



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**

**JULIANA FERNANDES BERTOLI**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM SISTEMAS  
AGROECOLÓGICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

**Santo André**

**2020**

Juliana Fernandes Bertoli

DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM SISTEMAS  
AGROECOLÓGICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Bacharelado em  
Ciências Biológicas pelo Centro de  
Ciências Naturais e Humanas (CCNH) da  
Universidade Federal do ABC (UFABC)  
na área de Ecologia como requisito para  
obtenção do grau em bacharel.

Orientador: Dr. Tiago Fernandes Carrijo

Santo André

2020

## **FINANCIAMENTO**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi financiado com recursos da CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – através da concessão de bolsa de estudo (processo 117557/2018-8), durante o período de 2018 a 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grata aos meus avós, Inajá e Ítalo Bertoli, por terem me incentivado a estudar desde pequena e aberto mão de muitas coisas para isso. Também sou grata a minha mãe, Aurora Fernandes, por mostrar que, assim como ela, eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou e terminar a graduação.

Agradeço ao meu orientador, Tiago Carrijo, pela atenção e contribuição neste e em vários outros projetos durante a academia, muitas vezes indo além de suas funções como professor, fazendo com que eu me inspire como futura profissional.

## RESUMO

As abelhas (Hymenoptera: Apoidea) são as principais responsáveis pela polinização das plantas, um dos serviços ecossistêmicos mais importantes. Dentre as mais de 300 mil espécies de plantas conhecidas hoje, aproximadamente 87% dependem deste tipo de polinização biótica. Com os serviços prestados na polinização, as abelhas garantem a 73% das plantas a formação de frutos e sementes, e por consequência a continuação destas espécies através da manutenção das populações de plantas nos ecossistemas naturais. O objetivo geral deste trabalho foi fazer um levantamento da diversidade de abelhas em cinco sistemas agroecológicos na Região Metropolitana de São Paulo, comparando hortas orgânicas com hortas em transição para sistemas agroflorestais (SAFs). Nossas hipóteses eram que a diversidade das abelhas seria maior em SAFs e que o nível de degradação e tamanho da área amostrada teriam influenciado de alguma forma a diversidade das abelhas no local. Para isso, mensuramos a diversidade  $\alpha$  (riqueza e índice de Shannon) nestes locais e comparamos através de medidas de diversidade  $\beta$ , e realizamos análises de regressão com o índice de Shannon como variável resposta, e o tamanho da área de plantio e a degradação ao redor desta como variáveis explicativas. Foram feitas duas coletas, no período da manhã e em um mesmo dia, em cada uma das cinco áreas. Somando-se todas as áreas e coletas, foram coletados 275 abelhas. Os espécimes coletados puderam ser divididos em 46 morfoespécies pertencentes a quatro famílias, Andrenidae, Megachilidae, Halictidae e Apidae, sendo o maior número de indivíduos pertencentes a esta última família. Não foi possível encontrar um padrão para relacionar o índice de diversidade destas áreas com o sistema de plantio, tamanho da área de plantio (coeficiente de determinação entre  $H'$  e tamanho da área foi  $R^2= 0,24$ ), e distância desta com a área verde mais próxima (coeficiente de determinação entre  $H'$  e distância da área verde foi  $R^2=0,17$ ), entretanto é necessário que sejam realizadas novas coletas e estudos nestas áreas. Espera-se que os resultados obtidos possam agregar conhecimento e contribuir para a preservação deste grupo de insetos na região da Grande São Paulo e por consequência, do serviço ambiental prestado por eles, a polinização.

**Palavras-chave:** Apoidea, diversidade, São Paulo, sistema agroflorestal, horta

## **ABSTRACT**

Bees (Hymenoptera: Apoidea) are mainly responsible for the pollination of plants, one of the most important ecosystem services. Among the more than 300 thousand species of plants known today, approximately 87% depend on this type of biotic pollination. With the services provided in pollination, bees guarantee to 73% of plants the formation of fruits and seeds, and consequently the continuation of these species through the maintenance of plant populations in natural ecosystems. The general objective of this work was to survey the diversity of bees in five agroecological systems in the Metropolitan Region of São Paulo, comparing organic gardens with gardens in transition to agroforestry systems (SAFs). Our hypotheses were that the diversity of bees would be greater in SAFs and that the level of degradation and size of the sampled area would have somehow influenced the diversity of bees at the site. To do this, we measure the  $\alpha$  diversity (wealth and Shannon index) in these locations and compare using  $\beta$  diversity measures, and perform regression analysis with the Shannon index as the response variable, and the size of the planting area and degradation to around it as explanatory variables. Two collections were made, in the morning and on the same day, in each of the five areas. Adding all areas and collections, 275 bees were collected. The collected specimens could be divided into 46 morphospecies belonging to four families, Andrenidae, Megachilidae, Halictidae and Apidae, with the largest number of individuals belonging to this last family. It was not possible to find a pattern to relate the diversity index of these areas with the planting system, size of the planting area (coefficient of determination between  $H'$  and size of the area was  $R^2 = 0.24$ ), and its distance from the nearest green area (coefficient of determination between  $H'$  and distance from the green area was  $R^2 = 0.17$ ), however it is necessary to carry out new collections and studies in these areas. It is expected that the results obtained may add knowledge and contribute to the preservation of this group of insects in the Greater São Paulo region and, consequently, of the environmental service provided by them, pollination.

**Keywords:** Apoidea, diversity, São Paulo, agroforestry system, vegetable Garden

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição espacial das cinco áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo. Os marcadores das áreas C e E estão sobrepostos devido à sua proximidade .....	21
Figura 2. Proporção de famílias e número de indivíduos distribuídos nas quatro famílias de abelhas encontradas em cinco áreas da Região Metropolitana de São Paulo .....	26
Figura 3. Índice de Shannon das cinco áreas de coletas na Região Metropolitana de São Paulo .....	27
Figura 4. Índice Morisita das áreas .....	28
Figura 5. Coeficiente de regressão entre o Índice de Shannon e a distância da área verde mais próxima das cinco áreas de coleta na Região Metropolitana de São Paulo .....	29
Figura 6. Coeficiente de regressão entre o Índice de Shannon e o tamanho da área de plantio das cinco áreas de coleta na Região Metropolitana de São Paulo .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistema de plantio e descrição das cinco diferentes áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo .....	19
Tabela 2. Datas, locais e horários em que foram feitas as coletas nas cinco diferentes áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo .....	20
Tabela 3. Tamanho das cinco áreas de coleta, do fragmento de área verde e sua distância até a área de coleta .....	21
Tabela 4. Número de indivíduos (abundância) e de morfoespécies (riqueza) de abelhas coletadas na primeira coleta do dia (início da manhã), na segunda coleta (fim da manhã), o número total de indivíduos e morfoespécies coletados, os respectivos Índices de Shannon e tipo de plantio das cinco áreas da Região Metropolitana de São Paulo .....	25



## ANEXOS

ANEXO A - Morfoespécies de abelhas coletadas nas áreas com sistema de plantio tipo Agroflorestal .....	40
ANEXO B - Morfoespécies de abelhas coletadas nas áreas com sistema de plantio tipo Horta .....	41

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1.	Serviços ecossistêmicos .....	11
1.2.	Polinização e polinizadores .....	12
1.3.	Abelhas .....	13
1.4.	Agroecologia .....	16
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>19</b>
3.1.	Áreas de estudo .....	19
3.2.	Coleta de dados .....	19
3.3.	Triagem e identificação .....	22
3.4.	Análise dos dados .....	22
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
4.1.	Diversidade alfa e beta das áreas de coleta .....	24
4.2.	Influência da proximidade de fragmentos florestais .....	28
4.3.	Influência do tamanho da área de coleta .....	29
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Serviços ecossistêmicos

Segundo Ricklefs e Relyea (2016, p. 34), “um ecossistema é composto de uma ou mais comunidades de organismos vivos que interagem com os seus ambientes físicos e químicos, que incluem água, ar, temperatura, luz solar e nutrientes”. Sendo assim, os ecossistemas são sistemas ecológicos extremamente complexos que englobam milhares de organismos de diferentes espécies que vivem sob uma grande variedade de condições em seus ambientes.

