalista, interagindo com 15 espécies de plantas, (incluindo *Fragaria x ananassa* Dusch) o que corresponde a 35% do total de espécies vegetais que compõe a rede, seguida por *Plebeia remota* que interagiu com 13 espécies de plantas.

Dependência das plantas x abelhas e abelhas x plantas

Galinsoga parviflora foi a segunda espécie com maior quantidade de pólen coletado (5,58%), mostrando 13,69% de dependência de *Dialictus sp80* e 12,56% de *Anthrenoides meridionalis*, seguida por *Amaranthus viridis* (3,26%), a qual mostrou-se 33% dependente de *Plebeia remota* e 15% de *Dialictus sp82*.

Área “E” - Grau médio de interações por planta e por abelhas

A rede de interações “E” foi composta por 44 espécies de abelhas e 45 espécies de plantas, com 1980 interações possíveis, porém, apenas 328 interações (16%) foram observadas.

O grau médio para a comunidade de plantas observadas foi menor ($K=7,29$), em relação ao grau médio das abelhas ($K=7,45$). Nesta área *Fragaria x ananassa* Dusch. foi visitada por 41 espécies de abelhas.

Nessa rede de interações, das 41 espécies de plantas que a compõem, 24 delas mantiveram interação com apenas três ou menos espécies de abelhas. *Galinsoga parviflora* foi a espécie vegetal mais generalista (desconsiderando *Fragaria x ananassa* Dusch), interagindo com 36 espécies de abelhas. *Dialictus* sp82 e *Pseudagapostemon pruinosus* foram as espécies de abelha mais generalistas, visitando 18 espécies de plantas. Nove espécies de abelhas interagiram com apenas três ou menos espécies de plantas.

Dependência das plantas x abelhas e abelhas x plantas

Galinsoga parviflora (desconsiderando *Fragaria x ananassa* Dusch) foi a espécie com maior quantidade de pólen amostrado (9%), mostrando 67% de dependência do gênero *Dialictus* spp., seguida de *Baccharis milleflora* (2,84%), a qual mostrou-se 13% dependente de *Dialictus* sp82 e 1% de *Dialictus* sp11.

Plebeia remota e *Dialictus* sp10 coletaram recursos apenas em *Fragaria x ananassa* Dusch., enquanto *Anthrenoides politus*, *Augochloropsis* sp1 e *Psaenythia annulata* não interagiram com esse planta.

Dialictus sp82 mostrou-se 66% dependente de *Fragaria x ananassa* Dusch., 9,50% de *Galinsoga parviflora* e 6,50% de *Baccharis milleflora*. *Pseudagapostemon pruinosus* depende 44% de *Fragaria x ananassa* Dusch., 9,54% de *Hypochaeris chillensis* e 7,85% de *Conyza bonariensis*.

Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

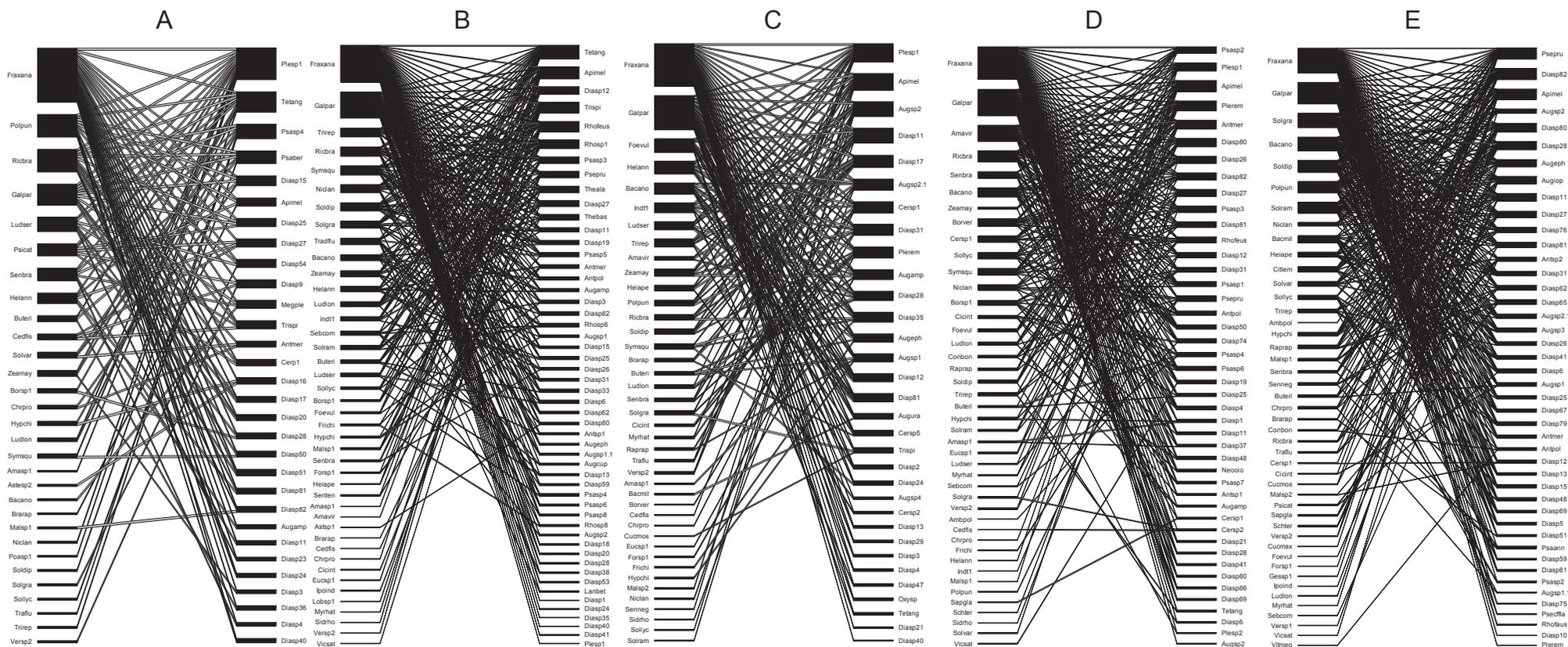


FIGURA 16 - Matriz binária das cinco áreas (A, B, C, D e E) amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC. Na coluna da direita, estão situadas as espécies de abelhas (vide Apêndice 07 para lista de siglas) e da coluna da esquerda as espécies de plantas (vide Tabela 09 para lista de siglas).

4 DISCUSSÃO

As interações entre as espécies de abelhas e de plantas, registradas neste estudo, apresentam um padrão generalista, onde um grande número de espécies de abelhas interage com várias espécies de plantas. As interações entre flores e abelhas são predominantemente generalistas, demonstrando que as abelhas não utilizam apenas flores melitófilas, e que as espécies vegetais, por sua vez, são visitadas por muitas espécies de abelhas (Santos et al. 2009). Este padrão representa uma rede coesa e pode conferir uma maior robustez à perda de espécies, com rotas alternativas para o sistema responder às perturbações (Bascompte et al. 2003).

É possível observar em redes de interações mutualísticas quantitativas a predominância de interações fracas, o que também contribui para a resistência da rede, uma vez que poucas espécies são muito dependentes da interação com apenas uma outra espécie (Jordano 1987, Bascompte et al. 2006). As redes mutualísticas são mais heterogêneas, a maioria das espécies interagem com outras poucas espécies, e construídas mediante dependências assimétricas (Bascompte e Jordano, 2008). Devido à estrutura aninhada, espécies especialistas tendem a interagir com espécies generalistas, desse modo os especialistas contribuem largamente para aumentar a força dos generalistas (Bascompte e Jordano, 2007).

As características da estrutura das redes de interações abelhas-plantas aqui apresentado, já foram observadas por outros autores em estudos com redes mutualísticas. Um desses aspectos é a rede se mostrar fortemente aninhada. Bascompte et al. (2003) analisaram 25 redes polinizador-plantas e detectaram que ambos os tipos eram fortemente aninhados. O aparecimento dessa estrutura aninhada das interações pode ser justificado através de processos ecológicos que restringem o número de interações por espécies, aspectos da biologia das plantas e animais que impossibilitam a interação entre as espécies e ainda, através da diferença na abundância das espécies especialistas e generalistas (Guimarães 2006).

Ao entrar na comunidade, uma espécie tem mais chances de formar interações com as mais abundantes. Portanto, quanto maior a abundância de uma espécie na rede, mais conexões ela deve possuir (Jordano 1987). Dessa forma, o

grupo de generalistas abundantes representa um “recurso” estável para a evolução de espécies mais especialistas e é muito rara a presença de interações altamente especialistas que são interações muito frágeis devido às altas dependências mútuas (Bascompte e Jordano 2006). Adicionalmente, a estrutura aninhada das teias mutualísticas tende a maximizar o número de espécies coexistentes, diminuindo a competição e aumentando a biodiversidade (Bastolla et al. 2009).

Em relação ao morangueiro, foi possível verificar que esta planta atrai uma grande diversidade de visitantes florais. Foi observado também, que as abelhas que coletaram recursos nesta planta, interagiram com muitas outras plantas. O grande número de espécies de abelhas e plantas interagindo reflete o alto grau de diversidade encontrado nas áreas de produção orgânica. Segundo Olesen e Jordano (2002), a riqueza local de espécies afeta cada espécie e suas interações bióticas. Em interações mutualísticas do tipo plantas e animais, as espécies constituem o nicho uma das outras e, se mais espécies vegetais acumulam em uma dada área, o espectro de recursos para os polinizadores também aumenta.

Das espécies de plantas amostradas nas redes de interações, as espécies *Galinsoga parviflora* e *Polygonum punctatum* foram apontadas como importantes para a manutenção da estrutura da comunidade. *Galinsoga parviflora*, membro da família Asteraceae, a família botânica que foi mais representativa nesse estudo, em número de espécies. O mesmo já foi demonstrado em outros estudos sobre abelhas e plantas realizados no Brasil (Alves-dos-Santos, 1999; Gonçalves e Melo, 2005; Silva, 2005; Krug, 2007). Esta família apresenta grande abundância e riqueza nos trópicos, devido a grande acessibilidade de coleta dos recursos em suas flores, grande diversidade de hábitos, presença de floradas maciças e predominância de espécies pioneiras (Faria-Murici et al., 2003).

