
Ecologia

Isabela Sanches Manochio

**A influência da paisagem sobre a morfometria
das asas de *Apis mellifera* (Hymenoptera:
Apidae) na Mata Atlântica**



Rio Claro - SP
2023

Isabela Sanches Manochio

A influência da paisagem sobre a morfometria das asas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) na Mata Atlântica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga.

Orientador: Milton Cezar Ribeiro

Co-Orientador: Jean Pablo Alves de Deus

Rio Claro - SP
2023

M285i	Manochio, Isabela A influência da paisagem sobre a morfometria das asas de <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) na Mata Atlântica / Isabela Manochio. -- Rio Claro, 2023 49 p. : tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (-) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Milton Ribeiro Coorientador: Jean de Deus 1. Ecologia. 2. Morfometria. 3. <i>Apis mellifera</i>. 4. Paisagem. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Isabela Sanches Manochio

**A influência da paisagem sobre a morfometria das asas de *Apis mellifera*
(Hymenoptera: Apidae) na Mata Atlântica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Ecóloga

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

MSc. Jean Pablo Alves de Deus

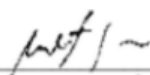
Prof. Dr. Augusto Florisvaldo Batisteli

Dra. Ana Cristina Vara Crestani

Aprovado em: 08 de Novembro de 2023



Assinatura do discente



Milton Cesar Ribeiro (Orientador)



Jean Pablo Alves de Deus (Coorientador)

Dedico esse trabalho aos meus maiores amores,
Janaina Sanches, Vera Item Sanches e Maria Antonia
dos Santos Manochio. Vocês são as mulheres mais
incríveis que já conheci. Sempre amarei vocês!

AGRADECIMENTOS

As três mulheres que me criaram, meus grandes amores. Minha mãe Janaina Sanches, que sempre acreditou em mim e nunca permitiu que eu desistisse, sempre sendo minha melhor amiga, a minha mãe vó, Vera Item Sanches, que hoje mora no céu, mas que sempre cuidou de mim e me ensinou a ser forte, e minha vó Maria Antonia dos Santos Manochio, a vó Toninha, que me ensina todos os dias sobre ser uma boa pessoa, ter um coração generoso e nunca perder a fé. Sem vocês nunca teria chegado até aqui, nem seria quem eu sou. Obrigada, eu amo vocês.

Ao meu pai, Paulo Edison Manochio, que me ensina todos os dias sobre ser uma pessoa honesta, trabalhadora e dedicada em tudo que faz. Obrigada, amo você.

Aos meus cachorrinhos Theo e Romeu, que mesmo sempre tentando roubar minha comida são companhias maravilhosas e felizes, além de terem sido ótimos ajudantes em todas as tardes escrevendo esse trabalho. Amo vocês, pequeninhos.

Aos meus amigos/irmãos da faculdade, Luiz Henrique Laverdi, Mariana Machado Franco, Beatriz Maria Paccas Saraiva, Juliana Angelo e Cassio Cazemiro, pelas risadas, momentos de descontração e ombro amigo. Vocês fazem parte de quem me tornei, levarei cada um e todas nossas histórias no coração sempre. Obrigada, amo todos vocês.

Ao meu noivo e físico favorito, Lucas Garcia Chebat, por me ensinar que posso sempre ser melhor, por deixar a vida mais leve e colorida e ser meu porto seguro. Obrigada, amo você, muito muito.

Ao meu coorientador Jean Pablo Alves de Deus, por ser sempre paciente comigo e por toda a ajuda. Esse trabalho nunca seria possível sem você. Também ao meu orientador Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro “Miltinho”, por confiar em mim para que esse trabalho pudesse ser realizado e pelo tempo cedido. Muito obrigada.

Por fim, a Unesp Rio Claro, por me permitir realizar e viver meu sonho, conhecer pessoas que mudaram minha vida e levarei pra sempre, e aprender tanto com professores incríveis como Augusto Florisvaldo Batisteli e Juliana Bento de Oliveira, que além de me ensinarem muito e serem exemplos se tornaram amigos.

RESUMO

A polinização é um processo realizado principalmente por abelhas, as quais estão em risco de desaparecimento devido às alterações antrópicas causadas nas paisagens naturais. Tão importante quanto mostrar o efeito dessa degradação sobre esses animais, também pode ser mostrar como a saúde das abelhas também pode estar sendo afetada pela paisagem. O presente estudo tem como objetivo compreender como alterações oriundas da fragmentação em métricas da paisagem, como porcentagem de cobertura florestal, conectividade, heterogeneidade e efeito de borda, podem influenciar na saúde das abelhas, medida pela variação da morfometria de asas da espécie de abelhas sociais *Apis mellifera*. Para tanto, armadilhas luminosas foram instaladas em 19 paisagens em Poços de Caldas – MG ao longo de um ano. Após retiradas as armadilhas, todos os insetos foram triados e as abelhas identificadas como sendo *A. mellifera* foram separadas para posterior análise. Os indivíduos dessa espécie passaram por um processo de medição de suas asas, onde 17 pontos foram marcados em suas intercessões a fim de observar as variações que ocorrem entre indivíduos de diferentes tipos de paisagens. Os resultados mostraram que a conectividade dos fragmentos foi significativa para o formato da asa, que a heterogeneidade influencia positivamente o tamanho médio da asa, enquanto a cobertura florestal influencia negativamente a plasticidade fenotípica. A abundância diminui com maiores altitudes, com mais distância da borda florestal e borda total, e em paisagens mais heterogêneas.

Palavras-chave: *Apis mellifera*; fragmentação; morfometria; paisagem; saúde.

ABSTRACT

Pollination is a process carried out mainly by bees, which are at risk of disappearance due to anthropogenic changes caused in natural landscapes. As important as showing the effect of this degradation on these animals, can also be showing how the health of bees may also be affected by the landscape. The present study aims to understand how changes arising from fragmentation in landscape metrics, such as percentage of forest cover, connectivity, heterogeneity and edge effect, can influence bees health, measured by variation in wing morphometry of social bee species *Apis mellifera*. To this study, light traps were installed in 19 landscapes in Poços de Caldas – MG over the course of a year. After removing the traps, all insects were screened and the bees identified as *A. mellifera* were separated for further analysis. Individuals of this species underwent a process of measuring their wings, where 17 points were marked at their intersections in order to observe the variations that occur between individuals from different types of landscapes. The results showed that fragment connectivity was significant for wing shape, the heterogeneity positively influences average wing size, while forest cover negatively influences phenotypic plasticity. Abundance decreases with higher altitudes, decreases with more distance from the edge and total edge, it also decreases when we have a high heterogeneity in landscapes.

Keywords: *Apis mellifera*; fragmentation; morphometry; landscape; health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Hipótese do efeito da fragmentação (medida através da porcentagem floresta, conectividade, quantidade de borda), distância da borda e heterogeneidade da paisagem sobre o tamanho e variação da morfometria das asas de <i>A. mellifera</i> na região de Poços de Caldas/MG.....	16
Figura 2 – Mapa da região de Poços de Caldas/MG, com às 19 paisagens onde <i>Apis mellifera</i> foram coletadas, com áreas de 1 km de raio em torno do ponto de coleta. Feito em parceria com Cassio Santos Cazemiro.....	21
Figura 3 - Lupa Leica sendo utilizada para fotografar a asa anterior direita de <i>Apis mellifera</i>	23
Figura 4 - (A) Influência da altitude sobre a abundância das abelhas <i>Apis mellifera</i> (B) Influência da borda total sobre a abundância de <i>Apis mellifera</i> . (C) Influência da distância da borda florestal sobre a abundância de <i>Apis mellifera</i> . (D) Influência da heterogeneidade sobre a abundância de <i>Apis mellifera</i>	27
Figura 5 - (A) Influência da heterogeneidade sobre o tamanho médio da asa anterior direita de <i>Apis mellifera</i> (resíduo). (B) Influência da cobertura florestal sobre a plasticidade fenotípica da asa. (C) Asa de <i>A. mellifera</i> com os marcos anatômicos (pontos numerados) e escala.	28
Figura 6 - Variações dos 17 pontos marcados nas asas de <i>Apis mellifera</i> e foto com escala.....	29
Figura 7 - Influência da conectividade sobre a plasticidade fenotípica.....	46
Figura 8 - Influência da borda total sobre a plasticidade fenotípica.....	46
Figura 9 - Influência da heterogeneidade sobre a plasticidade fenotípica.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com os meses em que não foram coletados 20 indivíduos por paisagem.	22
Tabela 2 - Número de indivíduos de <i>Apis mellifera</i> coletados por mês e paisagem (P1-P19).....	26
Tabela 3 - Tabela com teste mantel e P sobre preditoras e resposta.....	29

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Objetivo.....	15
3. Hipóteses.....	16
4. Metodologia.....	20
4.1. Coleta de dados.....	21
4.2. Morfometria das asas.....	22
4.3. Análise da paisagem.....	24
4.4. Análise estatística e modelagem.....	24
5. Resultados.....	26
6. Discussão.....	29
7. Conclusão.....	33
Referências.....	34
Apêndice A- Gráficos.....	46

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um processo que ocorre quando os grãos de pólen (células reprodutivas masculinas das angiospermas), são transferidos das anteras para o estigma de uma flor (parte reprodutiva feminina) (Freitas 1995; Freitas e Imperatriz-Fonseca, 2005). Esse processo é de extrema importância pois permite a reprodução das plantas com flores através da fecundação dos óvulos por meio da germinação dos grãos de pólen, resultando na origem das sementes e garantindo assim as próximas gerações daquela espécie (Freitas, 1995, *apud* Freitas e Imperatriz-Fonseca, 2005).

A polinização é um processo ecológico importante não só para ambientes naturais, mas também para aqueles que são manipulados pelos humanos, como as diversas culturas agrícolas espalhadas pelo mundo (Rosa et al. 2008). Em um estudo realizado por Giannini et al. (2015) foram analisadas 141 culturas brasileiras, e 85 se mostraram dependentes dos polinizadores. Quase um terço dessas 141 culturas analisadas se mostraram essencialmente ou grandes dependentes da polinização feita por animais. Quanto à questão econômica, o mesmo estudo mostrou que a renda agrícola anual das culturas dependentes gira em torno de US\$45 bilhões, sendo que quase 30% desse valor (aproximadamente US\$12 bilhões) se deve à contribuição dos polinizadores (Giannini et al., 2015). Desse modo podemos compreender a importância que os polinizadores têm também na economia, e não somente no Brasil, mas no mundo.

O principal grupo de organismos que realiza a polinização são os insetos. Aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo são polinizadas por abelhas, 19% por moscas, 5% por vespas, 5% por besouros e 4% por borboletas e mariposas (Freitas e Pereira, 2004). As abelhas coevoluíram com as plantas durante um longo tempo evolutivo e devido a esse processo, esses dois tipos de organismos apresentam características recíprocas que maximizam a polinização (Souza et al., 2007). Por exemplo, algumas plantas produzem o néctar, uma substância adocicada, a qual pode atrair mais abelhas que irão carregar pólen de uma planta para outra através de estruturas corporais especializadas como corbículas, escopas ou cerdas. Dessa forma, as plantas podem aumentar sua diversidade genética e as abelhas obterão alimento para sua sobrevivência e das próximas gerações (Souza et al., 2007).

As abelhas (Hymenoptera: Apócrita) podem ser insetos de hábitos tanto social

como solitário. Por um lado, as abelhas solitárias não apresentam divisão de castas e seu ciclo reprodutivo pode ser mais curto quando comparado às abelhas sociais (Alves-Dos-Santos et al., 2002). Além disso, essas espécies são menos exploradas economicamente, já que não produzem mel, própolis, geleia real e cera tal como as abelhas sociais (Vogel, 1974). Esses organismos apenas interagem com outros de sua espécie durante a reprodução, após a qual, as fêmeas constroem seus ninhos separadamente. Os ninhos podem ser construídos tanto no chão quanto acima dele, podendo ser escavados pela própria abelha ou serem feitos em cavidades pré-existentes deixados por outros tipos de insetos. Os ovos são colocados em células de cria, nas quais a abelha provisiona uma determinada quantidade de pólen para que sua larva possa se alimentar após a eclosão. Após esse processo o ninho é fechado pela mãe e o contato entre as gerações não ocorre (Batra, 1984, *apud* Smith, 2020).