É comum nestes sistemas efeitos de “*feedback*”, em que o arranjo entre efeitos positivos e negativos são responsáveis por um equilíbrio dinâmico evolutivo. Geralmente, os ecossistemas apresentam milhares de elementos estruturais, isso implica que não é possível fazer previsões de intervenções fundamentadas em conhecimentos de um único componente (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios obtidos pelos seres humanos a partir de ecossistemas por meio de funções ecossistêmicas. “Funções ecossistêmicas são as constantes interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema (...). Tais funções, consideradas um subconjunto dos processos ecológicos e das estruturas ecossistêmicas” (ANDRADE; ROMEIRO, 2009, p.09). Sendo que estas funções necessariamente precisam apresentar potencial para serem utilizadas pelo ser humano de alguma forma (HUETING *et al.*, 1997), além disso, uma única função pode gerar mais de um serviço ecossistêmico (De GROOT *et al.*, 2002).

Deste modo, são críticos para a sobrevivência do ser humano. Segundo Kremen (2002), em alguns casos específicos, a manutenção desses serviços fornece um argumento poderoso para a conservação da biodiversidade de determinado local. Entretanto, a ação antrópica vem alterando de forma muito excessiva os ecossistemas, implicando na sua capacidade de fornecer serviços essenciais para a nossa sobrevivência (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004).

Os serviços ecossistêmicos podem ser diretos ou indiretos, e são classificados em três grupos: provisão, regulação e culturais. Os serviços de provisão estão relacionados aos produtos que as pessoas obtêm da natureza, como alimentos, água, fibra, etc. Os serviços culturais são os benefícios que as pessoas ao entrarem em contato com a natureza contribuem para a cultura e relações

sociais, como por exemplo, o valor científico e educacional dos ecossistemas. Os serviços de regulação estão associados aos benefícios que se obtém com a regulação do ambiente feita pelos ecossistemas e seres vivos, como regulação do clima, controle biológico de pragas e polinização (BRASIL, 2017).

## **1.2. Polinização e polinizadores**

A polinização é o processo de transferência de pólen do órgão reprodutivo masculino (antera) de uma flor para o órgão reprodutivo feminino (estigma) da mesma flor ou de outra, do mesmo ou de outro indivíduo (FREITAS, 1995). As plantas são seres sésseis, portanto as espécies que se reproduzem de forma sexuada, precisam de um agente polinizador para que ocorra esse transporte de gametas. Esses vetores podem ser abióticos, como por exemplo o vento ou bióticos, como os animais, sendo esses agentes que irão transportar o pólen para a parte feminina da flor (RECH, 2014).

Em 80% das Angiospermas, a polinização é feita por seres vivos (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002) e existe um gasto energético para atrair esses polinizadores, através de adaptações estruturais, temporais e fisiológicas para otimizar a polinização e regular o fluxo gênico, aumentando assim a variação genética. Essas adaptações estão ligadas a coevolução entre planta-polinizador, mostrando a forte seleção que o polinizador exerce nos atributos florais (RECH, 2014), contribuindo para a especificidade e complexidade dos ecossistemas (ODUM; BARRET, 2008). Sem estes agentes bióticos, as angiospermas, que são a grande maioria das plantas, não reproduziria sexualmente, e conseqüentemente, não seria possível produzir sementes, frutos, óleos vegetais etc, utilizados em larga escala pela sociedade humana por exemplo (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

A polinização é um dos serviços ecossistêmicos mais importante. A baixa polinização em sistemas naturais são menos severas do que em sistemas agrícolas. Na agricultura, uma polinização insuficiente implica na baixa produção de frutos e em frutos deformados. Em sistemas naturais, apesar de se ter problemas que são mais sutis de serem vistos, a baixa polinização pode também ter problemas tão severos quanto, como a extinção de uma planta, acarretando por consequência um declínio de organismos que dela se alimentam (frutos, e/ou sementes e/ou folhas),

implicando em uma regeneração pobre da flora, resultando em erosão do solo e posterior diminuição do volume de água (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004).

Estudos mostram que a polinização por animais silvestres está relacionada direta e indiretamente com vários outros serviços ecossistêmicos (KLEIN, 2007). Com isso os polinizadores contribuem com US\$ 54 bilhões de dólares por ano na economia mundial (KENMORE; KRELL, 1998), e estima-se que em 2018, apenas no Brasil, a polinização para a produção de alimentos gerou cerca de R\$ 43 bilhões para a economia. Sendo que quatro cultivos de grande importância agrícola e econômica para o país representam 80% desse valor, a soja (*Glycine max*), o café (*Coffea arabica*), a laranja (*Citrus sinensis*) e a maçã (*Malus domestica*) (BPBES, 2019).

Aproximadamente 73% da polinização de todas as espécies de plantas cultivadas em nosso planeta é feita por alguma espécie de abelha (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005), além de que das 57 espécies de plantas mais cultivadas em todo o planeta, 42% delas dependem de abelhas nativas para a sua polinização (SILVA *et al.*, 2014). Isso ocorre, pois em geral as abelhas se alimentam exclusivamente de recursos oferecidos pelas flores, como grãos de pólen, néctar e óleos florais, estabelecendo relações estreitas ao longo da evolução destas com as angiospermas, sendo assim as principais responsáveis pela polinização (RECH, 2014).

Com o aumento das áreas voltadas para a agricultura, houve uma maior dependência dos polinizadores, entretanto a demanda não acompanhou a oferta, causando um déficit de polinização entre 3 a 8% (AIZEN *et al.*, 2009). Várias atividades desenvolvidas pelos seres humanos prejudicam os polinizadores e intensificam o declínio destes. Além dos inseticidas e pesticidas, o aumento de áreas agrícolas e a intensificação de monoculturas, diminui a diversidade de polinizadores, pois diminui a abundância e diversidade de recursos florais (KREMEN, 2002).

### **1.3. Abelhas**

Pertencente à ordem Hymenoptera, junto às formigas e vespas, as abelhas formam grupo monofilético, sendo o grupo das vespas *Crabronidae*, seu grupo irmão (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Geralmente se distinguem por serem mais robustas e com maior pilosidade do que as vespas, além da dependência de pólen

como fonte de proteína para alimentar suas larvas e para o desenvolvimento ovariano de fêmeas poedeiras. Michener, em seu livro *“The Bees of the World”*, lista uma série de sinapomorfias que indicam que todas as abelhas tenham se originado de uma única espécie ancestral e que reúnam todas as espécies descendentes desse ancestral. Algumas destas sinapomorfias apontadas são: presença de pêlos ramificados (geralmente plumosos), o consumo de pólen por larvas e fêmeas adultas, basitarso posterior mais largo que os tarsômeros seguintes e presença da placa basitibial por exemplo. Este clado é dividido em sete famílias (MICHENER, 2007), sendo cinco delas existentes no Brasil: Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae e Apidae (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Existem mais de 20.000 espécies de abelhas pelo mundo das mais diversas cores, formas e tamanhos, sendo que mais de 10% das espécies existem no Brasil. Esse grande grupo de insetos pode ser dividido em relação ao seu comportamento, podendo ser sociais, para-sociais ou quase-sociais e solitárias (SILVA *et al.*, 2014). A grande maioria das espécies de abelhas são solitárias, não fazem parte de uma colônia. A abelha solitária constrói seu próprio ninho e fornece comida para a sua prole sem a ajuda de outras abelhas, além disso, geralmente morre ou não espera sua prole nascer ou amadurecer para abandonar o seu ninho (MICHENER, 2007).

No sistema organizacional para-social ou subsocial, as abelhas não apresentam ninhos com muitos indivíduos ou divisão de castas definidas e também ocorre a sobreposição de geração na qual a fêmea alimenta e cuida de sua prole ao invés de simplesmente armazenar comida para eles (MICHENER, 2007). As abelhas sociais se dividem em machos e fêmeas, assim como as solitárias, entretanto as fêmeas das abelhas sociais podem ser subdivididas em castas, sendo operária ou rainha. O tipo de casta ao qual o animal pertence está ligado à atividade deste dentro da colônia. Neste tipo de organização, também há cuidado parental e sobreposição de geração (SILVA *et al.*, 2014).