Karanja et al., (2010) em estudo realizado com plantios de café, no Quênia, verificou a importância de plantas nas proximidades das culturas, para fornecer recursos florais para as abelhas quando a cultura não está florescendo ou para aumentar o número de abelhas visitantes florais. Plantas consideradas ervas daninhas, como *Galinsoga parviflora* e *Bidens pilosa* foram as plantas que ofertam recursos florais alternativos para abelhas que visitam as flores do café. *Bidens pilosa* e *Galinsoga parviflora* foram consideradas muito comuns e atraíram o maior número de abelhas. Eles amostraram um aumento significativo na visita de polinizadores quando na presença de vegetação ruderal nos arredores dos plantios. Os resultados

deste estudo evidenciam que famílias de plantas com flores selvagens aumentar as visitas de abelhas para a circundante fazendas de café.

A observação de espécies ruderais e nativas corrobora as informações de outros autores (Steiner *et al.* 2006) da importância desse tipo de vegetação como pasto apícola para as abelhas. O manejo da vegetação de plantas ruderais, que geralmente são consideradas daninhas, pode ser uma importante ferramenta para melhorar a diversidade e abundância de polinizadores em agroecossistemas, garantindo assim, a manutenção dos mesmos nas culturas.

Como esperado, a maioria dos grãos de pólen provenientes do corpo das abelhas, são de *Fragaria x ananassa* Dusch. A flor do morangueiro apresenta características pouco especializadas e tem uma grande oferta de flores, as quais apresentam simetria radial, flor aberta em forma de prato, néctar bastante acessível, anteras expostas e boa oferta de pólen, permitindo a visita de uma grande variedade de abelhas (Malagodi-Braga, 2002). Dessa maneira a morfologia floral pode ser uma das explicações para o estabelecimento de interações assimétricas nessas redes por parte da comunidade vegetal (Olesen *et al.*, 2007).

Embora *Dialictus* spp. tenha despendido mais tempo nas flores do que as demais espécies, tanto ela, como *Plebeia* sp1 e *Plebeia remota*, permanecem principalmente na base da flor, polinizando de modo mais eficiente os estigmas desta região e aqueles presentes na lateral do receptáculo. *Tetragonisca angustula*, *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* foram mais eficientes na polinização dos estigmas apicais, onde permaneceram com maior frequência durante suas visitas às flores. O comportamento exibido pelas três espécies nas flores, distribuindo o pólen com maior eficiência em diferentes regiões do receptáculo floral, sugere que, durante a polinização natural, haja um efeito complementar dessas espécies na polinização das flores do morango (Malagodi-Braga, 2007). O mesmo foi descrito por Chagnon *et al.* (1993), os quais verificaram que as campeiras de *A. mellifera* permaneciam, principalmente na região apical das flores, enquanto as abelhas nativas (Halictidae e Andrenidae), menores que 1,0 cm, detinham-se à região basal e próxima aos estames.

O sucesso de Apidae nas regiões tropicais está relacionado especialmente com o comportamento eussocial de muitas espécies, as quais apresentam ninhos perenes e muitas vezes populosos e hábitos generalizados de forrageio (Michener 2000; Santos *et al.* 2004). Apesar desta característica, muitas espécies de Meliponini

podem apresentar especializações temporárias, concentrando suas visitas em apenas algumas espécies de flores, quando há oferta de um recurso por algum motivo muito atrativo (Roubik 1989; Ramalho 2004), assegurando a fecundação e produção de frutos. As abelhas sociais são forrageiras generalistas e estão entre os visitantes florais mais abundantes no Brasil. Provavelmente, são responsáveis por 30 a 50% de todas as interações entre plantas e visitantes florais.

A presença de grande número de espécies do gênero *Dialictus* na área “E”, é a principal responsável pela rede de interações ser a mais generalista, pois este gênero coletou pólen em muitas outras espécies de plantas. Como em outros Halictinae, no gênero *Dialictus* há espécies com ciclos de vida solitária, outros com castas mal definidos e organização social frágil e, outros ainda com distintas castas e forte organização social (Michener 2007), características que permitem ampla distribuição das espécies.