Por outro lado as abelhas sociais formam colônias e apresentam divisão de trabalho por três castas principais: A rainha, a única que se reproduz e produz novos indivíduos para a colônia; as operárias, que são as responsáveis por todo o trabalho na colmeia, sendo menores quando comparadas à rainha. Esses indivíduos obedecem rígidas distribuições de serviços conforme as sucessivas transformações que ocorrem em seu organismo com o decorrer de sua vida (Nascimento et al., 2022). Já zangões, têm como única função a fecundação da abelha rainha. Para tanto, os zangões exibem adaptações, como olhos e antenas especializados, utilizados para achar e perseguir a rainha, além de apresentar órgãos internos que também são arranjados para que seu voo seja mais rápido, aumentando seu sucesso reprodutivo (Muffert, 2010). Essas três castas passam pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto, o que caracteriza as abelhas como insetos holometábolos (Ramos e Carvalho, 2007).

Dentre as mais de vinte mil espécies de abelhas conhecidas, a *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) é uma das principais prestadoras do serviço de polinização, além de também ser importante para outros setores da economia como a produção de mel, geleia real, própolis e pólen (Ramos e Carvalho, 2007). Essa espécie de hábito social tem uma distribuição cosmopolita, sendo exótica e invasora em muitos países, incluindo o Brasil. Ela foi introduzida no país devido a missões estabelecidas por jesuítas no século XVIII, onde hoje se encontra a fronteira do Brasil com o Uruguai, a noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A hipótese é de que elas se espalharam pelas florestas após a expulsão dos jesuítas do local (Ramos e Carvalho, 2007). Mais a frente, em 1839, através do padre

Antonio Carneiro Aureliano, a apicultura começou a se desenvolver no Brasil, quando alguns ninhos de *A. mellifera* foram trazidos de Portugal e foram instalados no Rio de Janeiro. Em 1845 já haviam mais de 200 ninhos instalados na Quinta Imperial, palácio utilizado como residência pela família real a partir de 1808. Durante 1889, imigrantes alemães também trouxeram essas abelhas e iniciaram a apicultura no Sul do país. Já em 1895 o padre Amaro Von Emelen, também introduziu mais ninhos, agora vindas da Itália para Pernambuco (Cicco, 2007, *apud* Ramos e Carvalho, 2007). Cerca de onze anos depois, o imigrante alemão, professor Emílio Schenk e autor do livro “O apicultor brasileiro” também importou abelhas da Alemanha (Ramos e Carvalho, 2007).

Atualmente, a *A. mellifera* é uma líder mundial na produção de mel, principalmente se comparadas às abelhas sem ferrões, que produzem e armazenam pouco mel por ninho (Chuttong et al., 2016; Halinski et al., 2015). Apesar disso, essas abelhas estão desaparecendo, principalmente devido a fatores antrópicos, como o desmatamento excessivo e o uso desenfreado de pesticidas e agrotóxicos (Ordunha e Mucci, 2021). Muitas abelhas têm ficado intoxicadas por produtos químicos à base de neonicotinóides, que infectam o pólen e água, os quais são transportados para o ninho, podendo afetar todos os indivíduos (Ordunha e Mucci, 2021). O desaparecimento desses organismos pode causar tantos danos ecológicos como econômicos, ameaçando os ambientes naturais e a produção mundial de alimentos.

Mesmo culturas que possuem menor dependência da polinização por animais podem ser altamente afetadas com seu desaparecimento, por exemplo, o cultivo do café. Mesmo sendo plantas autógamas, sendo polinizadas em cerca de 90% por pólen da própria flor, ainda restam cerca de 10% das flores que são polinizadas por insetos, principalmente abelhas (Sakiyama, Pereira, & Zambolim, 1999, *apud* Latini et al., 2020). Mesmo com essa baixa porcentagem de dependência da polinização por insetos, os cultivos de café podem perder cerca de 32% de sua produtividade com a perda desses animais polinizadores (De Marco e Coelho, 2004; Hipolito et al., 2018, *apud* Latini et al., 2020), sendo que a *A. mellifera* pode representar cerca de 73% da polinização animal dessas plantas (Malerbo-Souza et al., 2003). Desse modo, a presença de *A. mellifera* em cultivos é necessária para que o máximo da produtividade possa ser alcançada (Melo e Souza, 2011).

Um fato importante e que muitas vezes não é considerado por diversos estudos com foco apenas na presença da *A. mellifera* nos cultivos agrícolas, é que a saúde desses animais também pode estar sendo afetada pelas alterações na paisagem, e isso pode ser um fator que pode diminuir a polinização e com ela os lucros das lavouras. Por exemplo, uma das

características de *A. mellifera* que pode sofrer alterações devido à degradação de habitats e uso de químicos, e que ainda não foi bem estudada, é a morfologia da asa que pode afetar a qualidade do voo e, com isso, a prestação do serviço da polinização.

A industrialização, urbanização e diversas mudanças climáticas têm afetado ecossistemas naturais, suas dinâmicas e estruturas populacionais e de comunidades. Com isso, mudanças na simetria das estruturas dos organismos, como deformidades morfológicas e malformações são vistas, tudo devido às ações antropogênicas (Sanseverino e Nessimian, 2008).

A degradação de paisagens naturais tem causado uma homogeneização desses ambientes, principalmente devido à fragmentação e perda de habitats adequados (Tilman et al., 2001; Silva et al., 2010, *apud* Rosa et al., 2018). A fragmentação pode reduzir o fluxo de animais e plantas (pólen e sementes) ao longo dos habitats, diminuindo assim sua diversidade e serviços relacionados (Kearns e Inouye, 1997; Viana e Pinheiro, 1998, *apud* Cunha, Nóbrega e Junior, 2014). Além de restringir a presença das espécies nos ambientes, a fragmentação também pode afetar a saúde das espécies que são mais nicho-generalistas e são mais resistentes às mudanças dos ambientes. Assim, a morfometria das asas pode ser um bom indicador desse potencial impacto, e estudá-la é um passo importante para um melhor planejamento das paisagens e um melhor gerenciamento da produção agrícola no Brasil, pensando nos efeitos ecológicos e econômicos que a perda da saúde dos insetos pode causar sobre os ecossistemas e a economia.

Quanto à morfometria, assunto principal do presente trabalho, trata-se de uma ferramenta muito usada em análises do impacto das mudanças ambientais ocorridas nas populações, onde são analisadas as medidas corporais dos indivíduos. Essa técnica irá possibilitar uma análise de dados morfológicos em um conjunto de dados numéricos e também em gráficos, para que se possa testar hipóteses e entender padrões dos dados coletados (Richtsmeier et al., 2002). Por exemplo, em um estudo realizado por Ribeiro et. al. (2019), três espécies de Euglossini, sendo *Eulaema atleticana* (Nemésio), *Euglossa cordata* (Linnaeus) e *Euglossa ignita* (Smith), foram analisadas com o objetivo de entender como a estrutura da paisagem poderia afetar o tamanho e formato das asas. Foram utilizadas 5 áreas, onde quatro tem grande influência antrópica e uma fazia parte de um sistema agroflorestal. O resultado foi de que indivíduos coletados dentro do sistema agroflorestal divergiam significativamente dos demais coletados nas outras quatro áreas. As asas de *E. cordata* e *E. ignita* apresentaram diferenças na região medial, principalmente, sendo que essa área participa de modo ativo na capacidade de voo do inseto. Já para *E. atleticana* e *E. cordata* ocorreu uma

correlação significativa entre dados morfométricos e métricas da paisagem, mostrando assim uma relação estreita entre as espécies e a cobertura florestal. O mesmo estudo (Ribeiro et. al, 2019) mostrou que tanto a fragmentação do habitat quanto o aumento de atividades agrícolas podem causar vários danos à biodiversidade, sendo que a fragmentação pode causar alterações no formato e tamanho das asas de insetos voadores.

O efeito de borda, que também é uma medida de fragmentação, pode estar relacionado a nidificação de algumas espécies de abelhas nativas (Azeredo, 2023). No estudo citado, três fragmentos de diferentes tamanhos foram estudados, a fim de encontrar nidificações de abelhas nativas. No menor fragmento, não foram encontrados nenhuma nidificação de abelhas nativas, um fator que o autor sugere ser atribuído ao efeito de borda dos fragmentos. Segundo o mesmo estudo (Azeredo, 2023), quanto menor o fragmento, menor serão as chances de se encontrar locais adequados para nidificações das abelhas nativas, visto que em seu trabalho, no maior fragmento foram encontrados quatro ninhos, enquanto no fragmento médio, três ninhos foram encontrados, enquanto no menor fragmento não foi encontrado ninho algum.

Com isso podemos entender melhor sobre as abelhas, assim como sua importância para o meio ambiente e economia, além de compreender o quanto ações antrópicas como o desmatamento podem influenciar diretamente em sua morfometria e processos reprodutivos. Sendo assim, podemos compreender a importância de se estudar a morfometria das asas e como as alterações nas paisagens podem estar afetando-as.

2 OBJETIVO

O presente estudo busca compreender como alterações na paisagem podem afetar a saúde da *A. mellifera* através da morfometria de suas asas e sobre a abundância da espécie.

Para avaliar se tais alterações na paisagem afetam a abundância e as asas dessas abelhas, foram utilizadas métricas de paisagem como distância da borda, quantidade total de borda florestal, heterogeneidade, conectividade florestal e cobertura vegetal.

3 HIPÓTESES

Nossas hipóteses são de que paisagens com maior cobertura vegetal e conectividade apresentarão uma maior abundância de indivíduos e maior tamanho das asas de *A. mellifera*, afetando negativamente na variação das asas dos mesmos (Figura 1a). Além disso, também esperamos que maior quantidade de borda florestal na paisagem terá um efeito oposto, diminuindo a abundância e o tamanho das asas e aumentando a variação entre as asas dos indivíduos (Figura 1b), e que efeito similar seja observado analisando a distância da borda. Por fim, espera-se que paisagens com maior heterogeneidade afetarão positivamente a abundância e o tamanho das asas, porém, altos valores dessa métrica podem diminuir essas variáveis, já que em altas taxas de heterogeneidade muita cobertura florestal é perdida, originando um efeito negativo, o que resultaria em maior abundância e tamanho das áreas em graus intermediários de heterogeneidade. Também espera-se que a heterogeneidade afete positivamente a variação das asas de *A. mellifera* (Figura 1c).

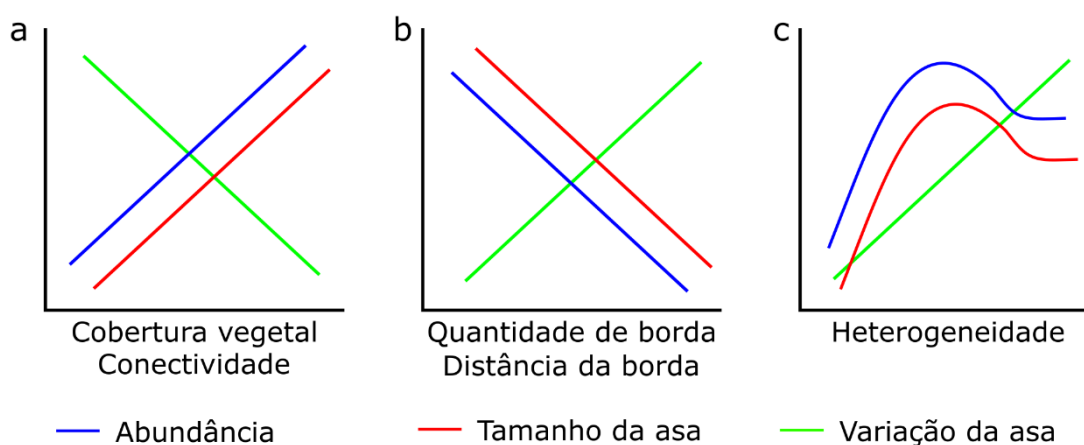


Figura 01. Hipótese do efeito da fragmentação (medida através da porcentagem floresta, conectividade, quantidade de borda), distância da borda e heterogeneidade da paisagem sobre o tamanho e variação da morfometria das asas de *A. mellifera* na região de Poços de Caldas/MG.

Em estudos como o de Muniz (2015), é possível observar que a cobertura vegetal pode ser associada a abundância e riqueza em alguns polinizadores, como nesse caso, de abelhas solitárias que nidificam em cavidades já pré-existent em áreas de mata. Quanto mais próximo a áreas com mais recursos disponíveis, maior será a abundância também, como no caso do estudo (Zanella, 2003), onde a área mais próxima a açudes, água e plantas típicas da

caatinga apresentou maior abundância e diversidade de abelhas, tendo um total de 83 espécies coletadas, número quatro vezes maior que do que na outra área coletada, onde foram 47 espécies somente. No estudo realizado por Tokumoto (2015) é visto que a riqueza e a abundância de visitantes florais é maior quando se tem maiores quantidades de floresta, assim como no trabalho de Biesmeijer et al. (2006), que diz que quanto maior a quantidade de floresta na paisagem, maior será a disponibilidade dos recursos para alimentação e também para a nidificação desses visitantes.