Algumas abelhas também pertencem ao grupo de cleptoparasitas, sendo geralmente solitárias. Estas depositam seus ovos em ninhos pertencentes a outras abelhas e com isso, suas larvas se alimentam do substrato deixado no ninho para a cria de outra abelha. Um exemplo de abelhas que fazem isso são as pertencentes ao gênero *Exaerete* (Apidae, Euglossini) que parasitam as nidificações de *Eulaema* (Apidae, Euglossini). Também existem grupos de abelhas que parasitam ninhos de

abelhas sociais, parasociais e solitárias. Como exemplo as abelhas cleptoparasitas sociais pertencentes ao gênero *Lestrimelitta* (Apidae, Meliponini) que roubam recursos de ninhos de outras abelhas, como aquelas do gênero *Trigona*, *Nanotrigona*, dentre outras Meliponini, que também são sociais (REYES-NOVELO *et al.*, 2009).

As abelhas não estão distribuídas de maneira homogênea pelo mundo, em regiões geográficas se encontram uma maior riqueza de espécies. As abelhas são mais diversas em regiões áridas, sobretudo na América do Norte. Entretanto, as áreas tropicais são menos estudadas e esse padrão pode ser apenas um viés pela falta de estudos com diversidade de abelhas nesses locais (MICHENER, 2007). Fatores físicos que podem influenciar a diversidade desses animais são: fonte de recursos (substratos alimentares e para nidificação), ação humana no ambiente e variações meteorológicas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Os grupos com as maiores diversidades encontrados nas áreas tropicais são Anthophoridae, Megachilidae e Apidae. Além disso, os grupos que apresentam um maior número de representantes nos trópicos são aqueles em que a nidificação não ocorre no solo, pois os ninhos não são impermeáveis para evitar propagação de fungos e possíveis inundações. Nos ambientes áridos, por não haver problemas de inundação e fungos por causa da umidade, a nidificação no solo é favorecida (MICHENER, 2007).

Existe uma correlação positiva entre riqueza de abelhas e a diversidade de fonte de alimento de um local. Muitas vezes as abelhas precisam se deslocar entre um bom local para nidificação e um bom local para alimentação, e apesar dos dois não precisarem necessariamente ser no mesmo local (REYES-NOVELO *et al.*, 2009), eles não podem estar muito distantes também.

A ação dos seres humanos também influencia a diversidade das abelhas através do desmatamento, urbanização, fragmentação de áreas verdes, uso de inseticidas de amplo espectro, entre outros fatores. Essa influência antrópica acarreta na diminuição de algumas populações de abelhas e a dispersão de espécies melhor adaptadas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; KLEIN *et al.*, 2007).

A variação meteorológica pode influenciar a diversidade amostrada em função do método utilizado para se medir, pois a pluviosidade e a temperatura afetam o vôo

das abelhas. A ocorrência de chuvas faz com que as abelhas interrompam as suas atividades, como a de forrageio, por exemplo. Em relação a temperatura, as abelhas não iniciam as suas atividades enquanto a temperatura não atingir um valor mínimo. Entretanto, se a temperatura for muito alta a atividade das abelhas tende a diminuir, geralmente isso ocorre entre às 12hs e 15hs (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

#### **1.4. Agroecologia**

O impacto no meio ambiente causado pela urbanização, desmatamento, fragmentação, introdução de espécies exóticas e práticas agrícolas convencionais são uma das principais causas da diminuição das populações nativas de polinizadores (STEFFAN-DEWENTER *et al.* 2006). A produção agroecológica é uma alternativa interessante às práticas convencionais de produção agrícola, pois consiste na aplicação de conceitos e princípios ecológicos para o desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis (GLIESSMAN, 2000). Ela se dá através de uma visão interdisciplinar que foca não apenas na perspectiva meramente tecnológica, mas também em aspectos socioeconômicos. Além disso, possui um papel a longo prazo na conservação do meio ambiente através da construção de um modelo sustentável de produção (LOPES; LOPES, 2011). A produção agroecológica pode ser desde uma horta orgânica, até sistemas complexos, compostos por uma alta diversidade de plantas, como em Sistemas Agroflorestais (SAFs) agroecológicos. Um SAF é definido como o plantio de diferentes espécies vegetais, com pelo menos uma delas sendo lenhosas, em uma mesma área. Os SAFs agroecológicos buscam uma grande diversidade de espécies, reproduzindo ao máximo um ecossistema em clímax ecológico (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Conhecer as abelhas, sua diversidade e abundância em ambientes de cultivo agroecológico é importante para saber se os serviços ecossistêmicos prestados por elas nestas áreas estão sendo realizados de forma considerável. Pois em áreas fragmentadas, onde se há baixa complexidade do ecossistema, a diversidade de abelhas pode ser bastante reduzida (BROWN; OLIVEIRA, 2014), comprometendo assim a polinização e a produção agrícola local (GIANNINI *et al.*, 2015).

Esse projeto está vinculado ao NEA-UFABC (Núcleo de estudos em agroecologia e produção orgânica da Universidade Federal do ABC), que é um projeto de ensino, pesquisa e extensão financiado pelo CNPq, com ações que



abrangem principalmente, a região sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), incluindo os municípios do grande ABC Paulista e as zonas sul e sudeste do município de São Paulo. As pesquisas do grupo formam um mosaico de áreas de estudos: 1) áreas urbanizadas (residenciais, assentamentos precários, industriais e de comércio), 2) áreas de proteção de mananciais, 3) fragmentos florestais e 4) áreas agrícolas de usos mistos em permanente conflito com as políticas públicas. Devido ao fato deste projeto estar vinculado ao NEA-UFABC, os dados poderão ser analisados e comparados com os outros projetos, abrangendo um conhecimento interdisciplinar dessas áreas é muito maior.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), está inserida no bioma da Mata Atlântica. Este bioma é um dos *Hotspot* de biodiversidade do planeta, por possuir alta taxa de endemismo, com uma alta riqueza de espécies de distintos grupos de organismos, e estar amplamente ameaçado pela ação humana (MYERS et al., 2000). Com a urbanização, a diversidade nativa fica restrita a fragmentos de mata, primárias ou secundárias, ou áreas de produção agrícola com mais ou menos diversidade devido ao tipo de sistema de produção.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho foi fazer um levantamento da diversidade de abelhas em cinco sistemas agroecológicos na Região Metropolitana de São Paulo, comparando hortas orgânicas com hortas em transição para sistemas agroflorestais (SAFs). As hipóteses do trabalho eram: 1) a diversidade de abelhas seria maior nos SAFs do que nas hortas; 2) que o nível de degradação do ambiente ao redor dessas áreas; e 3) o tamanho da área amostrada, influenciou de alguma forma a diversidade das espécies de abelhas no local. Os resultados obtidos irão contribuir para a melhor compreensão da diversidade de abelhas em cultivos agroecológicos inseridos em ambientes urbanos, e poderão servir de base para tomadores de decisões para criação de áreas prioritárias de conservação na RMSP.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Áreas de estudo

Foram selecionadas cinco áreas de produção agroecológica dentro da Região Metropolitana de São Paulo. Duas das áreas escolhidas possuem hortas orgânicas, enquanto três estão em transição para SAF, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Sistema de plantio e descrição das cinco diferentes áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo.

Áreas	Sistema de plantio	Características
A	SAF	Este SAF teve início em 2016; está localizado em uma zona rural; é a maior área amostrada; possui a área verde mais próxima, sendo esta preservada e diversa; existem poucas plantas com flores na área.
B	SAF	É o SAF mais antigo, teve início em 2011; está localizado na zona rural; área verde próxima e grande, passando por período de descanso do solo; muitas plantas floridas na área.
C	Horta	Área mais antiga, seu manejo teve início em 1990; localizada em área bem urbanizada, próxima a avenida movimentada; muitas plantas floridas no local.
D	Horta	Início do manejo agrícola nos anos 2000; localizada em área extremamente urbanizada; é a segunda maior área; área mais distante de fragmento florestal.
E	SAF	Possui o manejo mais recente, teve início em 2017; localizado em área urbanizada; passando por um período de descanso; muitas plantas floridas no local.