As redes de interações de polinização estudada revelaram que plantas herbáceas e arbustivas são importantes para manter localmente as interações participando da distribuição de recursos florais ao longo de todo ano. Na maioria dos agroecossistemas, as ervas daninhas são componentes biológicos de extrema importância, acrescentando certo grau de complexidade aos níveis tróficos, interagindo mediando um número de cultura de insetos-interações com efeitos importantes sobre a produção final. A presença de tais espécies de plantas em áreas de cultivos favorece a manutenção da biodiversidade de abelhas, visto que, estas herbáceas florescem ao longo de todo o ano, sendo indispensáveis para a sustentabilidade das comunidades de abelhas junto aos cultivos de morangueiro e todos agroecossistemas dependentes do sistema de polinização prestadas pelas abelhas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTH, O.M. (1970). Análise microscópica de algumas amostras de mel. 1. Pólen dominante. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 42:351-366.
- BARTH, F.G. (1991). *Insects and flowers - the biology of partnership*. Princeton: *Princeton University Press*. 407p.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., MELIÁN, C.J.; OLESEN, J.M. (2003). The Nested Assembly of Plant-Animal Mutualistic Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 100:9383-9387.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.(2006). The structure of plant-animal mutualistic networks. In: Pascual M, Dunne JA (eds) *Food webs as complex adaptive networks: Linking structure to dynamics*. *Oxford University Press*, Oxford.
- BASCOMPTE, J., JORDANO, P., OLESEN, J.M.,(2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312, 431–433.
- BASTOLLA, U., FORTUNA, M.A., PASCUAL-GARCÍA, A., LUQUE, B., BASCOMPTE, J., 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature* 458, 1018–1021.
- BAWA, K.S. (1990). Plant - pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:399-422.
- BEGON, M., TOWNSEND, C. R., HARPER, J. L.(2006). *Ecology from Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Boston.
- BOSCH, J.; GONZÁLEZ, A. A. M.; RODRIGO, A.; NAVARRO, D. (2009). Plant-pollinator networks: adding the pollinators perspective. *Ecology Letters*. 12: 1-1.
- CANE, J.H.; SIPES, S. (2006). Floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. In *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions* (N.M Waser e J. Ollerton, eds.). University of Chicago, Chicago, p.99-122.
- DEL-CLARO, K. (2004). Multitrophic relationships, conditional mutualisms, and the study of interaction biodiversity in tropical savannas. *Neotropical Entomology* [online], 33: 665- 672.
- ERDTMAN, G. (1960). The acetolized method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54:561-564.
- GUIMARÃES, P.R.; SAZIMA, C.; REIS, S.F.; SAZIMA, I. (2007). The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees? *Biology Letters*, 3:51-54.

GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES P (2006) Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling e Software* 21:1512-1513

GUIMARÃES, P. R.; RICO-GRAY, V.; DOS REIS, S. F.; THOMPSON, J. N. (2006). Assimetries in specialization in ant-plant networks. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences* 273:2041-2047

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., SARAIVA, M.; DE JONG, D. (2006). Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. *Holos Editora, Ribeirão Preto*, 112p.

JORDANO, P. (1987). Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist*. 129: 657–677.

JORDANO, P., BASCOMPTE, J.; OLESEN, J.M. (2006). The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. *In* Specialization and generalization in plant-pollinator interactions (N.M. Waser e J. Ollerton, eds.). *University of Chicago Press, Chicago*, p.173-199.

JORDANO, P., BASCOMPTE, J.; OLESEN, J.M. (2003). Invariant properties in coevolutionary networks of plant animal interactions. *Ecology Letters* 6:69-81.

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

LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A., VORWOHL, G. (1970). Methods of melissopalynology. *Bee World* 51:25-138.

LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A., VORWOHL, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World* 59:139-157.

MALAGODI-BRAGA, K. S. (2002). Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne – Rosaceae). Tese (Doutorado), 104 p. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia, São Paulo.

MEMMOTT, J.; WASER, N. M.; PRICE, M. V. (2004). “Tolerance of Pollination Networks to Species Extinctions.” *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B-Biol. Science*. 271:2605–2611.7

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

OLESEN, J.M.; JORDANO, P. (2002). Geographic patterns in plant / pollinator mutualistic networks. *Ecology* 83:2416–2424.

PITTS-SINGER, T.L.; JAMES, R.R. (2008). Bees in Nature and on the farm. Pp. 3-9. In: R.R. James e T.L. Pitts-Singer (eds.). Bee pollination in agricultural systems. Oxford University Press, Oxford. 232p.

SILVA, C.I. (2005). Composição, fenologia e tipos de recompensas oferecidas pelas espécies vegetais e utilizadas como fontes naturais de recursos pelas abelhas *Xylocopa* spp. No entorno das áreas de plantio de maracujá. Relatório técnico-PROBIO, Brasília.

SILVA, C.I., AUGUSTO, S.C., SOFIA, S.H.; MOSCHETA, I.S. (2007). Diversidade de Abelhas em *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae): Importância na Polinização e Produção de Frutos. Neotropical Entomology 36:331-340.

SILVA, C. I. (2009). Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* e interação com plantas do cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG

STEBBINS, G.L.(1970). Adaptive radiation in angiosperms: pollination mechanisms. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 01: 3007-326.

THOMPSON, J.D. (2000). How do visitation patterns vary among pollinators in relation to floral display and floral design in a generalist pollination system? *Oecologia* 126:386-394.

Thompson, J. N. (2006). Mutualistic web of species. *Science*:372-373.

WASER N.M., CHITTKA L., PRICE M.V., WILLIAMS N.M., OLLERTON J. (1996) Generalization in pollination systems and why it matters, *Ecology* 77, 1043–1060.

APENDICES

APENDICE G - Lista de espécies de abelhas (Hymenoptera) que apresentaram carga polínica, capturadas sobre as flores da do morangueiro *Fragaria x ananassa* Duschene nas cinco áreas de produção orgânica. União da Vitória-PR/ Porto União-SC – setembro/2011 a fevereiro/2012.