A disponibilidade de recursos afeta diretamente a nutrição desses indivíduos, sendo que ela pode ser dividida em três níveis: nutrição da colônia, nutrição dos adultos, e nutrição das larvas, e se trata de um assunto complexo pois distúrbios em estágios anteriores afetam os estágios subsequentes, ou vice-versa (Brodschneider e Crailsheim, 2010). Com estoques de pólen baixos, os indivíduos adultos podem ser impedidos de alimentarem adequadamente as larvas, ou então de criar todas as larvas até a fase adulta, o que irá afetar seriamente a geração futura, e assim a nutrição da colônia novamente e influenciar na criação subsequente de crias. Desse modo, a saúde das colônias não se trata apenas da ausência de doenças, mas também de muitos indivíduos bem nutridos e capazes de produzir descendentes, além de resistir a estresses como agentes como parasitas, infecções e períodos de escassez (Brodschneider e Crailsheim, 2010).

Quando colônias de abelhas melíferas passam por períodos de escassez, elas canibalizam a ninhada, desse modo ganham proteínas para que possam usar para alimentar outras ninhadas. As larvas mais jovens, onde houve pouco investimento é que são canibalizadas, enquanto as larvas mais velhas, onde já existe um certo investimento, são preservadas (Schmickl e Crailsheim, 2001, 2002).

Em um estudo de Jay (1964) foi demonstrado que larvas desnutridas se tornam adultos com características desfavoráveis, isso pois larvas que passaram por escassez de recursos desenvolveram malformações. Segundo o estudo de Brodschneider e Crailsheim (2010) outros efeitos negativos devido à ocorrência de desnutrição durante a fase larval, como no desempenho do voo ao longo da vida do indivíduo ou no início do forrageamento não podem ser excluídos. Um estudo realizado por Hersch et al. (1978) mostrou que jovens adultos passam por mudanças fisiológicas, como a maturação dos músculos de voo, e Hagedorn e Moeller (1968) concluem que dietas de pólen abaixo do necessário atrasam o tempo em que os trabalhadores atingem suas massas torácicas máximas.

Quanto à conectividade, um estudo de Azeredo (2023) mostrou que o baixo número de ninhos encontrados em fragmentos mais isolados pode estar relacionado a ações antrópicas e a perdas das características naturais do ambiente. Desse modo, tal conclusão mostra que fragmentos pouco conectados podem ser a causa de populações mais isoladas, portanto, quanto mais conectadas, maior será a abundância de indivíduos da espécie.

Portanto, com uma maior disponibilidade de recursos, tendo uma maior cobertura florestal, o desenvolvimento das abelhas como larvas pode ser menos afetado e consequentemente, a variação da asa será menor. Assim como a abundância também será afetada, já que com mais recursos não será necessário canibalizar as larvas mais jovens, e paisagens mais conectadas não isolam suas populações.

Quanto a heterogeneidade, podemos dizer que a plasticidade é uma forma essencial para a adaptação nesses ambientes mais heterogêneos e instáveis, pois permite a manutenção da aptidão, mesmo que nem todas as respostas a essas plásticidades sejam adaptativas (Gotthard e Nylin, 1995; Via et al., 1995). Portanto, a heterogeneidade da paisagem possa estar influenciando positivamente o tamanho e a variação das asas entre os indivíduos de *A. mellifera*, por ser um indicativo de que há mais ambientes diferentes na paisagem, e desse modo, existir uma necessidade maior de adaptação do voo, causando assim uma maior variação entre as asas desses animais.

Quanto à influência da heterogeneidade sobre a abundância, estudos recentes mostraram que a heterogeneidade dos ambientes tende a ser uma influência positiva sobre a abundância, riqueza de polinizadores e a produtividade agrícola, principalmente em paisagens pouco com pouco habitat natural (Holzschuh et al. 2008, Rundlof et al. 2008, Fabian et al. 2013, Kennedy et al. 2013, Pryke et al. 2013, Steckel et al. 2014, *apud* Tokumoto, 2015). Portanto, quanto mais heterogêneo o ambiente, a abundância tende a ser maior, e isso se deve ao fato de que as paisagens mais heterogêneas podem acabar proporcionando mais diversidade de recursos dentro do raio de forrageamento desses indivíduos durante o ano todo, além de proporcionar também várias condições climáticas, o que também pode acabar proporcionando uma maior variedade de interações entre as plantas e seus polinizadores (Polis et al 2004, Rundlöf et al. 2007, Holzschuh et al. 2008, Rundlof et al. 2008, Fabian et al. 2013, Pryke et al. 2013, Steckel et al. 2014, *apud* Tokumoto, 2015).

Com relação a distância da borda florestal e a quantidade, um estudo de Stangler, Hanson e Steffan-Dewenter (2016) comenta sobre o efeito negativo do tamanho da borda do

fragmento florestal para abelhas de hábitos de nidificar em cavidades pré-existent, enquanto no estudo de Azeredo (2023), as abelhas apresentaram pouca distância da borda do fragmento florestal, sendo a menor de 11 metros e a maior distância de 110 metros, mostrando sua preferência por áreas próximas da borda. Vale ressaltar que as abelhas alvo do estudo de Azeredo eram nativas, enquanto a alvo deste estudo, *A. mellifera*, se trata de uma espécie exótica no Brasil.

O efeito de borda é um dos principais efeitos associados à fragmentação, sendo na maior parte dos casos negativo para a biodiversidade, onde quanto mais fragmentada for a paisagem maior será a influência do efeito de borda sobre ela (Fahrig, 2003). É estimado que mais de 70% das florestas existentes no mundo hoje estejam a uma distância da borda que não passa de 1 km, sendo mais diretamente sujeita aos efeitos da fragmentação (Haddad et al. 2015).

Quanto mais distante da borda, menor será o tamanho da asa e maior será sua variação. Isso pode ocorrer pois asas mais globulares, menores, tendem a estar associadas a uma maior manobrabilidade (Fernández-Juricic et al. 2018). Visto que a densidade florestal pode ser maior no interior do fragmento, pode se fazer necessário então que as asas se adaptem para ter um voo mais eficaz nesse ambiente. No estudo de Santos (2013), seus resultados mostram que borboletas que vivem mais próximas do dossel tem asas menores e uma forte musculatura de vôo, isso pois o dossel é uma área mais exposta e exige que a borboleta seja mais rápida para evitar e/ou fugir de ataques de predadores. Com isso, uma outra hipótese é de que as abelhas tenham maior variação e menor tamanho de asa quanto mais distante da borda, pois como podem ser predadas por alguns pássaros, podem precisar fugir de seus ataques no interior dos fragmentos. Portanto, asas menores para que seja possível desviar de obstáculos comuns dentro da mata e evitar ataques de predadores.

4 METODOLOGIA

As amostragens ocorreram durante um ano, em 2016, em 19 paisagens com 1km de raio na região de Poços de Caldas - MG (21° 47' 18" Sul, 46° 33' 45" Oeste). A cidade conta com dois tipos básicos de vegetação natural, sendo campo e floresta tropical. Quanto aos campos, são tomados por gramíneas rústicas, como capim-barba-de-bode (*Aristida longiseta*), e arbustos baixos de caule retorcido e casca grossa. Quanto às florestas, são pouco densas, o que facilita a entrada de luz solar, favorecendo o crescimento de vegetação arbustiva e herbácea (Prefeitura de Poços de Caldas. Vegetação, 2017).

O município está situado em um planalto elíptico, com uma área de aproximadamente 750 km², tendo uma altitude média de 1300 m, e em virtude de sua altitude há a ocorrência da conífera *Araucaria angustifolia*, as quais formam alguns pequenos grupos ou ficam isoladas no meio da mata. A cidade está cercada por montanhas, as quais variam de 1600 m a 1800 m de altitude. Sua geologia também é variada, possuindo diversas intrusões de rochas alcalinas (Prefeitura de Poços de Caldas. Relevo, 2017).

O clima da cidade é caracterizado por invernos secos e verões frescos. Durante abril a setembro, a temperatura média é de 15°C e o total de chuva é de 315 mm. Entre outubro a março a temperatura média é de 21°C e a pluviosidade total é de 1430 mm. (Prefeitura de Poços de Caldas. Clima, 2017).

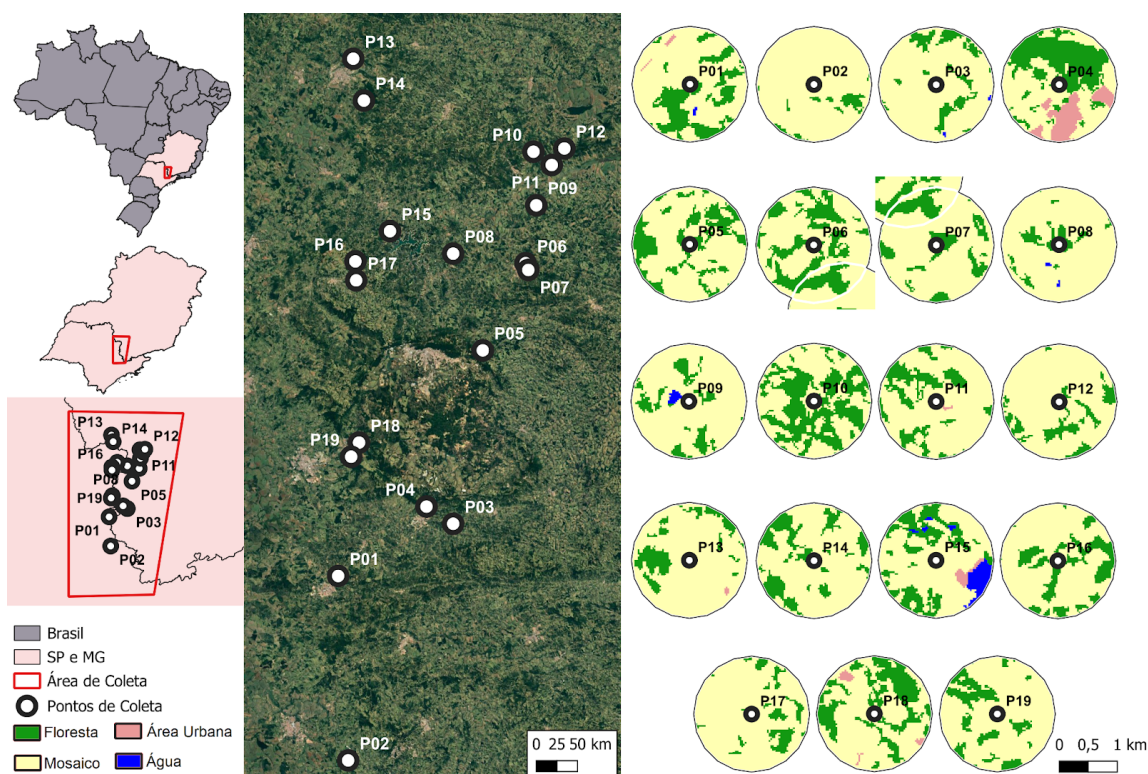


Figura 02. Mapa da região de Poços de Caldas/MG, com às 19 paisagens onde *Apis mellifera* foram coletadas, com áreas de 1 km de raio em torno do ponto de coleta. Feito em parceria com Cassio Santos Cazemiro.

4.1 Coleta de dados

As coletas foram realizadas de Janeiro a Dezembro de 2016, utilizando armadilhas luminosas no centro de 19 paisagens, cada uma com 1 km de raio.

As armadilhas foram instaladas sendo conectadas à energia elétrica, que era provida da casa dos agricultores. Elas contavam com uma fotocélula para que pudessem ligar ao entardecer e desligar assim que a luz do dia surgisse. As armadilhas eram verificadas a cada trinta dias, sendo substituídos os potes cheios da amostra por potes vazios. O material foi coletado mensalmente e os invertebrados capturados foram armazenados em álcool 70% e levados para a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP de Rio Claro, São Paulo, Departamento de Biodiversidade.

Uma primeira triagem foi feita separando os invertebrados em quatro principais ordens de insetos: Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera e aqueles que não se encaixavam nessas ordens foram identificados como "Outros". Depois dessa primeira triagem, os indivíduos foram separados em morfoespécies, colocados em novos recipientes e etiquetados com o número da paisagem e o mês da coleta. Por razões

logísticas, em dois meses, junho e julho, não houve a instalação das armadilhas, resultando na não coleta dos indivíduos. Os indivíduos pertencentes à espécie *A. mellifera* foram separados para posterior análise.