#### 3.2. Coleta de dados

O método utilizado foi a coleta ativa com puçá, essa técnica é a mais utilizada para captura ativa de insetos adultos em voo ou pousados em flores (REYES-NOVELO *et al.*, 2009). A captura foi feita em dois períodos de 1 hora cada com intervalo de 1,5 horas entre estes e iniciadas após 1,5 horas do nascer do Sol. Em cada período, dois coletores percorriam toda a área amostrada coletando abelhas

encontradas. Se haviam abelhas nas plantas, estas eram coletadas, se não existiam, seguia-se para a próxima planta e assim sucessivamente. Entretanto, se um grande número de abelhas, provavelmente da mesma morfoespécie/colônia fosse encontrado, não eram coletados todos os indivíduos encontrados.

As abelhas foram coletadas entre janeiro e março do ano de 2019 nas áreas, datas e locais mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Datas, locais e horários em que foram feitas as coletas nas cinco diferentes áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo.

Área	Data	1ª Coleta	2ª Coleta	Local da Área	Cidade
A	20/01/2019	08:15hs	11:00hs	-23,91531; -46,77340	São Paulo
B	29/01/2019	08:00hs	11:00hs	-23,64975; -46,40438	Mauá
C	23/02/2019	07:40hs	11:10hs	-23,64736; -46,48912	Santo André
D	03/03/2019	07:50hs	10:30hs	-23,59823; -46,48725	São Paulo
E	30/03/2019	07:51hs	10:20hs	-23,64736; -46,48990	Santo André

Na figura 1, retirada do programa Google Earth, é possível ver a distribuição espacial das áreas coletadas. Devido à proximidade das Áreas C e E, o marcador se sobrepôs.

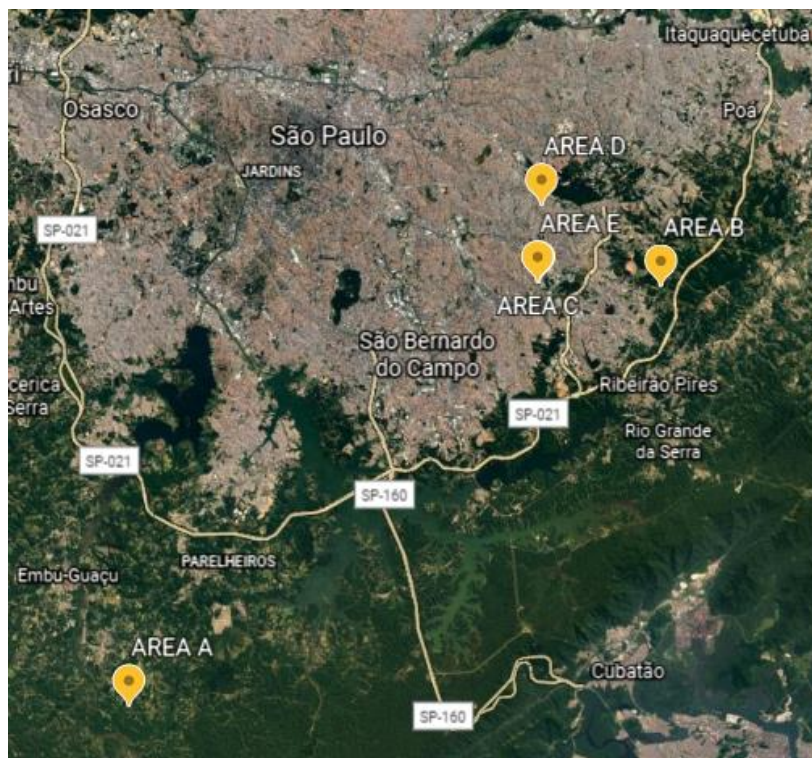


Figura 1. Distribuição espacial das cinco áreas de plantio da Região Metropolitana de São Paulo. Os marcadores das áreas C e E estão sobrepostos devido à sua proximidade.

Para mensurar a degradação ao redor das áreas, foi medida a distância desta até a área verde mais próxima pelo programa Google Earth. Utilizando este mesmo programa, foi feita a medida do tamanho das áreas analisadas, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Tamanho das cinco áreas de coleta, do fragmento de área verde e sua distância até a área de coleta.

Áreas	Distância do fragmento (m)	Tamanho do fragmento (ha)	Tamanho da área (m <sup>2</sup> )
Área A	40	> 100	4500
Área B	10	> 100	300
Área C	200	< 10	550
Área D	320	< 10	3700
Área E	260	< 10	1000

### 3.3. Triagem e identificação

Foi feita a triagem dos animais coletados para separação das abelhas. Após esse procedimento, as abelhas foram identificadas até o nível taxonômico família com auxílio de chaves dicotômicas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; SILVA *et al.*, 2014).

### 3.4. Análise dos dados

Após a identificação dos espécimes como morfoespécie, foi possível estimar a diversidade  $\alpha$  (alfa), ou seja, a diversidade local. Esta foi calculada através da riqueza de espécies encontrada no local, além do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ). Este índice dá maior peso para as espécies raras, e é obtido pela equação (SHANNON; WEAVER, 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde  $S$  é o número de espécies,  $p_i$  é a proporção da espécie  $i$ , estimada como  $n_i/N$ , onde  $n_i$  é a medida de importância da espécie  $i$  (número de indivíduos, biomassa), e  $N$  é o número total de indivíduos. Na prática o valor máximo de  $H'$  é  $\ln S$ , e o mínimo é  $\ln [N/(N - S)]$ .

A diversidade  $\beta$  (beta) também foi calculada para a comparação entre as áreas. Essa medida estima o quanto a composição de espécies varia de uma área para outra, ou seja, descreve o quanto as áreas são distintas (ou similares) em termos de composição de espécies.

Um dos índices propostos que considera as abundâncias das espécies é o índice de Morisita-Horn ( $C_{MH}$ ).

$$C_{MH} = \frac{2 \sum X_{ij} X_{ik}}{[(\sum X_{ij}^2 / N_j^2) + (\sum X_{ik}^2 / N_k^2)] N_j N_k}$$

Onde  $X_{ij}$  e  $X_{ik}$  são, respectivamente, o número de indivíduos da espécie  $i$  nas amostras  $j$  e  $k$ , e  $N_j$  e  $N_k$  são, respectivamente, o número total de indivíduos nas amostras  $j$  e  $k$  (KREBS, 1989).

O valor dos coeficientes de similaridade varia de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (total similaridade). Quanto menos espécies as diferentes áreas compartilham, menos alta é a diversidade  $\beta$  entre elas.

Tanto a diversidade alfa quanto a beta foram calculadas através do Software de análise de dados Past.

Para saber se a degradação ao redor da área de plantio e se o tamanho da área influenciam a diversidade de abelhas, foram feitas análises de regressão com o resultado do índice de Shannon como variável resposta, e as seguintes variáveis explicativas: 1) distância da área verde mais próxima, e 2) tamanho da área de plantio da propriedade. Esta análise tem como objetivo explorar a relação entre duas ou mais variáveis, para que seja possível obter informações sobre uma das variáveis, por meio dos valores já conhecidos das demais. A relação matemática é definida pelo conjunto de pares  $(x,y)$  para o qual  $y=\beta_0+\beta_1x$  determina uma reta com coeficiente angular  $\beta_1$  e termo constante  $\beta_0$  (DEVORE, 2010).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Diversidades alfa e beta das áreas de coleta**

Foram coletados um total de 275 abelhas somando-se todas as áreas (Tabela 3). A área B apresentou a menor quantidade de indivíduos coletados, 23 abelhas, enquanto, a área A possui o maior número de indivíduos coletados, mais de 36% do valor total de abelhas. Na primeira coleta (no começo da manhã) foram coletadas mais abelhas, 156 indivíduos. Na segunda coleta (no final da manhã) foram encontradas 119 abelhas (Tabela 4). Os espécimes coletados puderam ser divididos em 46 morfoespécies pertencentes a quatro famílias, Andrenidae, Megachilidae, Halictidae e Apidae, sendo o maior número de indivíduos pertencentes a esta última família (Figura 2).