Família	Espécie	Abreviatura	
Andrenidae	<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrottky, 1902)	Antmer	
	<i>Anthrenoides politus</i> Urban, 2005	Antpol	
	<i>Anthrenoides</i> sp1	Antsp1	
	<i>Anthrenoides</i> sp2	Antsp2	
	<i>Psaenythia annulata</i> Gerstaecker, 1968	Psaann	
	<i>Psaenythia bergii</i> Holmberg, 1884	Psaber	
	<i>Psaenythia</i> sp1	Psasp1	
	<i>Psaenythia</i> sp2	Psasp2	
	<i>Psaenythia</i> sp3	Psasp3	
	<i>Psaenythia</i> sp4	Psasp4	
	<i>Psaenythia</i> sp5	Psasp5	
	<i>Psaenythia</i> sp6	Psasp6	
	<i>Psaenythia</i> sp7	Psasp7	
	<i>Psaenythia</i> sp8	Psasp8	
	<i>Rhophitulus aff. eustictus</i> (Schlindwein & Moure, 1998)	Rhoaffeus	
	<i>Rhophitulus</i> sp1	Rhosp1	
	<i>Rhophitulus</i> sp6	Rhosp6	
	<i>Rhophitulus</i> sp8	Rhosp8	
	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Apimel
		<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp1	CerCersp1
<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp2		CerCersp2	
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp1		CerCresp1	
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp2		CerCresp2	
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp5		CerCresp5	
<i>Lanthanomelissa betinae</i> Urban, 1995		Lanbet	
<i>Oxytrigona</i> sp.		Oxytrisp	
<i>Plebeia remota</i> (Holmberg, 1903)		Plerem	
<i>Plebeia</i> sp1		Plesp1	
<i>Plebeia</i> sp2		Plesp2	
<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepelletier, 1836)		Schqua	
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)		Tetang	
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)		Trispi	
Halictidae	<i>Augochlora (Augochlora) amphitrite</i> (Schrottky, 1910)	Augamp	
	<i>Augochlora</i> sp1	Augsp1	
	<i>Augochlora</i> sp2	Augsp2	
	<i>Augochlorella ephyra</i> (Schrottky, 1910)	Augeph	
	<i>Augochlorella iopoecila</i> Moure, 1950	Augiop	
	<i>Augochlorella</i> sp1	Augsp1	