4.2 Morfometria das asas

Foram selecionadas 20 operárias de cada paisagem e mês para análise de morfometria, das quais apenas a asa anterior direita foi utilizada. Porém nem todas as paisagens continham os 20 indivíduos desejados (Tabela 01), mas para uma maior explicação dos dados elas foram incluídas no estudo. Em paisagens e meses onde houve muitos indivíduos, foram selecionados de modo aleatório os 20 indivíduos desejados para as medições

A tabela a seguir (Tabela 01) indica com um “X” em quais meses e paisagens não foram alcançados todos os 20 indivíduos desejados para as medições, como citado acima.

PAISAGEM	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
P01			X	X	X	X	X	X	X	X
P02			X	X	X	X		X	X	X
P03	X	X		X	X	X	X	X	X	X
P04	X	X			X	X	X	X	X	X
P05	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P06	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P07	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P08	X	X	X	X	X	X	X	X		X
P09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P10				X				X		X
P11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P12	X		X	X	X	X		X	X	X
P13	X		X		X		X	X		X
P14				X	X	X		X		X
P15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P17	X	X	X		X	X	X	X	X	X
P18	X	X	X	X	X		X	X	X	X
P19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 01. Tabela com os meses em que não foram coletados 20 indivíduos por paisagem.

Para que tais medições pudessem ser realizadas, a asa anterior direita foi retirada com auxílio de duas pinças, e tanto a abelha quanto sua asa já retirada foram colocadas em tubos plásticos (p.e., eppendorf) e identificadas de acordo com o número do indivíduo, a paisagem e mês de coleta.

Após retirada as asas, todas elas foram fotografadas por meio da lupa Leica S8AP0, usando o aumento de 1,25. Em seguida, cada asa foi devolvida para o tubo plástico juntamente da abelha.

As fotos foram capturadas pela câmera digital Leica DMC 2900, acoplada à lupa e tratadas no programa Leica Application Suite (LAS) Versão 4.13.0 (Build: 310), onde foram armazenadas (Figura 03). Através das imagens foi criado um arquivo do tipo TPS, utilizando o software TPSUTIL32.

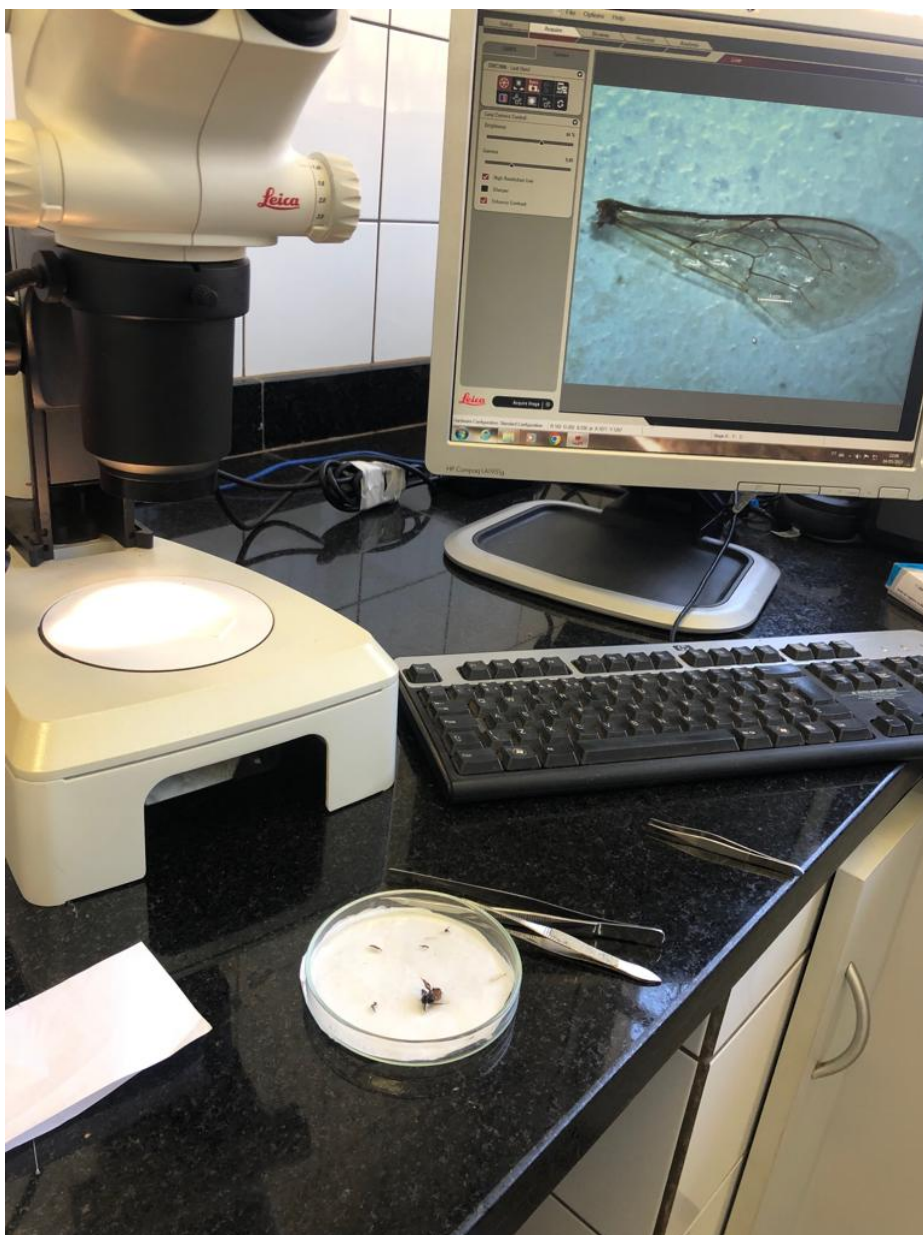


Figura 03. Lupa Leica sendo utilizada para fotografar a asa anterior direita de *Apis mellifera*. Fonte: Acervo pessoal.

Tendo todas as fotos, foi dado início ao processo de marcação dos marcos anatômicos nas interseções das veias das asas de *A. mellifera*. Ao todo foram 17 pontos marcados por asa, e a marcação ocorreu através do software TPSDIG2, com a ferramenta Digitalize Landmarks.

As medições de tamanho e formato das asas foram feitas utilizando o software *Morpho J*. Foi obtido o tamanho da asa usando a medida do centróide das asas, que é uma medida geométrica definida a partir da raiz quadrada da soma da distância quadrada de cada marco anatômico até o centro da forma (Monteiro e Reis, 1999).

4.3 Análise da paisagem

A análise das paisagens foi feita por meio do mapeamento do uso e cobertura do solo fornecidas pelo projeto Mapbiomas, que fornece mapas para todo o Brasil, em uma escala de 1:5.000, e pixels de 30 metros. As métricas foram calculadas através do software RStudio, versão 2023.03.0 (RStudio Team, 2023). Foram calculadas a porcentagem de cobertura florestal, a conectividade florestal, a heterogeneidade da paisagem, a quantidade de borda florestal dentro do raio de 1 km e a distância do ponto de coleta até a borda florestal mais próxima. Além disso, também tentamos entender como a altitude poderia estar influenciando na resposta de *A. mellifera* à paisagem.

4.4 Análise estatística e modelagem

As variáveis respostas no presente estudo foram as medidas da morfometria das asas de *A. mellifera*, sendo elas a média do centróide (tamanho médio da asa), a variância do centróide (plasticidade fenotípica das asas), e formato da asa, avaliado por meio de uma matriz de distância, utilizando a Análise de Correspondência Canônica (CCA).

As variáveis explicativas foram a cobertura florestal, a conectividade florestal, a heterogeneidade, a quantidade de borda e a altitude. Para que fosse possível entender a relação entre o tamanho médio e a variância do tamanho das asas, dois tipos de modelos estatísticos foram utilizados, sendo o modelo linear generalizado (GLM), que descreve melhor as relações lineares, e o modelo aditivo generalizado (GAM), que descreve melhor as relações não lineares. Foi utilizado o valor de R^2 dos modelos como medida para a escolha dos melhores para os resultados. Para os dois modelos foram utilizados a distribuição de Poisson.

Para entender o efeito da altitude nos dados, foram utilizados os resíduos dos modelos com altitude, a fim de testar novamente o efeito da paisagem sobre as variáveis respostas, porém agora sem o efeito da altitude.

Somente os modelos significativos ($p < 0,05$) e com os maiores R^2 foram selecionados para estarem nos resultados.

Com relação ao formato das asas, para que fosse possível compreender se também foram influenciadas pela paisagem, foram utilizados a matriz de distância gerada através da análise de CCA e comparadas com uma matriz de distância das paisagens, considerando separadamente a porcentagem florestal, a heterogeneidade, conectividade floresta e a quantidade de borda através do teste de Mantel.

Todas as análises e gráficos foram gerados por meio do ambiente RStudio (R Core Team, 2023).

5 RESULTADOS

Durante os meses em que foram realizadas as coletas, um total de 5.755 indivíduos pertencentes à *A. mellifera* foram capturados através das armadilhas luminosas colocadas (Tabela 02). Como mencionado anteriormente, nem todos os meses obtiveram coletas devido aos métodos utilizados e esforços amostrais, resultando em meses sem indivíduos ou em altas oscilações de um mês para o outro.

PAISAGEM	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
P01	23	32	12	4	0	0	1	0	0	0	72
P02	46	38	0	4	0	12	21	0	12	0	133
P03	11	17	93	13	0	7	3	0	0	0	144
P04	0	2	28	38	0	0	10	2	0	0	80
P05	0	7	0	8	2	3	2	0	0	0	22
P06	5	19	11	0	0	8	0	5	0	0	48
P07	0	2	1	6	0	0	2	0	0	0	11
P08	6	12	1	3	12	6	10	0	234	0	284
P09	4	2	0	0	12	0	0	0	0	0	18
P10	22	29	64	0	398	353	1199	0	1547	0	3612
P11	0	8	6	2	2	3	1	0	2	4	28
P12	2	21	11	4	9	19	21	1	3	17	108
P13	0	163	3	229	6	37	15	0	92	6	551
P14	73	158	36	0	10	13	24	0	92	16	422
P15	4	6	7	4	0	9	0	0	0	0	30
P16	2	8	2	1	0	0	0	0	0	0	13
P17	10	0	6	25	5	4	5	0	4	8	67
P18	0	0	0	1	7	28	5	0	9	0	50
P19	10	12	6	8	6	10	3	0	3	4	62

Tabela 02. Número de indivíduos de *Apis mellifera* coletados por mês e paisagem (P1-P19).

A abundância de *A. mellifera* foi influenciada pela altitude, visto que seus maiores valores foram encontrados em altitudes por volta de 900 m (Figura 4a). A quantidade de borda também influenciou na presença de *A. mellifera*, sendo que altos valores causaram uma diminuição no número de indivíduos (Figura 4b), além da quantidade da borda, a distância também parece influenciar na abundância dessas espécies, a qual tem maior preferência por distâncias entre 50 m à 100 m da borda para o lado da matriz (Figura 4c). Por fim, paisagens altamente heterogêneas diminuíram a abundância de *A. mellifera*, assim como valores muito baixos (Figura 4d).