Na Tabela 4, é possível ver a riqueza de morfoespécies coletadas nas áreas de plantio. Todas as áreas, menos a área C, apresentaram uma maior riqueza de morfoespécies na segunda coleta da manhã. A área que apresentou a maior riqueza foi a área D (18 morfoespécies), seguida pelas áreas E (14) e B (12).

A área B, foi a área que teve o menor número de indivíduos coletados, 23 no total, entretanto foi uma das áreas que possui a maior riqueza de morfoespécies. A área A possui o maior número de indivíduos coletados, de forma discrepante em relação às demais, porém foi a que apresentou o menor número de morfoespécies, sendo todas estas da família Apidae (Figura 2 e Tabela 4).



Tabela 4. Número de indivíduos (abundância) e de morfoespécies (riqueza) de abelhas coletadas na primeira coleta do dia (início da manhã), na segunda coleta (fim da manhã), o número total de indivíduos e morfoespécies coletados, os respectivos Índices de Shannon e tipo de plantio das cinco áreas da Região Metropolitana de São Paulo.

Áreas	Abundância			Riqueza			Diversidade
	Primeira coleta	Segunda coleta	Total	Primeira coleta	Segunda coleta	Total	(H')
Área A (SAF)	65	35	100	2	2	3	0,153
Área B (SAF)	11	12	23	4	8	11	2,092
Área C (Horta)	29	16	45	5	4	7	1,03
Área D (Horta)	24	29	53	8	13	18	2,05
Área E (SAF)	27	27	54	7	9	14	2,13

Como mostrado na Figura 2, indivíduos da família Apidae foram encontrados em todas as áreas. Como esperado, esta família teve um número maior de indivíduos coletados em relação às demais (Figura 2).

Em todas as áreas, apenas um indivíduo da família Andrenidae foi coletado, na área D. As áreas B, C e D tiveram a maior diversidade de famílias. A área E apresentou um único indivíduo pertencente à família Megachilidae, sendo o restante (98%) pertencentes a Apidae. Em nenhuma das áreas foi coletado algum indivíduo da família Colletidae.

A Tabela 4, também mostra a relação entre o tipo de plantio da área e o Índice de Shannon. A maioria das áreas com SAF apresentaram índices altos em relação às demais áreas, entretanto o menor índice de todos também foi de um SAF, discordando dos resultados esperados. As duas hortas que foram coletadas apresentaram índices conflitantes também, um relativamente alto e o outro mais baixo.

A área E apresentou uma maior diversidade ( $H' = 2,13$ ), seguida da área B ( $H' = 2,092$ ), posteriormente pela área D ( $H' = 2,05$ ) e C ( $H' = 1,03$ ). A menos diversa

foi A, que apresentou consideravelmente o menor índice de Shannon comparada às demais áreas,  $H' = 0,1538$  (Figura 3).

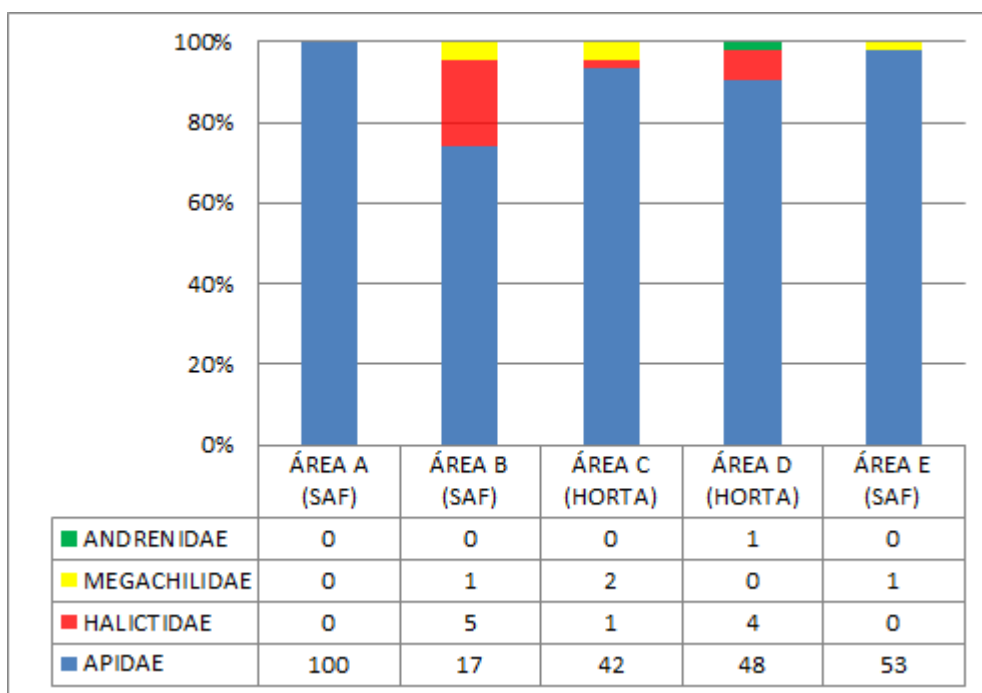


Figura 2. Proporção de famílias e número de indivíduos distribuídos nas quatro famílias de abelhas encontradas em cinco áreas da Região Metropolitana de São Paulo.

A área A teve a maior abundância, com 100 indivíduos coletados. A maioria destas abelhas foi encontrada em bananeiras (*Musa* sp.). Apesar de possuir o maior número de indivíduos coletados, foi possível averiguar que a maioria (97 indivíduos) pertencem a uma mesma morfoespécie, devido a isso, a diversidade dessa área foi o mais baixa. Vale ressaltar que durante a coleta nesta área, devido a um grande número de abelhas da mesma morfoespécie, não foram coletados todos os indivíduos encontrados.

A área B foi a que teve o menor número de indivíduos coletados, 23. O solo desta área estava passando por um período de descanso, entretanto havia muitas plantas com flores. Esta área foi uma das que teve a maior diversidade ( $H' = 2,092$ ).

A área C possui a segunda menor quantidade de indivíduos coletados. E também possui o segundo menor índice de Shannon, 1,03; como mostrado na Figura 3. Essa área possui atividades ligadas à agricultura desde os anos 90.

A área D apresentou uma abundância relativamente alta, sendo que essa taxa de coleta se manteve tanto na primeira quanto na segunda coleta. Esta área teve o segundo maior índice de Shannon,  $H'=2,05$ .

A área E é a área mais recente, possui apenas 2 anos desde o início das atividades relacionadas à agricultura. O solo deste local estava passando por um período de descanso, entretanto havia algumas plantas com flores, sendo as flores da planta do gênero *Cucurbita*, as que mais atraíam as abelhas coletadas. Nessa área foi encontrada a maior diversidade ( $H'=2,13$ ).

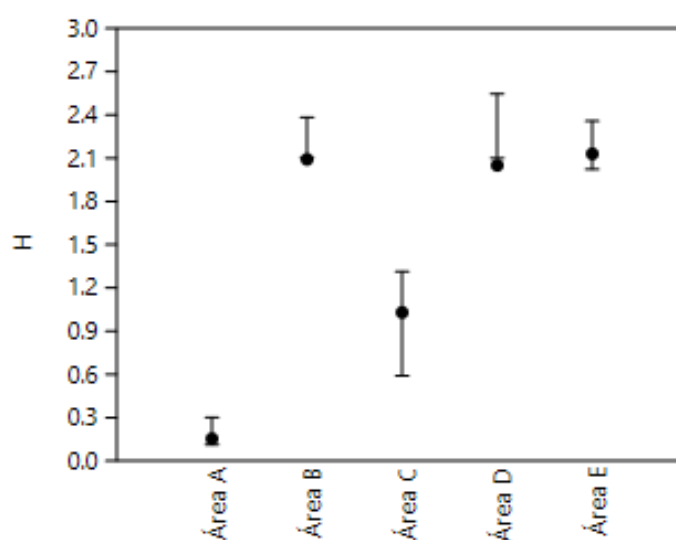


Figura 3. Índice de Shannon (H) para as cinco áreas de coletas na Região Metropolitana de São Paulo.