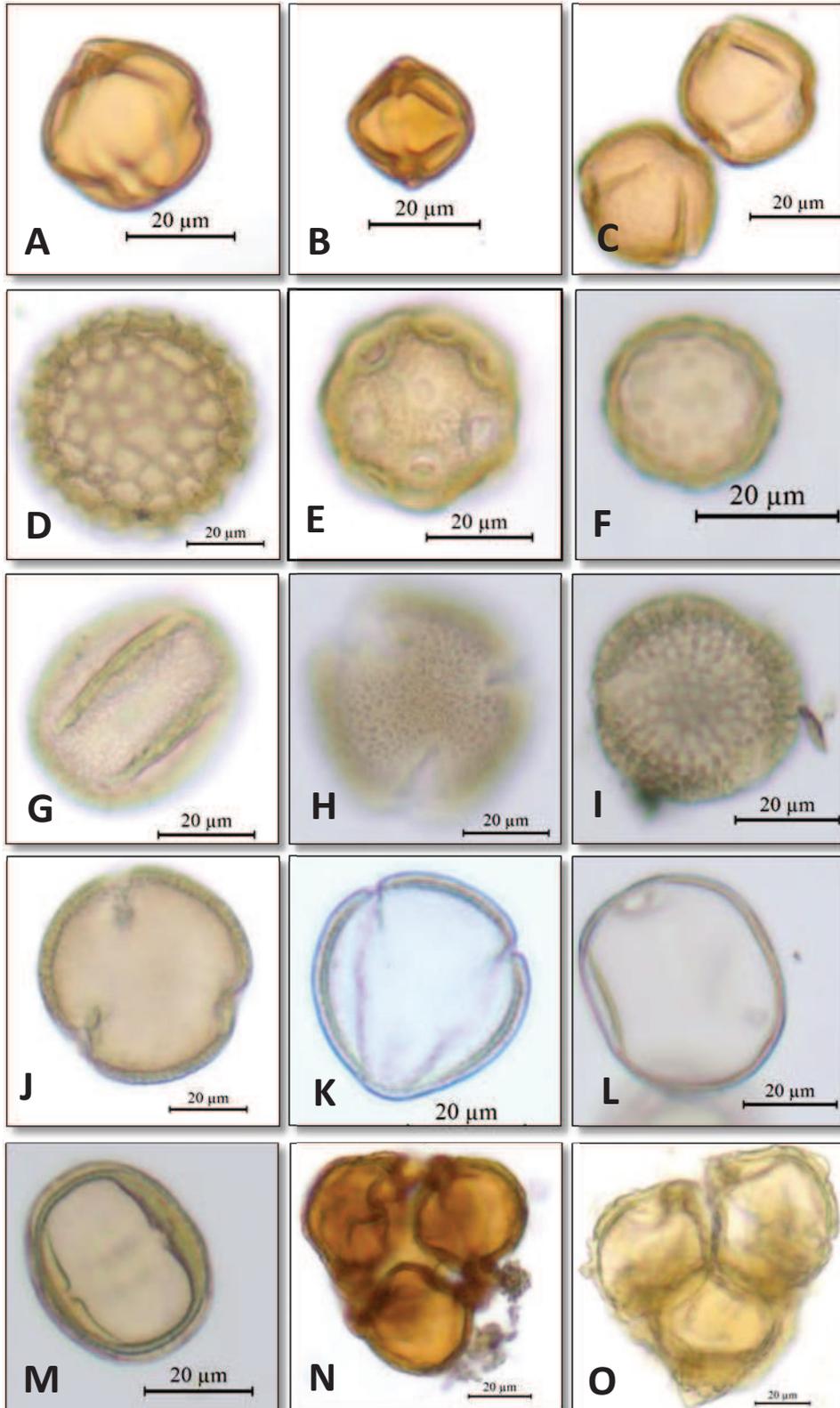
Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Augochlorella</i> sp2	Augsp2
<i>Augochlorella</i> sp3	Augsp3
<i>Augochlorella urania</i> (Smith, 1853)	Augura
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	Augcup
<i>Augochloropsis</i> sp1	Augsp1
<i>Augochloropsis</i> sp2	Augsp2
<i>Augochloropsis</i> sp4	Augsp4
<i>Dialictus</i> sp01	Diasp01
<i>Dialictus</i> sp02	Diasp02
<i>Dialictus</i> sp03	Diasp03
<i>Dialictus</i> sp04	Diasp04
<i>Dialictus</i> sp05	Diasp05
<i>Dialictus</i> sp06	Diasp06
<i>Dialictus</i> sp09	Diasp09
<i>Dialictus</i> sp10	Diasp10
<i>Dialictus</i> sp11	Diasp11
<i>Dialictus</i> sp12	Diasp12
<i>Dialictus</i> sp13	Diasp13
<i>Dialictus</i> sp15	Diasp15
<i>Dialictus</i> sp16	Diasp16
<i>Dialictus</i> sp17	Diasp17
<i>Dialictus</i> sp18	Diasp18
<i>Dialictus</i> sp19	Diasp19
<i>Dialictus</i> sp20	Diasp20
<i>Dialictus</i> sp21	Diasp21
<i>Dialictus</i> sp23	Diasp23
<i>Dialictus</i> sp24	Diasp24
<i>Dialictus</i> sp25	Diasp25
<i>Dialictus</i> sp26	Diasp26
<i>Dialictus</i> sp27	Diasp27
<i>Dialictus</i> sp28	Diasp28
<i>Dialictus</i> sp29	Diasp29
<i>Dialictus</i> sp31	Diasp31
<i>Dialictus</i> sp33	Diasp33
<i>Dialictus</i> sp35	Diasp35
<i>Dialictus</i> sp36	Diasp36
<i>Dialictus</i> sp37	Diasp37
<i>Dialictus</i> sp38	Diasp38
<i>Dialictus</i> sp40	Diasp40
<i>Dialictus</i> sp41	Diasp41
<i>Dialictus</i> sp45	Diasp45
<i>Dialictus</i> sp47	Diasp47
<i>Dialictus</i> sp48	Diasp48
<i>Dialictus</i> sp50	Diasp50
<i>Dialictus</i> sp51	Diasp51
<i>Dialictus</i> sp53	Diasp53