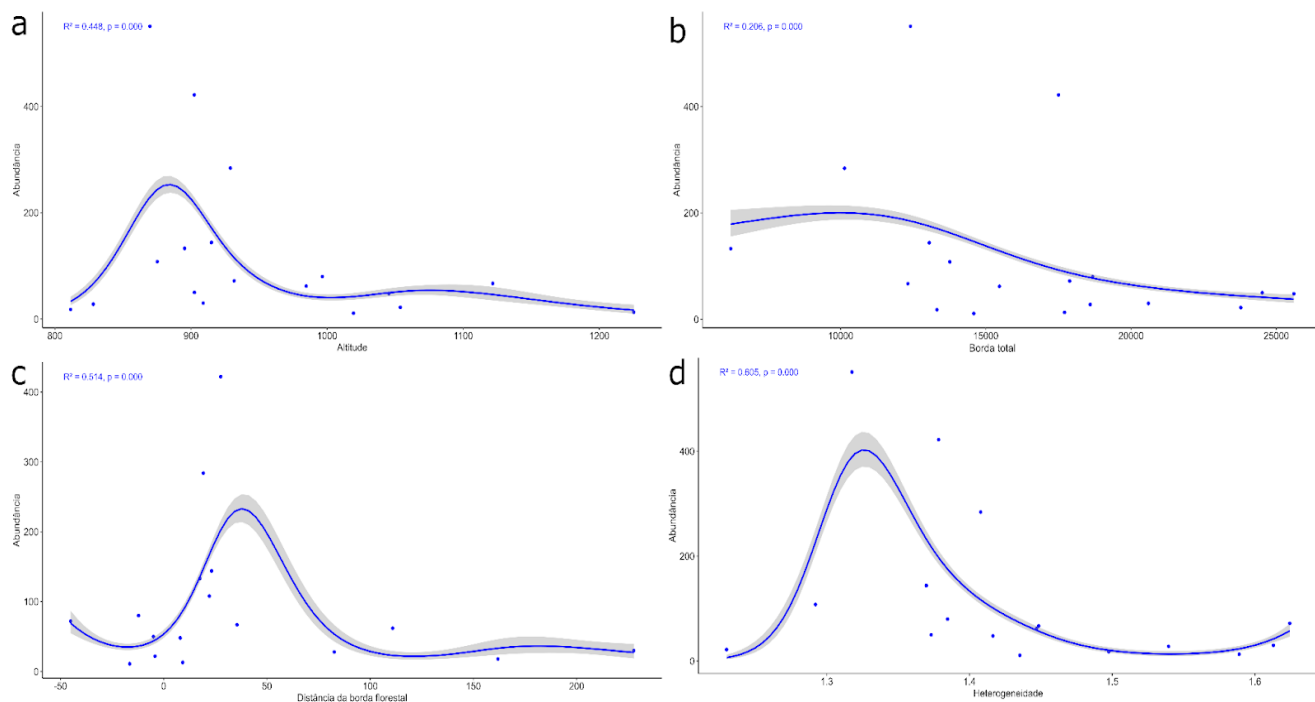


Figura 04. (A) Influência da altitude sobre a abundância das abelhas *Apis mellifera* (B) Influência da borda total sobre a abundância de *Apis mellifera*. (C) Influência da distância da borda florestal sobre a abundância de *Apis mellifera*. (D) Influência da heterogeneidade sobre a abundância de *Apis mellifera*.

O tamanho da asa de *A. mellifera* foi afetado positivamente pela heterogeneidade da paisagem (Figura 5a), enquanto que a cobertura florestal influenciou negativamente na plasticidade fenotípica das asas, medida por meio da variância do tamanho da asa (Figura 5b).

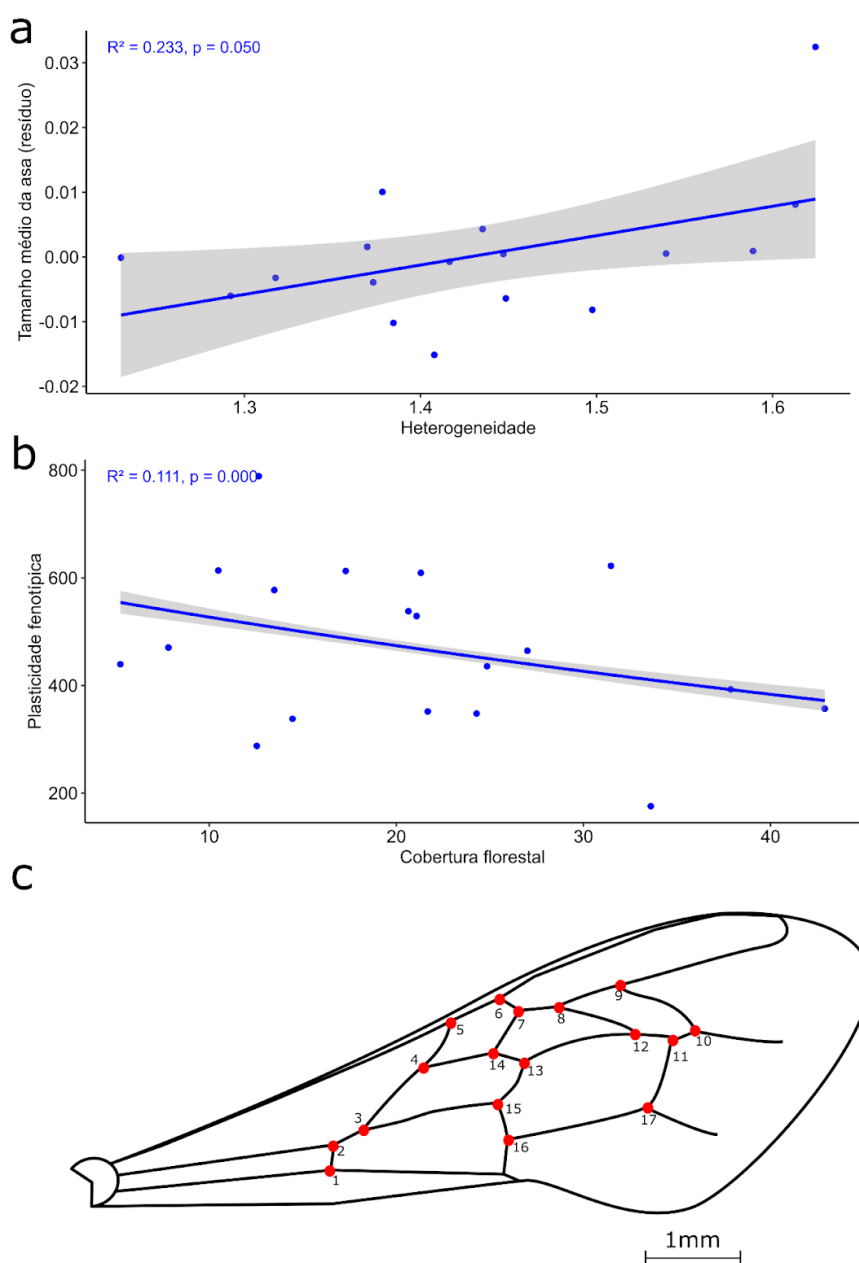


Figura 05. (A) Influência da heterogeneidade sobre o tamanho médio da asa anterior direita de *Apis mellifera* (resíduo). (B) Influência da cobertura florestal sobre a plasticidade fenotípica da asa. (C) Asa de *A. mellifera* com os marcos anatômicos (pontos numerados) e escala.

Também foi observado que as variações mais acentuadas ocorreram nos marcos anatômicos das asas de *A. mellifera* nos pontos 1, 5, 6, 7, 10, 11 e 17, enquanto nos pontos 3, 13, 14, 15 e 16 houve menor variação (Figura 06). Por fim, quanto ao formato das asas, apenas a conectividade afetou significativamente essa variável (Tabela 03).

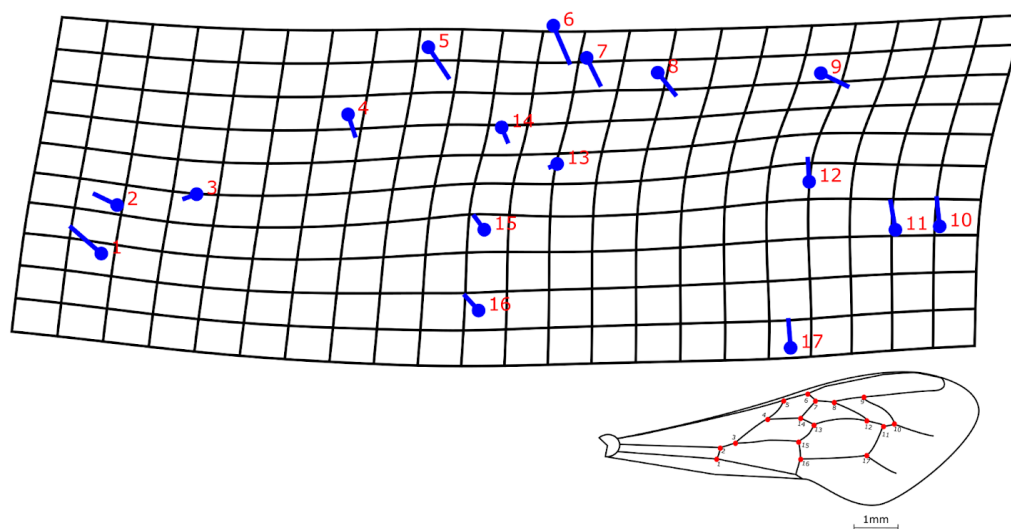


Figura 06. Variações dos 17 pontos marcados nas asas de *Apis mellifera* e foto com escala.

Preditora	Resposta	Teste de Mantel	p
Floresta	Formato da asa	0.003207	0.45155
Heterogeneidade	Formato da asa	0.2275	0.10989
Conectividade	Formato da asa	0.375	0.014985
Distância de bord	Formato da asa	0.07465	0.27572

Tabela 03. Tabela com teste mantel e P sobre preditoras e resposta.

6 DISCUSSÃO

O formato da asa entre as abelhas apresenta maiores restrições evolutivas, além de estar diretamente relacionada à aerodinâmica dessa estrutura (Nunes et al., 2013). As abelhas, sendo insetos holometábolos não sofrem alterações morfológicas durante a fase adulta (Chown e Gaston, 2010), o significa que a variação no formato das asas é uma resposta à variabilidade ambiental devido aos custos e benefícios envolvidos na dispersão em paisagens fragmentadas (Hill et al., 1999).

Os dados obtidos no presente estudo sugerem que o tamanho médio da asa das abelhas tende a variar mais em ambientes mais heterogêneos. Segundo o estudo de Merckx e Van Dick (2006), paisagens que diferem na extensão da fragmentação proporcionam diversos processos de seleção para a dispersão. Desse modo, para lidar com essas variações ambientais os organismos podem apresentar uma maior plasticidade fenotípica.

O maior tamanho médio da asa das abelhas em ambientes mais heterogêneos pode

estar relacionada à pressão de diferentes ambientes sobre os indivíduos, o que permitiria mais agilidade, e portanto voos mais eficientes, facilitando a procura por recursos. Asas maiores, mais alongadas são constantemente associadas a maior velocidade e distância de voo (Dudley, 1990; Berwarts e Van Dyck, 2004), enquanto as asas mais globulares são mais associadas a uma maior manobrabilidade (Fernández-Juricic et al. 2018). Em um estudo realizado por Moreia (2022) é mencionado ocorrer uma diferença nas asas das abelhas, onde indivíduos com asas mais globulares foram encontrados em fragmentos estruturalmente mais complexos, o que gerou uma associação da asa à maior manobrabilidade e voos mais controlados, enquanto indivíduos com asas mais alongadas foram encontrados em fragmentos onde os recursos estavam mais esparsamente distribuídos, sendo associados então a voos mais longos em busca dos recursos necessários. É possível então que em fragmentos menos conectados o formato da asa seja mais alongado devido a essas longas distâncias percorridas, enquanto em fragmentos menos conectados o formato da asa seja mais globular para que seja possível a maior manobrabilidade em ambientes presumidamente mais complexos.

A influência negativa da cobertura vegetal e da conectividade sobre a plasticidade fenotípica foi contra o esperado. Em um estudo de Ribeiro et al. (2019), é dito que a fragmentação é capaz de gerar um novo conjunto de condições ambientais, o que causa alterações nos processos ecossistêmicos e gera problemas como o efeito de borda. No mesmo trabalho, em que foram estudadas as abelhas *Euglossini*, é dito sobre a dependência delas para com os diversos recursos florestais, e como a criação de áreas abertas ou a introdução de atividades agrícolas pode causar queda na abundância de plantas que são utilizadas como recursos para elas, forçando-as a forragear cada vez mais longe. É durante o forrageamento que essas abelhas irão ser expostas a variações de temperatura e também a escassez de alimentos, fatores capazes de influenciar aspectos do fenótipo e da ecologia desses insetos (Whitman e Agrawal, 2009). Portanto, em fragmentos menores, a plasticidade fenotípica tende a ser maior, e pode ser devido às longas distâncias que deve precisar percorrer em busca de mais recursos.

No estudo de Murúa et al. (2011) que trata sobre a variação das asas de *Bombus dahlbomii* (Guérin-Ménéville, 1835) é sugerido que em uma paisagem mais fragmentada, ocorreria uma maior aptidão de fenótipos associados a asas maiores devido a necessidade de viagens de forrageio mais longas em ambientes que o recurso era mais escasso. Em contextos onde os recursos são mais concentrados como no caso de florestas mais estruturadas, é razoável supor que os voos sejam mais curtos, desse modo também seria

supor que o voo se dá em um ambiente estruturalmente mais complexo. Sendo assim poderia haver uma pressão em favor de fenótipos associados à maior manobrabilidade, o que passa por asas mais globulares (Wootton, 1992; Danforth, 1989). Desse modo podemos associar que em paisagens com maior cobertura florestal a influência é negativa sobre a plasticidade fenotípica pois não existe a necessidade em se adaptar para voos de longas distâncias, diferente do que pode ocorrer em paisagens com menor porcentagem de cobertura florestal.