A similaridade entre as áreas levando em conta a abundância e riqueza das espécies foi calculada pelo índice de Morisita-Horn, e é mostrada na Figura 4. As áreas A e D são as mais similares entre si. A área B apresentou uma baixa similaridade com as áreas A/D e quase nenhuma com as áreas C/E. A área B é a única área localizada no município de Mauá.

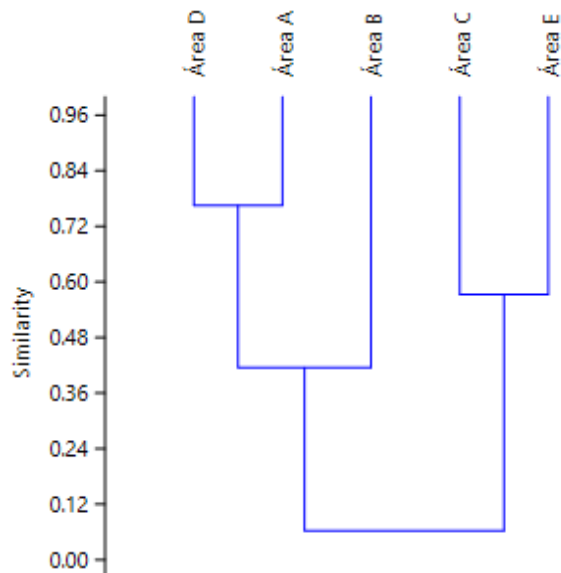


Figura 4. Índice Morisita das áreas

#### 4.2. Influência da proximidade de fragmentos florestais

A hipótese de que haveria uma maior diversidade em áreas que tivessem fragmentos florestais mais próximos não foi corroborada, uma vez que não houve relação significativa entre os valores do índice de Shannon e a distância para fragmentos próximos (Figura 5). A área B apresentou a menor distância entre a área de coleta e uma área verde, menos de 10 metros. E como esperado, apresentou um índice de diversidade alto em relação às outras áreas. Entretanto, as áreas D e E estavam a aproximadamente 320 metros e 260 metros respectivamente e apresentaram os valores do índice de Shannon muito parecidos com a área B. A área C, estava a aproximadamente 200 metros da mesma área verde da área E, entretanto foi a segunda mais diversa. A área A está a 40 metros de distância de uma área verde muito grande e bem preservada, mas apresentou discrepantemente o menor índice de Shannon em relação às outras áreas,  $H' = 0,1538$ , como mostrado na Figura 5.

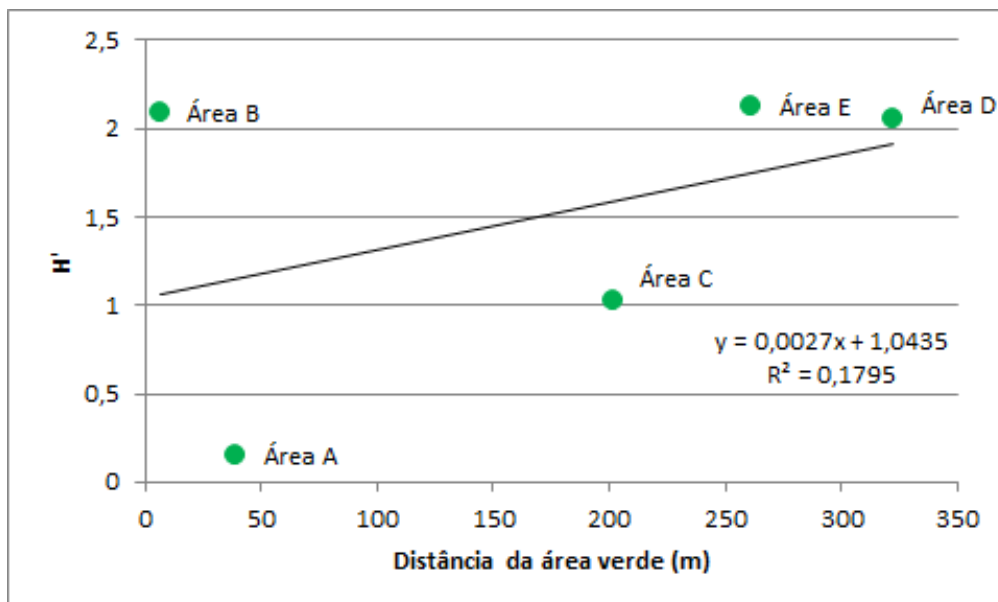


Figura 5. Coeficiente de regressão entre o Índice de Shannon e a distância da área verde mais próxima das cinco áreas de coleta na Região Metropolitana de São Paulo.

A Figura 5 de dispersão de dados bivariados apresentou um coeficiente de regressão  $R^2 = 0,1795$ , não indicando uma correlação entre as duas variáveis. A figura mostra que existe uma variação significativa ao redor da reta dos mínimos quadrados em relação à variação global do eixo correspondente ao índice de Shannon ( $H'$ ), de modo que o modelo de regressão linear simples não consegue explicar a variação de ( $H'$ ) relacionando-o a distância da área verde.

### 4.3. Influência do tamanho da área de coleta

A área A é a maior área onde foi feita a coleta, ela apresenta mais de 4,5 mil  $m^2$ , entretanto possui o menor índice de diversidade. A área C possui o segundo menor índice de Shannon e uma metragem de 550  $m^2$  aproximadamente.

As áreas D e E possuem respectivamente 3,7 mil  $m^2$  e 1 mil  $m^2$  e os maiores índices de Shannon. Entretanto, a área B possui a menor metragem, 300  $m^2$  e seu índice de Shannon é muito similar aos índices das áreas D e E, como pode ser visto na Figura 6.

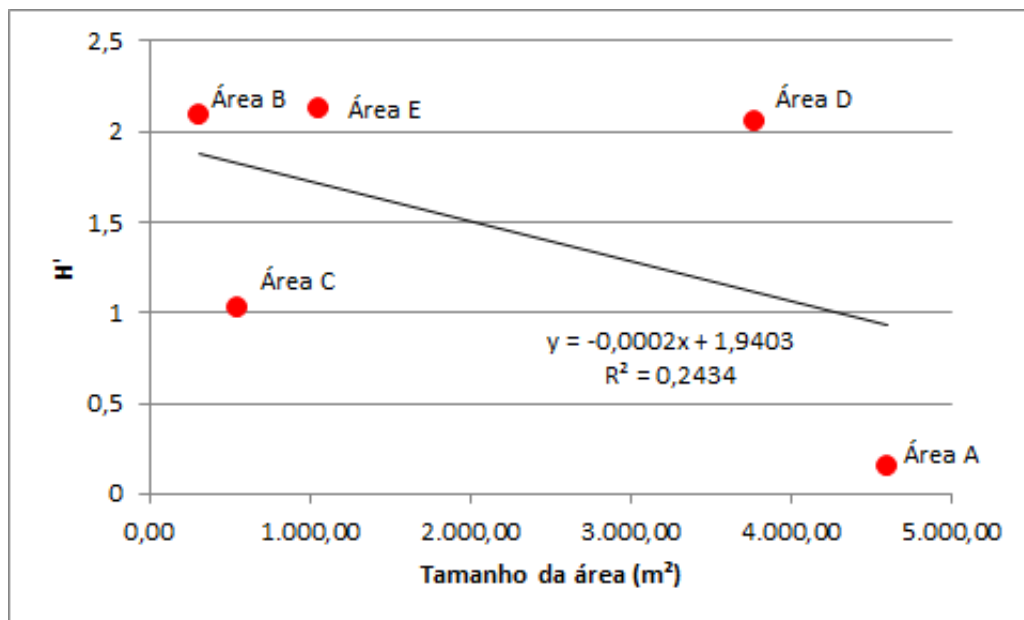


Figura 6. Coeficiente de regressão entre o Índice de Shannon e o tamanho da área de plantio das cinco áreas de coleta na Região Metropolitana de São Paulo.