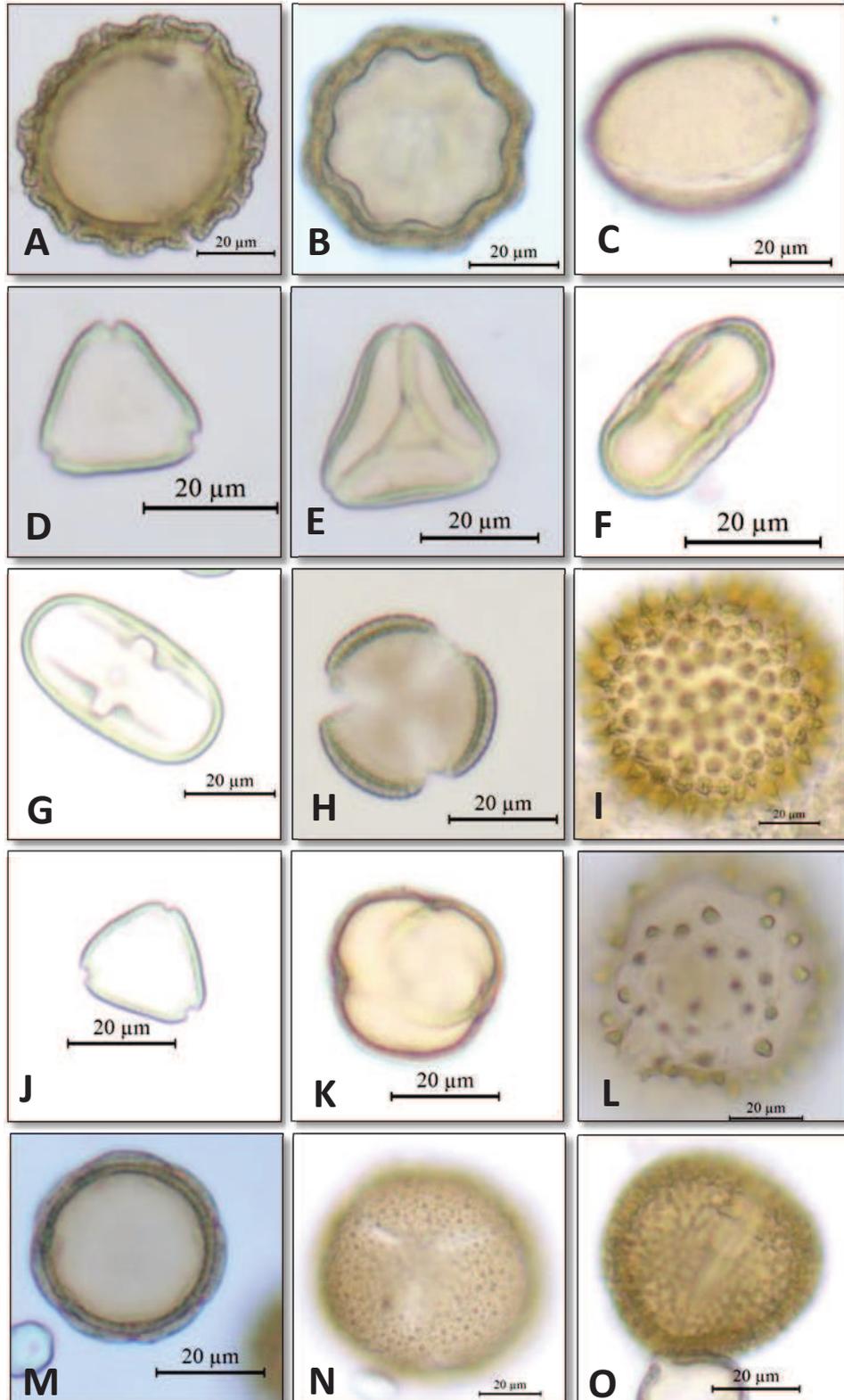
Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva (UEPG-UNICENTRO)

<i>Dialictus</i> sp54	Diasp54
<i>Dialictus</i> sp59	Diasp59
<i>Dialictus</i> sp60	Diasp60
<i>Dialictus</i> sp61	Diasp61
<i>Dialictus</i> sp62	Diasp62
<i>Dialictus</i> sp65	Diasp65
<i>Dialictus</i> sp66	Diasp66
<i>Dialictus</i> sp67	Diasp67
<i>Dialictus</i> sp69	Diasp69
<i>Dialictus</i> sp74	Diasp74
<i>Dialictus</i> sp75	Diasp75
<i>Dialictus</i> sp76	Diasp76
<i>Dialictus</i> sp79	Diasp79
<i>Dialictus</i> sp80	Diasp80
<i>Dialictus</i> sp81	Diasp81
<i>Dialictus</i> sp82	Diasp82
<i>Neocorynura oiospermi</i> Schrottky, 1909	Neooio
<i>Pseudagapostemon pruinosus</i> Moure & Sakagami, 1984	Psepru
<i>Pseudaugochlora cf. flammula</i> Almeida, 2008	Psefla
<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)	Theala
<i>Thectochlora basiatra</i> (Strand, 1910)	Thebas