Com relação à abundância, devemos levar em consideração os esforços amostrais durante as coletas, onde não houve constância e períodos regulares em que as armadilhas luminosas ficaram instaladas.

Quanto à distância de borda florestal, é importante notarmos a preferência dos indivíduos por menores distâncias da borda, preferindo distâncias entre 50 m a 100m. Isso pode estar ocorrendo por questões de recursos e pela preferência das abelhas em fazer seus ninhos em árvores. Um estudo feito por Jorge et al. (2007) sobre a diversidade de Syrphidae (Diptera) em áreas florísticas no Paraná mostrou que a menor abundância de dípteras ocorreu na borda, porém, foi onde foi encontrado maior abundância e riqueza de espécies dentre toda as paisagens estudadas. Segundo o autor isso provavelmente deve-se ao fato dos sirfídeos estarem mais relacionados a regiões abertas e iluminadas, em áreas de vegetais em floração, isso pois na fase adulta eles se alimentam de pólen e néctar das flores (Vockeroth e Thompson, 1987; Owen, 1991; Marinoni et al., 2004, *apud* Jorge et al., 2007). É também na borda que existe maior disponibilidade de recursos tanto para as larvas quanto para os indivíduos adultos (Jorge et al, 2007).

Um outro aspecto a ser considerado é de que a *A. mellifera* é exótica no Brasil, então pode ser que aspectos evolutivos estejam influenciando no seu comportamento de forrageio. Segundo os autores Page Júnior et al. (1995); Calderone e Page Júnior (1996). Funari et al. (1998); Pankiw et al. (2002), sem levar em consideração os fatores ambientais, as coletas por recursos podem estar relacionadas com características genéticas intrínsecas das abelhas, o que demonstra sua preferência de flora pela colônia (Modro, 2010).

No estudo de Oliveira e Cunha (2005) é reforçado essa teoria quando os autores mencionam que no Brasil as abelhas africanizadas nidificam principalmente em áreas urbanas e em formações vegetacionais abertas ou alteradas, onde tem uma maior probabilidade de ocorrer plantas exóticas. Sendo assim, elas são dificilmente vistas ou coletadas no interior de florestas mais densas. No estudo de Azeredo (2023) também podemos encontrar resultados que corroboram com tal hipótese, visto que durante a

avaliação do comportamento de nidificação das abelhas sem ferrão, foi observado a preferência por nidificar as margens dos fragmentos.

Quanto à altitude, a abundância é afetada negativamente, sendo que quanto maior a altitude, menor é a abundância encontrada. Mostramos que as maiores abundâncias podem ser encontradas em altitudes por volta de 900 m, uma altitude relativamente baixa se comparado à máxima do presente estudo que foi de 1200 m. De forma geral, tanto a abundância quanto a riqueza da melitofauna tendem a ser menores em altitudes mais elevadas, como a partir dos 800 m (Wolowski et al., 2016).

Em um estudo realizado por Hoiss et al. (2012) nos Alpes alemães, o decréscimo da abundância das abelhas juntamente com o aumento da altitude aconteceu mesmo após corrigida a abundância de flores, indicando que outros fatores ambientais além da disponibilidade de recursos nessas áreas também estão afetando negativamente a abundância desses insetos nas regiões com maiores altitudes. Essa diminuição da abundância das abelhas em ambientes mais altos pode estar relacionada a fatores abióticos associados à capacidade metabólica das abelhas, que seriam mais limitados nesses locais com baixas temperaturas e estações de crescimento mais curtas (Hodkinson, 2005).

Muitos estudos como Dillon et al. (2006) e Chown e Gaston (2010) relatam a associação entre essas condições ambientais e os tamanhos corporais maiores nos insetos. Desse modo, em ambientes de altas altitudes um corpo maior poderia garantir uma tolerância maior à dessecação e ter uma eficiência energética maior, já que abelhas maiores poderiam regular a temperatura de seu corpo mais fácil e assim aumentar as distâncias de seu voo (Chown e Gaston 1999, Ellington 1999, *apud* Wolowski et al., 2016).

Quanto à borda total podemos observar que quanto mais borda em escala local, menor será a abundância. Segundo o trabalho de Metzger (2000) com o aumento da fragmentação florestal, maior será a densidade de bordas em uma paisagem, implicando diretamente na diversidade de espécies e composição de comunidades de árvores. Essa medida de borda total está relacionada à fragmentação, portanto, quanto mais borda total na paisagem, mais fragmentada ela está. Sendo assim, existe uma menor proporção de floresta.

Em paisagens com uma maior proporção de floresta, a tendência é de que exista mais comunidades de visitantes florais e redes de interações com características com maior resiliência e resistência à perda de espécies (Ferreira et al., 2015; Fabian et al., 2013; Spiesman e Inouye, 2013, *apud* Tokumoto, 2015). Em um estudo de Taki e Kevan (2007) é comentado sobre plantas floridas serem menos sensíveis com relação às alterações ambientais se comparado com os insetos que as visitam, isso pois elas recebem mais visitas

enquanto cada inseto polinizador visita menos espécies de plantas.

O estudo de Tokumoto (2015) mostrou que embora tenha sido observado uma maior dependência dos insetos com relação às flores, também foi observado que a riqueza de plantas floridas é reduzida quando ocorre a diminuição do habitat natural. Sendo assim, como a borda total é uma medida de fragmentação, podemos associar que quanto mais borda total a paisagem apresentar, mais fragmentado será. Portanto, mais fragmentado, menor a proporção de floresta naquela área, oferecendo menor disponibilidade de recursos para as abelhas presentes, diminuindo sua abundância.

Por fim, quanto mais heterogêneo a paisagem, menor será a abundância, e isso pode estar relacionado às falhas ocorridas durante o período de coletas (Figura 06d). Em estudos realizados por Houston (1994), Krijger (2000), Shorrocks e Sevenster (1995), Tanabe et al. (2001) e Tanabe (2002), é dito como paisagens mais heterogêneas possibilitam a existência de um maior número de espécies, já que proporcionam um maior número de microhabitats, sendo reconhecida como uma das melhores explicações para a diversidade de espécies.

7 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a abundância de indivíduos, o formato, o tamanho e a plasticidade fenotípica das asas de *A. mellifera* são afetados por alterações vistas na paisagem. Diferenças na paisagem geralmente estão relacionadas com disponibilidade de recursos e locais para nidificação, o que pode levar a uma seleção de indivíduos que possuem características mais bem adaptadas a esses tipos de ambiente.

É importante entendermos como essas alterações da paisagem têm afetado a saúde das abelhas através de suas asas, já que esses animais são um dos principais provedores do serviço ecossistêmico de polinização. Com esses dados podemos planejar melhor o uso das paisagens, pensando não só na presença dos organismos nos ambientes, mas também na qualidade da prestação de seus serviços.

REFERÊNCIAS

Alvez-Dos-Santos, Isabel; Melo, Gabriel. A, R.; Rozen Jr., Jerome G. **Biology and Immature Stages of the Bee Tribe *Tetrapediini* (Hymenoptera: Apidae).** American Museum Novitates, [s. l.], jul. 2002.

Azeredo, Gustavo Schütz. **Levantamento de ninhos de abelhas nativas sem ferrão na Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, RS. 2023.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen (UFSM-RS), [S. l.], 2023.

Batra, S. W. **Solitary bees.** Scientific American [s.l.], v. 250, p. 86 - 93, 1984.

Berwaerts, Koen; Van Dyck, Hans. **Take-off Performance under Optimal and Suboptimal Thermal Conditions in the Butterfly *Pararge aegeria*.** Oecologia, [s. l.], v. 141, p. 536 - 545, nov. 2004.

Biesmeijer, J C; Roberts, S P M Roberts; Reemer, M; Ohlemuller, R; Edwards, M; Peeters, T; Schaffers, A P; Potts, S G; Kleukers, R; Thomas, C D; Settele, J; Kunin, W E. **Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands.** Science, [s. l.], 21 jul. 2006.

Brodschneider, Robert; Crailsheim, Karl. **Nutrition and health in honey bees.** Apidologie, [s. l.], p. 278 - 294, 11 fev. 2010.

Calderone, N.W.; Page Júnior, R.E. **Temporal polyethism and behavioural canalization in the honey bee, *Apis mellifera*.** Animal Behaviour, [s. l.], v. 51, 1996.

Chown, Steven L.; Gaston, Kevin J. **Body size variation in insects: a macroecological perspective.** Biological Reviews, [s. l.], p. 139 - 169, 12 jan. 2010.

Chown, S. L; Gaston, K. J. **Exploring links between physiology and ecology at macroscales: the role of respiratory metabolism in insects.** Biologica Review [s. l.], 1999.

Chuttong, Bajaree; Chanbang, Yaowaluk; Sringarm, Korawan; Burgett , Michael. **Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand).** Food Chemistry, [s. l.], v. 192, p. 149 - 155, fev. 2015.

Cicco, Lúcia Helena Salvetti De; **ABELHA – As abelhas e a História.** [S. l.]. Disponível em: <http://www.saudeanimal.com.br/as-abelhas-e-a-historia/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

Cunha, Dayana Alves da Silva; Nóbrega, Michele Aparecida dos Santos; Junior, William Fernando Antonialli. **Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 185 - 194, 2014.

Danfort, Bryan N. **The evolution of hymenopteran wings: the importance of size.** Journal of Zoology, [s. l.], p. 247 - 276, 1989.

Dillon, M.; Frazier, M.; Dudley, R. **Into thin air: physiology and evolution of alpine insects.** Integrative and Compar, [s. l.], 2006.

Dudley, Robert. **Biomechanics of Flight in Neotropical Butterflies: Morphometries and Kinematics.** Journal of Experimental Biology, [s. l.], p. 37 - 53, 1 maio 1990.

Ellington, C. P. **The novel aerodynamics of insect flight: applications to micro-air vehicles.** Journal of Experimental Biology, [s. l.], 1999.

Fabian, Yvonne; Sandau, Nadine; Bruggisser, Odile T.; Aebi, Alex; Kehrli, Patrik; Rohr, Rudolf P.; Naisbit, Russell E.; Bersier, Louis-Félix. **The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem.** Journal of Animal Ecology, [s. l.], 17 jul. 2013.

Fahrig, Lenore. **Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity.** Annual Review of Ecology Evolution and Systematics , [s. l.], p. 487 - 515, nov. 2003.

Fernández-Juricic, Esteban; Brand, James; Blackwell, Bradley F.; Seamans, Thomas W.; Devault, Travis L. **Species With Greater Aerial Maneuverability Have Higher Frequency**

of Collisions With Aircraft: A Comparative Study. *Frontiers in Ecology and Evolution*, [s. l.], v. 6, 13 mar. 2018.

Freitas, Breno Magalhães. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.).** University of Wales College of Cardiff, [s. l.], 1995.

Freitas, Breno Magalhães; Imperatriz-Fonseca, Vera Lúcia. **A importância econômica da polinização.** *Rivista di Filosofia*, [s. l.], v. 80, p. 44 - 46, jan. 2005.

Freitas, Breno Magalhães; Pereira, Júlio Otávio Portela. **Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination.** Publisher: Imprensa Universitária, [s. l.], maio 2004.

Ferreira, Patrícia A.; Boscolo, Danilo; Carvalheiro, Luísa G.; Biesmeijer, Jacobus C.; Rocha, Pedro L. B.; Viana, Blandina F. **Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest.** *Landscape Ecology*, [s. l.], v. 30, p. 2067 - 2078, 2015.

Funari, S. R. C.; Rocha, H. C.; Sforcin, J. M.; Curi, P. R.; Perosa, J. M. Y. **Coleta de pólen e produção de mel e produção em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).** *Boletim de Indústria Animal*, [s. l.], v. 55, p. 189 - 193, 1998.

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.** *Journal of Economic Entomology*, [s. l.], v. 108, p. 849 – 857, 3 abr. 2015.

Gotthard, Karl; Nylin, Soren. **Adaptive plasticity and plasticity as an adaptation: a selective review of plasticity in animal morphology and life history.** Wiley on behalf of Nordic Society Oikos, [s. l.], v. 74, p. 3 - 17, out. 1995.