Não foi possível encontrar um padrão de influência do tamanho da área com relação à diversidade das abelhas, o coeficiente de determinação foi baixo ( $R^2 = 0,2434$ ), mostrando uma correlação fraca.

## 5. DISCUSSÃO

A hipótese que os SAFs teriam uma maior diversidade em comparação às hortas, por estes tentarem se aproximar de um ecossistema clímax (STEENBOCK; VEZZANI, 2013), não foi corroborada em nosso estudo. Apesar de a maior diversidade ter sido encontrada na área E, que é um SAF, a área A que também possui a mesma forma de plantio, foi a que os resultados mais fugiram das expectativas da pesquisa em relação a todas as demais áreas, tendo o menor valor de diversidade. Entretanto, no dia em que foi feita a coleta da área A, o tempo estava nublado, sendo muito possível que esta condição meteorológica tenha influenciado diretamente na diversidade das abelhas no local que estava sendo amostrado (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

A família Apidae teve um número discrepante de indivíduos coletados em relação às demais famílias, como já mostrado em estudos feitos na Universidade de São Paulo (KNOLL *et al.*, 1993). Neste grupo estão os táxons eussociais, possuem colônias numerosas, podendo assim, ter influenciado os resultados. A área A foi a que teve a menor diversidade (3 morfoespécies), todas pertencentes à família Apidae, sendo que a maioria das abelhas pertencem a uma mesma morfoespécie. Isto pode estar relacionado à diversidade de plantas que havia no local, a maioria das abelhas foram coletadas em bananeiras. A abundância de alimento favorece grandes populações e a diversidade destes alimentos, uma maior riqueza de espécies. No caso das abelhas, existe uma correlação positiva entre riqueza de espécies de abelhas e o número de espécies de plantas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Por isso, quando ocorrem processos de perturbação no meio como a agricultura, as populações desses insetos podem ser afetadas, tanto em sua diversidade, quanto em sua abundância (REYES-NOVELO *et al.*, 2009).

A maior similaridade encontrada foi entre as áreas D (horta) e A (SAF). Entretanto, a localidade onde essas áreas estão inseridas é bem diferente, a área D está próxima a uma avenida muito movimentada em São Paulo, enquanto a área A está localizada na zona rural de São Paulo. Essas áreas possuem uma distância entre si de aproximadamente 46 Km, possuem sistemas de plantio diferentes, sendo o início das atividades de manejo das áreas também variam significativamente, além da distância da área verde mais próxima. Como o Índice Morisita-Horn considera as abundâncias das espécies, e tanto a área A quanto a área D possuem a maioria dos

indivíduos pertencentes a mesma morfoespécie, e sendo esta igual nas áreas, implicou que o valor de similaridade fosse alto entre as áreas.

Esperava-se que as áreas C e E apresentassem o maior valor de similaridade entre si, pois essas áreas estão a aproximadamente 65 metros uma da outra, no mesmo quarteirão e possuindo a mesma área verde mais próxima. Mesmo possuindo um sistema de plantio diferente, estas áreas tiveram um alto valor de similaridade, sugerindo que o sistema de plantio não tenha influenciado no valor da similaridade entre as áreas.

Quando ocorrem processos de perturbação do meio, como por exemplo a utilização da terra para fins de agricultura, desmatamento e urbanização, é possível que haja modificação na disponibilidade de recursos como alimentos e lugares para nidificação (REYES-NOVELO *et al.*, 2009). Essas mudanças podem influenciar nos índices de diversidade, riqueza e similaridade os locais, pois as abelhas são muito sensíveis à falta destes recursos, podendo suas comunidades serem afetadas.

A regressão entre a distância do fragmento florestal mais próximo à área de plantio e o índice de Shannon, não demonstra nenhuma relação entre as duas variáveis, não sendo possível observar um padrão em relação à distância da área verde mais próxima com a diversidade encontrada na Horta/SAF, o coeficiente de determinação foi muito baixo ( $R^2 = 0,1795$ ). Entretanto, na hipótese inicial era esperado que houvesse uma relação negativa entre a diversidade de espécies e a distância da área verde mais próxima, pois a degradação de habitats naturais é prejudicial para as abelhas, principalmente pela perda de recursos (alimentação e nidificação). Com isso, a conservação de habitats naturais e semi naturais próximos às propriedades de manejo de terra é importante para a conservação das abelhas, protegendo os seus recursos para conseqüentemente melhorar os serviços de polinização (KLEIN *et al.*, 2007).

A urbanização pode trazer conseqüências como: a) a falta de áreas verdes próximas entre si; b) a falta de recursos e conseqüentemente o declínio de espécies polinizadoras, incluindo as espécies de abelhas que são as responsáveis pela maior parte da polinização (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Segundo Klein *et al.* (2007), esses fatores podem acarretar um declínio de espécies vegetais. Sem a polinização, várias espécies de vegetais podem entrar em colapso, pois dependem



quase que totalmente desses animais para se reproduzirem, prejudicando o desenvolvimento vegetal e por consequência a agricultura do local.

Ocupações intensivas do meio ambiente realizadas pelo ser humano, como a urbanização ou grandes monoculturas por exemplo, causam impactos nas comunidades locais por afetarem os recursos utilizados pelas abelhas, como a falta de lugar para nidificação, falta de fonte de alimentos e envenenamento por inseticidas/pesticidas. Dependendo do tamanho dessas ocupações intensivas, pode haver não apenas um dano à abundância e diversidade local das abelhas, além de implicar em modificações na biogeografia das espécies (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Existem abelhas que precisam se deslocar entre um local e outro, seja para buscar condições ideais para se alimentar ou para nidificar (REYES-NOVELO *et al.*, 2009). Por isso, foi levantada a hipótese de que em áreas de plantio maiores, como hortas, mas principalmente SAFs, as abelhas teriam mais recursos e não precisariam se deslocar, implicando assim em uma maior diversidade local. Entretanto, não foi encontrada tal relação, um exemplo é a área A, que mesmo tendo a maior área, uma área verde muito próxima e grande a ela, teve o menor Índice de Shannon ( $H'=0,1538$ ).

As áreas C, D e E estão localizadas em áreas mais urbanizadas do que as áreas A e B. Apesar dessa hipótese não ter sido devidamente testada, era esperado que nas áreas menos urbanizadas houvesse uma maior similaridade entre elas e um índice Shannon mais alto. Entretanto, não foi encontrada nenhuma relação de similaridade ou um maior índice de Shannon.

É importante ressaltar que em outros trabalhos envolvendo diversidade de abelhas em ambientes urbanizados, foi mostrado que à medida que são feitas alterações no meio, seja pela substituição de florestas por plantio e/ou urbanização, as abelhas são localmente extintas ou confinadas em fragmentos de área verde (mata primária ou secundária), tendo uma redução de sua população por falta de recursos, endogamia e competição/predação por organismos mais bem adaptados a essa situação (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Por isso, algumas formas de agricultura são mais indicadas como solução para obter sistemas agrícolas mais e equilibrados, menos intensivos e funcionando como áreas verdes para abrigo das abelhas (e outros animais), diminuindo um

pouco os impactos sobre a diversidade nativa desse grupo. Alguns exemplos são: i) a produção agroecológica, que visa um papel a longo prazo na conservação do meio ambiente (LOPES; LOPES, 2011); ii) hortas, mas principalmente SAFs, que buscam uma grande variedade de espécies para se aproximar de um ecossistema clímax (STEENBOCK; VEZZANI, 2013). Nos últimos anos, essa forma de pensar mais sustentável, vem se expandindo dentro da agricultura (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002).

A economia e conseqüentemente a forma como esta impacta a política da agricultura, prioriza os ganhos a curto prazo através de uma alta produtividade, utilizando principalmente monocultura e não pensando no meio ambiente. Por conseqüência, ocorrem impactos como erosão do solo, contaminação deste e da água, fragmentação de ecossistemas naturais e com isso, a perda de diversidade biológica desses locais (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002).