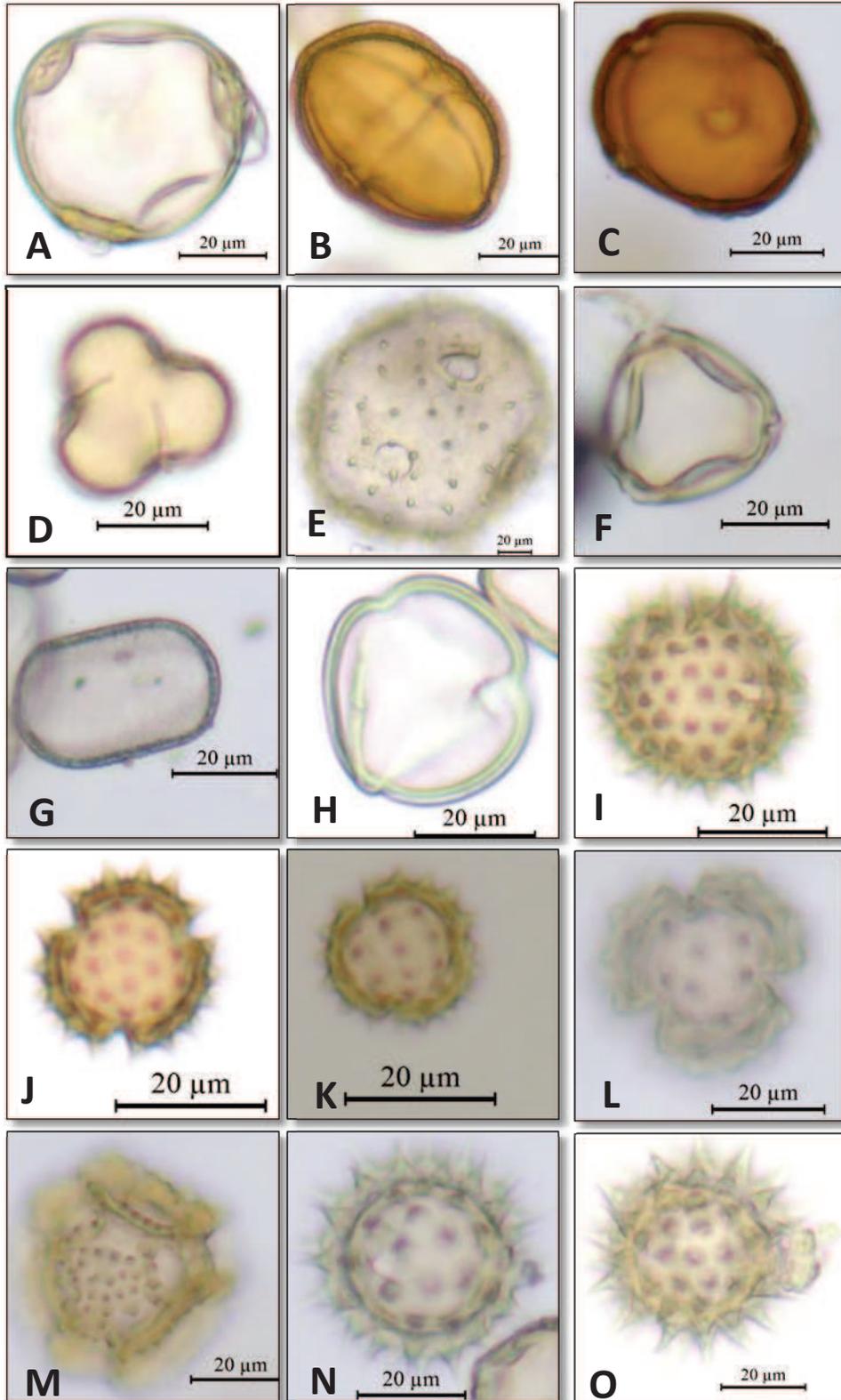
APENDICE H - Grãos de pólen coletados no corpo das abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch, nas cinco áreas amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC: A) *Solanum granulosoleprosum* Dunal, B) *Solanum ramulosum* Sendtn., C) *Solanum diploconos* (Mart.) Bohs, D) *Polygonum punctatum* Elliott, E) *Amaranthus* sp1, F) *Amaranthus viridis* L., G) *Fridericia chica* (Bonpl.) L.G.Lohmann, H) *Trifolium repens* L., I) *Brassica rapa* L., J) *Citrus lemon*, K) *Lobelia* sp1, L) *Zea mays* L., M) *Cedrela fissilis* Vell., N) *Ludwigia sericea* (Cambess.) H.Hara, O) *Ludwigia longifolia* (DC.) H.Hara



APENDICE I - Grãos de pólen coletados no corpo das abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch, nas cinco áreas amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC: A) *Richardia brasiliensis* Gomes, B) *Borreria* sp1, C) *Butia eriospatha* (Mart. Ex Drude) Becc., D) *Psidium cattleianum* Sabine, E) *Eucaliptus* sp1, F) *Foeniculum vulgare* Mill., G) *Vicia sativa* L, H) *Raphanus raphanistrum* L., I) *Sida rhombifolia* L., J) *Myrcia hatschbachii* D.Legrand, K) *Heimia apetala* (Spreng.) S.A.Graham & Gandhi, L) *Cucurbita moschata*, M) *Borreria verticillata* (L.) G. F. Meyer, N) *Cereus* sp1, O) Indeterminada – 1.



APENDICE J - Grãos de pólen coletados no corpo das abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch, nas cinco áreas amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC: A) *Forsteronia* sp1, B) *Sapium glandulosum* (L.) Morong, C) *Malpighiaceae* sp1, D) *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, E) *Cucurbita maxima*, F) *Solanum variabile* Mart., G) *Tradescantia fluminensis* Vell., H) *Nicotiana langsdorffii* Weinm, I) *Galinsoga parviflora* Cav., J) *Symphotrichum squamatum* (Spreng.) G. L. Nesom, K) *Baccharis anomala* DC., L) *Baccharis milleflora* (Less.) DC., M) *Hypochoeris chillensis* (Kunth) Britton, N) *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less, O) *Helianthus annus* L.



APENDICE K - Grãos de pólen coletados no corpo das abelhas visitantes de *Fragaria x ananassa* Dusch, nas cinco áreas amostradas nos municípios de União da Vitória-PR e Porto União-SC: A) *Senna neglecta* (Vogel) H.S.Irwin & Barneby, B) *Chrysoleaena propinqua* (Hieron.) H.Rob, C) *Ambrosia polystachya* DC., D) Indeterminado - 2, E) *Cichorium intybus* L., F) *Vernonia* sp1G) *Solanum lycopersicum*, H) *Ipomoea indivisa* (Vell.) Hallier, I) *Senegalia tenuifolia* (L.) Britton & Rose, J) *Schinus terebinthifolius* Raddi, K) *Fragaria x ananassa* Dusch.