Haddad, Nick M.; Brudvig, Lars A.; Clobert, Jean; Davies, Kendi F.; Gonzalez, Andrew; Holt, Robert D.; Lovejoy, Thomas E.; Sexton, Joseph O.; Austin, Mike P.; Collins, Cathy D.;

Cook, William M.; Damschen, Ellen I.; Ewers, Robert M.; Foster, Bryan L.; Jenkins, Clinton N.; King, Andrew J.; Laurance, William F.; Levey, Douglas J.; Margules, Chris R.; Melbourne, Brett A.; Nicholls, A. O.; Orrock, John L.; Song, Dan-Xia; Townshend, John R. **Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems.** Science Advances, [s. l.], 20 mar. 2015.

Hagedorn, H. H.; Moeller, F. E. **Effect of the Age of Pollen Used in Pollen Supplements on Their Nutritive Value for the Honeybee. I. Effect on Thoracic Weight, Development of Hypopharyngeal Glands, and Brood Rearing.** Journal of Apicultural Research, [s. l.], p. 89 - 95, 13 nov. 1968.

Halinski, Rosana; Dorneles, Andressa Linhares; Blochtein, Betina. **Bee assemblage in habitats associated with *Brassica napus* L.** Revista Brasileira de Entomologia, [s. l.], set. 2015.

Hersch, M.I.; Crewe, R.M.; Hepburn, H.R.; Thompson, P.R.; Savage, N. **Sequential development of glycolytic competence in the muscles of worker honeybees.** ScienceDirect, [s. l.], v. 61, p. 427 - 431, 1978.

Hill, J.K.; Thomas, C.D.; Lewis, O.T. **Flight morphology in fragmented populations of a rare British butterfly, *Hesperia comma*.** Biological Conservation, [s. l.], v. 87, p. 277 - 283, mar. 1999.

Hodkinso, I. D. **Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude.** Biological Reviews, [s. l.], 2005.

Hoiss, B.; Krauss, J.; Potts, S. G.; Roberts, S.; SteffanDewenter, I. **Altitude acts as an environmental filter on phylogenetic composition, traits and diversity in bee communities.** Proceedings of the Royal Society [s. l.], 2012.

Holzschuh, Andrea; Steffan-Dewenter, Ingolf; Tschardtke, Teja. **Agricultural Landscapes with Organic Crops Support Higher Pollinator Diversity.** Oikos, [s. l.], v. 117, p. 354 - 361, 3 mar. 2008.

Jay, S. C. **Starvation Studies of Larval Honey Bees**. Canadian Journal of Zoology, [s. l.], v. 42, n. 3, maio 1964.

Jorge, Céuli M.; Marinoni, Luciane; Marinoni, Renato C. **Diversidade de *Syrphidae* (Diptera) em cinco áreas com situações florísticas distintas no Parque Estadual Vila Velha em Ponta Grossa, Paraná**. Sér. Zool., [s. l.], p. 452 - 460, 1 maio 2007.

Kearns, Carol Ann; Inouye, David William. **Pollinators, flowering plants, and conservation biology**. BioScience, [s. l.], v. 47, n. 5, p. 297 - 307, 1 maio 1997.

Kennedy, Christina M.; Lonsdorf, Eric; Neel, Maile C.; Williams, Neal M.; Ricketts, Taylor H.; Winfree, Rachael; Bommarco, Riccardo; Brittain, Claire; Burley, Alana L.; Cariveau, Daniel; Carvalheiro, Luísa G.; Chacoff, Natacha P.; Cunningham, Saul A.; Danforth, Bryan N.; Dudenhofer, Jan-Hendrik; Elle, Elizabeth; Gaines, Hannah R.; Garibaldi, Lucas A. Gratton, Claudio; Holzschuh, Andrea; Isaacs, Rufus; Javorek, Steven K.; Jha, Shalene; Klein, Alexandra M.; Krewenka, Kristin; Mandelik, Yael; Mayfield, Margaret M.; Morandin, Lora; Neame, Lisa A.; Otieno, Mark; Park, Mia; Potts, Simon G.; Rundlof, Maj; Saez, Agustin; Steffan-Dewenter, Ingolf; Taki, Hisatomo; Viana, Blandina Felipe; Westphal, Catrin; Wilson, Julianna K.; Greenleaf, Sarah S.; Kremen, Claire. **A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems**. Ecology Letters, [s. l.], v. 16, p. 584 - 599, 11 mar. 2013.

Krijger, C. L. **Spatio-temporal heterogeneity and local insect diversity. A case study on neotropical *Drosophila* communities**. Proefschrift Universiteit Leiden, [s. l.], 2000.

Latini, Anderson Oliveira; Silva, Daniel Paiva; Souza, Fernando Mantouvane Lanza; Ferreira, Marcela Costa; Moura, Máise Soares de; Suarez, Natália Ferreira. **Reconciling coffee productivity and natural vegetation conservation in an agroecosystem landscape in Brazil**. ScienceDirect, [s. l.], v. 57, 12 set. 2020.

Malerbo-Souza, Darclet Teresinha; Nogueira-Couto, Regina Helena; Couto, Leomam Almeida. **Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-Rio)**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 237 - 242, 1 jan. 2003.

Malo, J. E.; Banza, J. **Are there predictable clines in plant-pollinator interactions along altitudinal gradients? The example of *Cytisus scoparius* (L.) Link in the Sierra de Guadarrama (Central Spain).** Diversity and Distributions [s. l.], p. 365 - 371, 22 out. 2002.

Marinoni, Luciane; Miranda, Gil Felipe Gonçalves; Thompson, F. Christian. **Abundância e riqueza de espécies de *Syrphidae* (Diptera) em áreas de borda e interior de floresta no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia, [s. l.], p. 553 - 559, dez. 2004.

Melo, Benjamim de; Souza, Larissa Barbosa de. **Biologia da Reprodução de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 1 - 7, jun. 2011.

Merckx, Thomas; Van Dyck, Hans. **Landscape structure and phenotypic plasticity in flight morphology in the butterfly *Pararge aegeria*.** Oikos, [s. l.], v. 113, p. 226 - 232, 18 maio 2006.

Metzger, Jean Paul. **The Functional Group Richness and Landscape Structure in a Brazilian Tropical Fragmented Landscape.** Ecological Applications, [s. l.], v. 10, ago. 2000.

Modro, Anna Frida Hatsue. **Influência do pólen sobre o desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).** 2010. Tese de doutorado (Doutorando em Ciências. Área de concentração: Entomologia) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, [S. l.], 2010.

Monteiro, Leandro Rabello; Reis, Sérgio Furtado dos. **Princípios de morfometria geométrica.** Holos, [s. l.], 1 jan. 1999.

Moreia, Luccas Melo. **Efeitos da Fragmentação na Morfologia dos Organismos: Variação na forma das asas de *Eufriesea violacea* (Blanchard, 1840) (Insecta: Hymenoptera: Apidae) em uma Paisagem altamente fragmentada no oeste do Paraná.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas - Ecologia e Biodiversidade.) -

Instituto Latino-Americano de Ciências, da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, [S. l.], 2022.

Muffert, Anne; Wittmann, Dieter. **Holding and adhesion structures in african carpenter bees**. Anais do IX Encontro sobre Abelhas Ribeirão Preto, [s. l.], 2010.

Muniz, David Barros. **Influência da densidade da cobertura vegetal sobre a comunidades de abelhas solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que nidificam em cavidades pré-existentes em áreas de mata da baixada maranhense, Amazônia Oriental**. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação) - Universidade Federal do Maranhão, [S. l.], 2015.

Murúa, Maureen M.; Grez, Audrey A.; Simonetti, Javier A. **Changes in wing length in the pollinator *Bombus dahlbomii* occurring with the fragmentation of the Maulino forest, Chile**. Ciencia e Investigación Agraria, [s. l.], p. 391 - 396, 2011.

Nascimento, Ana Juvelina da Silva; Martins, Edson Aparecido; Da Silva, Fabiana Gonçalves Maia; Junior, Geraldo de Nardi. **Abelha Rainha (*Apis mellifera*)**. Tekhne e Logos, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 14 - 27, abr. 2022.

Nunes, LA; Passos, GB; Carvalho, CAL; Araújo, ED. **Size and shape in *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera; Meliponini)**. Brazilian Journal of Biology., [s. l.], v. 73, p. 887 - 893, 29 nov. 2013.

Oliveira, M. L.; Cunha, J. A. **Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica?**. Acta Amazônica, [s. l.], v. 35, p. 389 - 394, 2005.

Ordunha, Júlia Machado; Mucci, Georgina Maria de Faria. **Educação e Serviços Ambientais: A Importância Das Abelhas Na Conservação e Preservação Da Biodiversidade**. Revista Mythos, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 160 - 169, 5 jul. 2021.

Owen, Jennifer. **The Ecology of a Garden: The First Fifteen Years**. [S. l.]: Cambridge University Press, 1991.

Page Júnior, R. E.; Waddington, K. D.; Hunt, G. J.; Fondrk, M. K. **Genetic determinants of honey bee foraging behaviour.** *Animal Behaviour*, [s. l.], v. 50, p. 1617 - 1625, 1995.

Pankiw, T.; Tarpy, D. R.; Page Júnior, R. E. **Genotype and rearing environment affect honeybee perception and foraging behavior.** *Animal Behaviour*, [s. l.], v. 64, p. 663 - 372, 2002.

Prefeitura de Poços de Caldas. **Clima.** Disponível em: <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/clima/>. Acesso em 15 jun. 2023.

Prefeitura de Poços de Caldas. **Relevo.** Disponível em: <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/relevo/>. Acesso em 15 jun. 2023

Prefeitura de Poços de Caldas. **Vegetação.** Disponível em: <https://pocosdecaldas.mg.gov.br/perfil/vegetacao/>. Acesso em 15 jun. 2023.

Pryke, James Stephen; Roets, Francois; Samways, Michael J. **Importance of habitat heterogeneity in remnant patches for conserving dung beetles.** *Biodiversity and Conservation*, [s. l.], p. 2857 - 2873, 1 out. 2013.

Ramos, Juliana Mistrioni; Carvalho, Naiara Cristina de. **Estudo Morfológico e Biológico Das Fases de Desenvolvimento de *Apis mellifera*.** *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, n. 10, ago. 2007.

Ribeiro, MG; Aguiar, WM; Nunes, LA; Carneiro, LS. **Morphometric Changes in Three Species of *Euglossini* (Hymenoptera: Apidae) in Response to Landscape Structure.** *Sociobiology*, [s.l.], v. 66, p 339 - 347, 20 ago. 2019.

Richtsmeier, Joan T.; Deleons, Valerie Burke; Lele, Subhash R. **The Promise of Geometric Morphometrics.** *Yearbook of Physical Anthropology*, [s. l.], v 45, p 63 - 91, 2002.

Rosa, Joatan Machado da; Ariolli, Cristiano João; Nunes-Silva, Patricia; Garcia, Flávio Roberto Mello. **Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e**

agrícolas: Existe uma explicação?. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 18, n. 1, p. 154-162, 29 ago. 2018.

Rundlof, Maj; Bengtsson, Janne; Smith, Henrik G. **Local and Landscape Effects of Organic Farming on Butterfly Species Richness and Abundance**. Journal of Applied Ecology, [s. l.], v. 45, p. 813 - 820, 1 nov. 2007.

Rundlof, Maj; Nilsson, Helena; Smith, Henrik G. **Interacting effects of farming practice and landscape context on bumble bees**. ScienceDirect, [s. l.], p. 417 - 426, 2008.

Sanseverino, Angela M.; Nessimian, Jorge Luiz. **Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais**. Oecologia Brasiliensis, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 382 - 405, 2008.

Santos, Jessie Pereira dos. **Efeitos da estratificação vertical na comunidade de borboletas frugívoras na floresta atlântica estacional**. 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, [S. l.], 2013.

Sakiyama, N.S.; Pereira, A.A.; Zambolim, L. **Melhoramento do café arábica**. In: Borém, A. (ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa. Editora UFV. p.189-204. 1999.

Schmickl, T.; Crailsheim, K. **Cannibalism and early capping: strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages**. Journal of Comparative Physiology A, [s. l.], p. 541 – 547, ago. 2001.

Schmickl, T.; Crailsheim, K. **How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions**. Behavioral Ecology and Sociobiology, [s. l.], p. 415 – 425, abr. 2002.

Shorrocks, B.; Sevenster, J. G. **Explaining local diversity species**. Biological Sciences [s. l.], 22 jun. 1995.