Algumas ações podem contribuir para a diversificação de abelhas nas áreas de manejo de terra: 1) aumentar as oportunidades de nidificação; 2) aumentar o forrageamento através do fornecimento de uma variedade floral; 3) aumento do número de áreas verdes e 4) reduzir o uso de inseticidas de amplo espectro durante a floração (KLEIN *et. al.*, 2007). Em sistemas agroecológicos, como as áreas que foram analisadas, em relação ao item 4, não são utilizados inseticidas e pesticidas. Estes são trocados por sistemas biológicos e ecológicos para assim manter o equilíbrio, contribuindo para a diversidade local de abelhas (GLIESSMAN, 2000).

## 6. CONCLUSÃO

Após o levantamento da diversidade de abelhas nos cinco sistemas agroecológicos na Região Metropolitana de São Paulo, variando entre hortas orgânicas e hortas em transição para sistemas agroflorestais (SAFs), foi possível verificar que em todas as áreas a família Apidae teve um número muito maior de indivíduos coletados em relação às demais famílias. Porém, devido ao número amostral insuficiente de áreas coletadas e/ou o baixo número de coletas em cada área, provavelmente limitou o alcance do estudo em entender os padrões de diversidade das abelhas. Não sendo possível observar um padrão para relacionar o índice de diversidade destas com o sistema de plantio, tamanho da área de plantio e distância desta com a área verde mais próxima e assim, corroborar as hipóteses deste trabalho, que seriam: a diversidade das abelhas seria maior em SAFs e que o nível de degradação e tamanho da área amostrada teria influenciado de alguma forma a diversidade das abelhas no local.

As ações mais relevantes que podem contribuir para o aumento da diversidade de abelhas nas áreas de manejo de terra pela agricultura são: 1) aumentar as oportunidades de nidificação; 2) aumentar o forrageamento através do fornecimento de uma variedade floral; 3) aumento do número de áreas verdes e 4) reduzir o uso de inseticidas de amplo espectro durante a floração.

É necessário um estudo com uma maior quantidade de áreas amostradas, um maior número de coletas em cada área e neste também levar em consideração as espécies de vegetais cultivadas no momento da coleta é realizada.

## 7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. C., ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: IE/UNICAMP, v. 155, p. 1-43, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Serviços ecossistêmicos**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos>. 2017. Acesso em: 18 jun. 2020.

BROWN, J.C., DE OLIVEIRA, M.L. **The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil**. Apidologie 45, 172–188. 2014.

DE GROOT, R. S., WILSON, M. A., BOUMANS, R. MJ. **A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services**. Ecological economics, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. Cengage Learning Edições Ltda., 2010.

FREITAS, B.M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (Malus domestica Borkh) and cashew (Anacardium occidentale L.)**. 1995. Thesis, University of Wales, Cardiff, UK. 197p. 1995.

FREITAS, B. M., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **A importância econômica da polinização**. Mensagem Doce, n.80, p.44-46, 2005.

FREITAS, B. M., PEREIRA, J. O. P. **Solitary bees conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza (CE): Federal University of Ceará, p. 255-281, 2004.

GIANNINI, T. C., CORDEIRO, G. D., FREITAS, B. M. SARAIVA, A. M; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil.** J Econ Entomol, p. 1-9, 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 2. Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 658p.

GRIMALDI, D., ENGEL, M. S. **Evolution of the Insects.** Cambridge University Press, 2005.

HUETING, R. *et al.* **The concept of environmental function and its valuation.** Ecological Economics, v. 25, n. 1, p. 31-36, 1998.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização.** São Paulo: USP, 2004.

KENMORE, P.; KRELL, R. **Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management.** In: International Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees. 7-9 de Outubro de 1998, São Paulo, Brasil. 1998.

KEVAN, P.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2002. 313p.

KLEIN, A. M. *et. al.* **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops.** Proceedings of the royal society B: biological sciences, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KNOLL, F. R. N., BEGO, L. R., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. As abelhas em áreas urbanas. Um estudo no campus da Universidade de São Paulo. **Flores e abelhas em São Paulo**, p. 31-42, 1993.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper & Row, 1989.

KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., THORP, R. W. **Polinização de culturas de abelhas nativas em risco de intensificação agrícola**. Anais da Academia Nacional de Ciências, v. 99, n. 26, p. 16812-16816, 2002.

LOPES, P. R., LOPES, K. C. S. A.. **Sistemas de produção de base ecológica—a busca por um desenvolvimento rural sustentável**. REDD—Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, v. 4, n. 1, 2011.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World Johns Hopkins University Press**. Baltimore, Md, USA, 2007.

MYERS N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G, DA FONSECA, G. A. B. KENT J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature 402: 853-858. 2000.

ODUM, E. P., BARRET, G. W. Fundamentos de ecologia 5th ed. **São Paulo: Cengage Learning**, 2015.

PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS (BPBES). **Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil**. 2019. Disponível em: <[https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/02/BPBES\\_Completov5.pdf](https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/02/BPBES_Completov5.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2019.

RECH. A. R., AGOSTINI, K., OLIVEIRA, P. E., MACHADO, I. C. (Eds.). **Biologia da polinização**. Projecto Cultural, 2014.

REYES-NOVELO, E. RAMÍREZ, V. M., GONZÁLEZ, H. D., AYALA, R. **Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico**. Tropical and Subtropical Agroecosystems, v. 10, n. 2009, p. 1-13, 2009.

RICKLEFS, R., RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7. ed. Guanabara Koogansa, Rio de Janeiro, 2016.

SHANNON, C.E., WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, C. I., ALEIXO, K. P., NUNES-SILVA, B., FREITAS, B. M., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. São Paulo: Instituto Avançado da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente-Brasil, 2014.

SILVEIRA, F. A., MELO, G. A, ALMEIDA, E. A. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. 2002.

STEENBOCK, W., VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, v. 201, n. 3, 2013.

STEFFAN-DEWENTER, I., KLEIN, A. M., GAEBELE, V., ALFERT, T., TSCHARNTKE, T. **Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes**, p.387-407. In N.M. Wasser & J. Ollerton, Plant-pollinator interaction from specialization to generalization. The University of Chicago Press, Chicago, 488p, 2006

WILLIAMS, N. M., MINCKLEY, R. L., SILVEIRA, F. A. **Variation in native bee faunas and its implications for detecting community changes**. Conservation Ecology, v. 5, art. 7. 2001.

ANEXO A – Morfoespécies de abelhas coletadas nas áreas com sistema de plantio tipo Agroflorestal.

SAFs	Morfoespécie
Área A	Apidae sp. 1
	Apidae sp. 2
	Apidae sp. 41
Área B	Halictidae sp. 3
	Apidae sp. 4
	Halictidae sp. 5
	Apidae sp. 6
	Megachilidae sp. 7
	Apidae sp. 8
	Halictidae sp. 9
	Halictidae sp. 10
	Halictidae sp. 11
	Apidae sp. 41
	Apidae sp. 47
Área E	Apidae sp. 2
	Apidae sp. 19
	Apidae sp. 20
	Apidae sp. 21
	Apidae sp. 22
	Megachilidae sp. 23
	Apidae sp. 27
	Apidae sp. 29
	Apidae sp. 35
	Apidae sp. 38
	Apidae sp. 39
	Apidae sp. 40
	Apidae sp. 47
Apidae sp. 48	



ANEXO B - Morfoespécies de abelhas coletadas nas áreas com sistema de plantio tipo Horta.

Hortas	Morfoespécies
Área C	Apidae sp. 2
	Apidae sp. 4
	Halictidae sp. 12
	Megachilidae sp. 13
	Apidae sp. 14
	Apidae sp. 43
	Apidae sp. 45
Área D	Halictidae sp. 3
	Halictidae sp. 9
	Apidae sp. 16
	Apidae sp. 17
	Apidae sp. 18
	Apidae sp. 24
	Adrenidae sp. 25
	Apidae sp. 26
	Halictidae sp. 28
	Apidae sp. 31
	Apidae sp. 32
	Apidae sp. 33
	Apidae sp. 34
	Apidae sp. 36
	Apidae sp. 37
	Apidae sp. 41
Apidae sp. 44	
Apidae sp. 46	