Silva, João dos Santos Vila da; Abdon, Myrian de Moura; Moraes, Juliano Aquino de. **Desmatamento na bacia do Alto Paraguai no Brasil**. 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, [s. l.], p. 458 - 467, 20 out. 2010.

Smith, Welber Senteio. **Biodiversidade no campus UNIP Sorocaba**. Universidade Paulista, Grupo de Pesquisa Ecologia Estrutural e Funcional de Ecossistemas, [s. l.], 2020.

Spiesman, Brian J.; Inouye, Brian D. **Habitat loss alters the architecture of plant-pollinator interaction networks**. Ecology, [s. l.], v. 94, n. 12, p. 2688 - 2696, 2013.

Souza, Darklê Luiza; Evangelista-Rodrigues, Adriana; Pinto, Maria do Socorro de Caldas. **As Abelhas Como Agentes Polinizadores**. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 1 - 7, 1 mar. 2007.

Stangler, Eva S.; Hanson, Paul E.; Steffan-Dewenter, Ingolf. **Vertical diversity patterns and biotic interactions of trap-nesting bees along a fragmentation gradient of small secondary rainforest remnants**. Apidologie, [s. l.], p. 527 – 538, 2016.

Steckel, Juliane; Westpha, Catrin; Peters, Marcell K.; Bellach, Michaela; Rothenwoehrer, Christoph; Erasmi, Stefan; Scherber, Christoph; Tschamntke, Teja; Steffan-Dewenter, Ingolf. **Landscape composition and configuration differently affect trap-nesting bees, wasps and their antagonists**. Biological Conservation, [s. l.], p. 56 - 64, 11 fev. 2014.

Tanabe, S. **Between-forest variation in vertical stratification of *drosophilid* populations**. Ecological Entomology [s.l.], 2002.

Tanabe, S. I.; Toda, M. J.; Vinokurova, A. V. **Tree Shape, forest structure and diversity of *Drosophilid* communities. Comparasion between boreal and temperate birch**. Ecological Research [s. l.], 2001.

Taki, Hisatomo; Kevan, Peter G. **Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant-pollinator interactions?Preliminary Findings**. Biodiversity and Conservation, [s. l.], ago. 2007.

Tilman, David; Fargione, Joseph; Wolff, Brian; D'Antonio, Carla; Dobson, Andrew; Howarth, Robert; Schindler, David; Schlesinger, William H.; Simberloff, Daniel; Swackhamer, Deborah. **Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change**. Science, [s. l.], v. 292, p. 281 - 284, 13 abr. 2001.

Tokumoto, Paola Mandetta. **Efeito da heterogeneidade da paisagem sobre redes de interações planta-polinizador**. 2015. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Campus Diadema, [S. l.], 2015.

Via, Sara; Gomulkiewicz, Richard; De Jong, Gerdien; Scheiner, Samuel M.; Schlichting, Carl D.; Tienderen, Peter H. **Van. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy**. Trends in Ecology & Evolution, [s. l.], v. 10, p. 212 - 217, maio 1995.

Viana, Virgílio M.; Pinheiro, Leandro A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. SÉRIE TÉCNICA IPEF, [s. l.], v. 12, n. 32, p. 25 - 42, dez. 1998.

Vockeroth, J. R.; Thompson, F. C. **Manual of Nearctic Diptera**. Agriculture Canada Research., [s. l.], v. 2, p. 713 - 743, 1987.

Vogel, S. **Ölblumen und ölsammelnde Bienen**. Trop Subtrop Zenwelt [s.l.], n. 7, p. 285 - 547, 1974.

Whitman, Douglas W.; Agrawal, Anurag A. **What is Phenotypic Plasticity and Why is it Important?**. USA: Science Publishers, [s. l.], 2009.

Zanella, Fernando C. V. **Abelhas da Estação Ecológica do Seridó (Serra Negra do Norte, RN): aportes ao conhecimento da diversidade, abundância e distribuição espacial das espécies na caatinga**. Editora UNESCO, [s. l.], p. 232 - 240, 2003.

Wolowski, Marina; Nunes, Carlos Eduardo Pereira; Amorim, Felipe W.; Vizentin-Bugoni, Jeferson; Aximof, Izar; Maruyama, Pietro Kiyoshi; Brito, Vinicius Lourenço Garcia de; Freitas, Leandro. **Interações Planta-Polinizador em Vegetação de Altitude na Mata Atlântica**. Oecologia Australis, [s. l.], p. 7 - 23, 2016.

Wootton, Robin J. **Functional Morphology Of Insect Wings.** Annual Review of Entomology, [s. l.], p. 113 - 140, 1992.

APÊNDICE A – GRÁFICOS

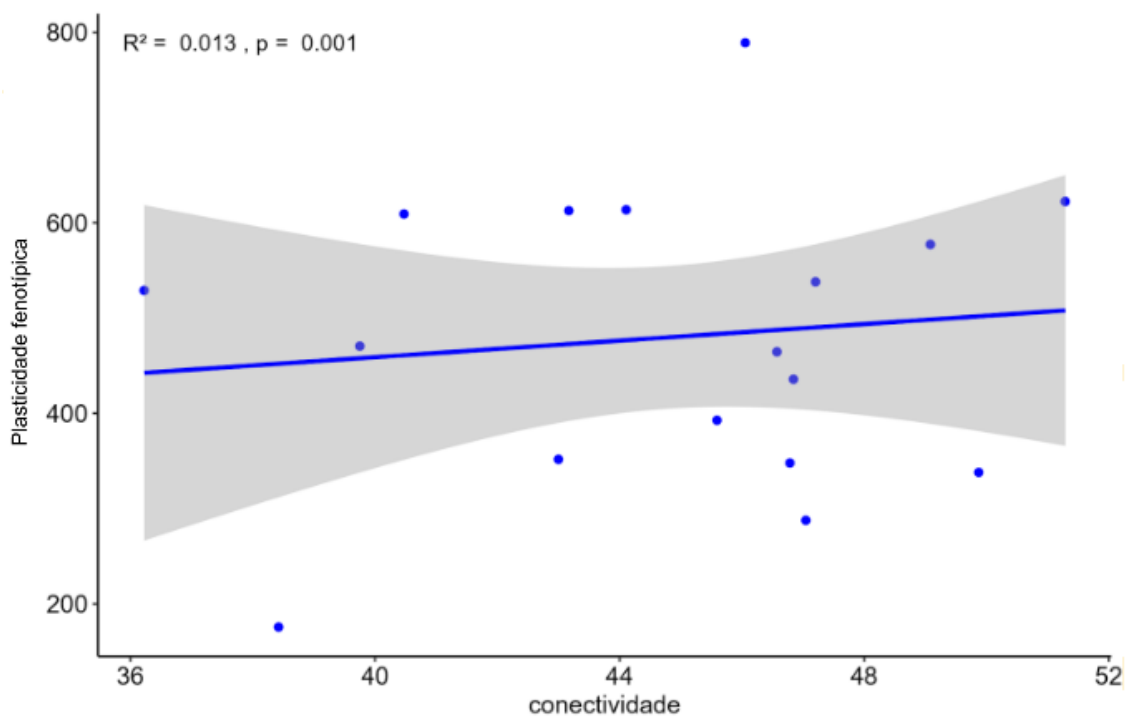


Figura 07. Influência da conectividade sobre a plasticidade fenotípica.

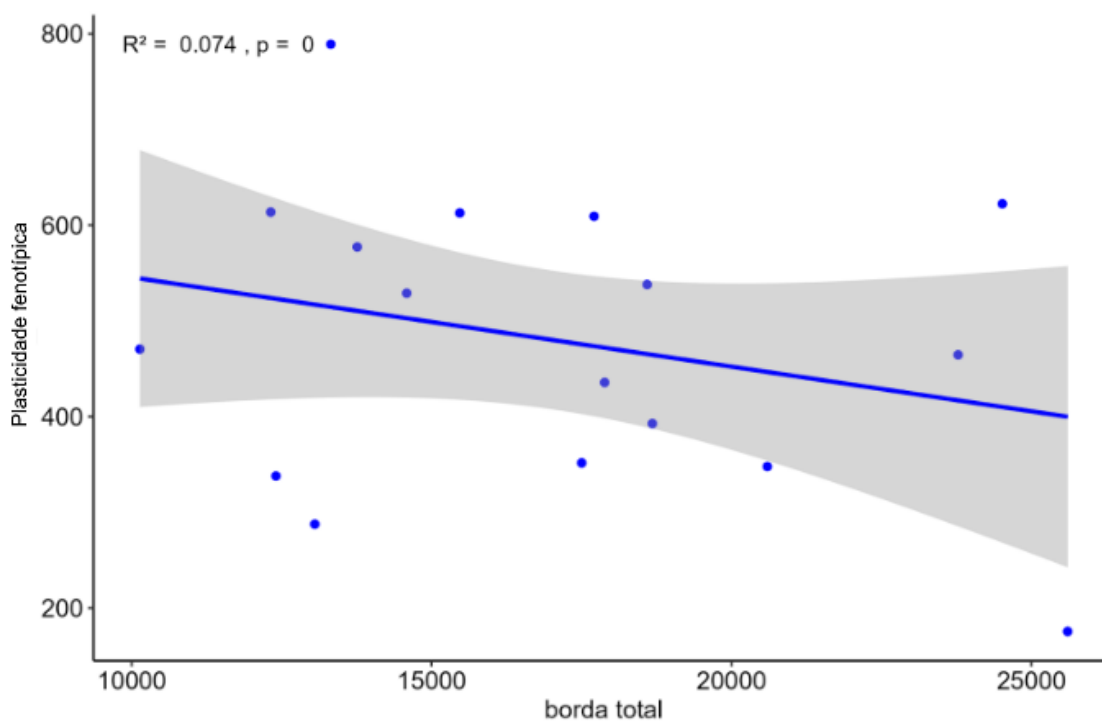


Figura 08. Influência da borda total sobre a plasticidade fenotípica.

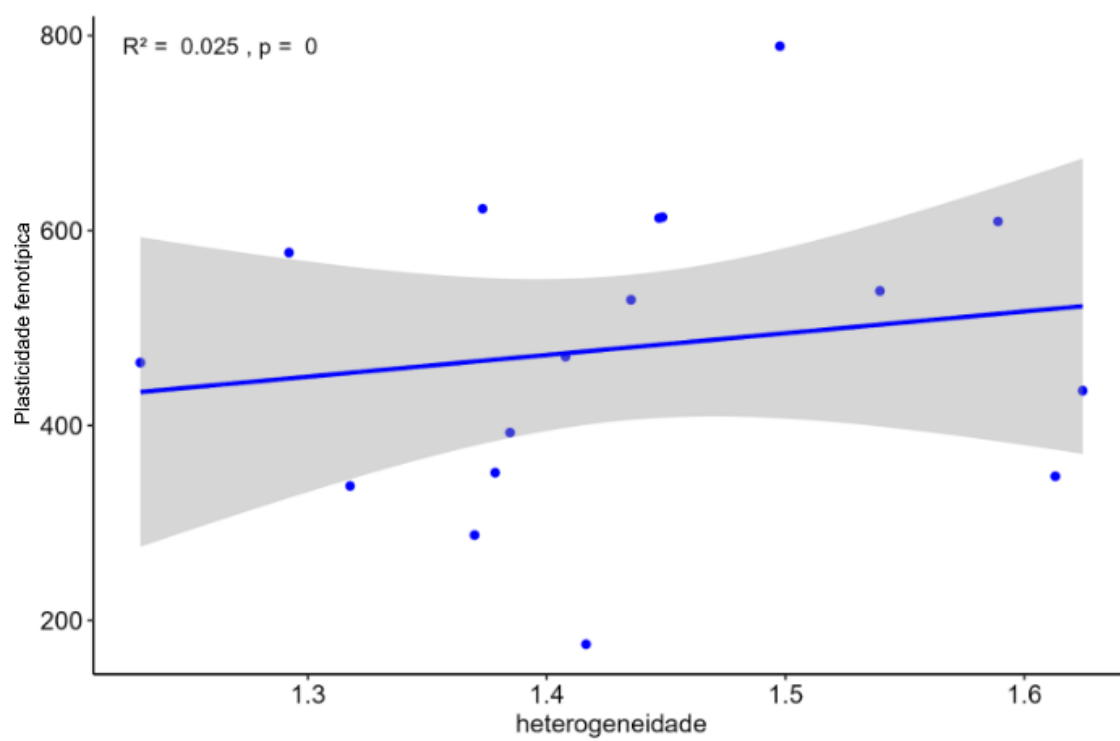


Figura 09. Influência da heterogeneidade sobre a plasticidade fenotípica.