

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS ÁGRARIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

CRISTIANE PEREIRA DA SILVA

Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)

ARARAS
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS ÁGRARIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

CRISTIANE PEREIRA DA SILVA

Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente como requisito parcial à obtenção do título de MESTRA EM AGRICULTURA E AMBIENTE.

Orientadora:
Profª Drª Roberta Cornélio Ferreira Nocelli.

ARARAS
2019

Pereira da Silva, Cristiane

Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) / Cristiane Pereira da Silva. -- 2019.
54 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

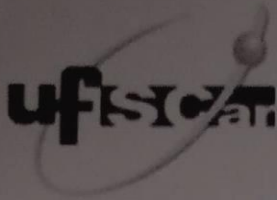
Orientador: Profa. Dra. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli
Banca examinadora: Profa. Dra. Cláudia Inês da Silva, Profa. Dra. Anastacia Fontanetti
Bibliografia

1. *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836. 2. atividade de voo. 3. fatores abiótico. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Cristiane Pereira da Silva, realizada em 18/06/2019:

Profa. Dra. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli
UFSCar

Profa. Dra. Anastacia Fontanetti
UFSCar

Profa. Dra. Cláudia Inês da Silva
USP

AGRADECIMENTOS

Nunca pensei que seria difícil, mas posso dizer que sim, agradecer pode ser uma tarefa cruel, porque são tantas as pessoas e tantas coisas que gostaria de dizer que acho que não tenho como expressar minha gratidão em palavras. Ao longo do mestrado descobri que ter apoio é algo importante e ninguém chega a lugar algum sem ter ajuda daqueles que o cerca. Entendi que escrever é uma tarefa complexa e solitária, mas que tendo o apoio por meio de conversas com o orientador e amigos próximos debatendo, ouvindo, sendo questionada é possível realizá-la.

Sendo assim, primeiramente gostaria de agradecer minha orientadora a Professora Dra. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli por acreditar no meu potencial por me inspirar e motivar nos estudos com as abelhas, este inseto fabuloso. Foi um privilégio meu ter tido você como professora na graduação e orientadora na pós-graduação, obrigada pela oportunidade, pelo incentivo, paciência, aprendizado e conselhos úteis quando estava em dúvida de que caminho seguir; através de seu exemplo sei que quero seguir a carreira acadêmica.

Agradeço também a meus pais Selma e Sebastião e minha irmã Adriana, por todo o apoio que me deram durante todos esses anos; por acreditarem em mim e nunca me deixarem desistir das coisas sem antes lutar.

Aos meus amigos de escola e infância Vinícius Feres, Vinícius Schmidt, e amigas Dayane Cenevive, Débora Cardoso, Bruna Périco, Ariany Rossi, Karen Jurgensen, Aline Atoji e Helouise Fernandes que foram fundamentais durante minha vida por me apoiarem e chamarem minha atenção sempre que necessário.

Aos meus amigos e colegas que adquiri no programa de mestrado: Elisângela, Ana Carolina, Ana Lúcia, Juliana, Thiago, André, José Mauro e Altemar, em especial Driéle e Flávia vocês estão entre as pessoas que foram responsáveis pelos meus momentos de tranquilidade entre um experimento e outro, obrigada pelos risos e incentivo e pela companhia nessa jornada que é o mestrado.

À Patrícia Azevedo e Nicole Zanchetta, um especial agradecimento. Ao encontrar vocês vi que minha caminhada e luta não seria solitária, obrigada por participarem dos meus momentos de alegria e principalmente de tristeza, é bom saber que nesses instantes não estamos sós. Obrigada mesmo por estarem dispostas a me ajudar sempre que pedi, poucas pessoas no mundo fariam o que vocês fizeram, e Patrícia (“ Quinze” para os íntimos) um grande obrigada pelas sábias palavras, pela atenção que você deu a minha dissertação, pelas

puxadas de orelha e por ser sendo minha amiga mesmo quando estava sendo uma pessoa difícil.

Agradeço também à banca por aceitar meu convite, e poder contribuir com a melhora do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) por todo auxílio e paciência que tiveram comigo e ao pessoal da secretária Sirlene e Cris, vocês fizeram um trabalho maravilhoso.

À Deus, que esteve comigo durante toda a minha jornada, me dando forças e muita determinação para superar todos os obstáculos e dificuldades que encontrei.

Este presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (código do financiamento - 001).

RESUMO

As abelhas são os principais agentes polinizadores de plantas angiosperma nativas e cultivadas, auxiliando na manutenção da biodiversidade e por proporcionando benefícios na produção de alimentos e econômicos aos seres humanos. Contudo, o aumento das temperaturas ocasionadas pelas mudanças climáticas contribui juntamente com outros fatores como uso incorreto de agrotóxicos e degradação de áreas florestais no declínio de diversas espécies de abelhas. Neste contexto, faz-se necessário entender como o aumento de temperatura em decorrência das mudanças climáticas afetará polinizadores e quais serão as consequências diante destas mudanças. Assim, o estudo teve como objetivo determinar tempo letal médio e as temperaturas letais médias para espécie de abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 quando expostas a altas temperaturas e investigar influência da temperatura e da umidade relativa locais no comportamento de forrageamento da espécie. Para tais fins, o trabalho foi conduzido no CCA - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, em Araras – SP e subdividido em duas etapas: Na primeira etapa testaram-se em laboratório com uso de BOD quatro temperaturas 26 (controle) 30, 45 e 52°C para determinação do tempo letal médio (TL₅₀) e da temperatura letal a partir do protocolo de Prechet estabelecido em 1973. Para segunda etapa foram observadas e registradas nas estações seca e chuvosa as atividades de forrageamento e as medições de temperatura e umidade relativa de colônias de *M. quadrifasciata* e do ambiente num fragmento de Floresta estacional Semidecidual num período das 8 às 18 horas. Os resultados obtidos mostram que com relação a exposição ao tempo letal médio (TL₅₀) e a temperatura letal média as temperaturas de 45 (1 dia) e 52° C (5/24) tiveram um pior desempenho quando comparadas com as temperaturas de 26 (34 dias) 30°C (29 dias), por ocasionar a mortalidade de 50% população em período menor do que um dia para a espécie de abelha *M. quadrifasciata*, tendo assim diferenças significativa (P<0,05) entre os tratamentos testadas em laboratório. Para observações de atividade de forrageamento entre as estações constatou-se melhor desempenho da estação seca (F = 87.053, p < 2e-16, p<0,001) quando comparada com chuvosa (F= 9.204, p 0.000115, p<0,001) nos números de entradas e saídas abelhas diferenciando de trabalhos anteriores, na qual, a estação chuvosa tem melhor desempenho do que a estação seca. Com relação à influência das estações no material coletado (pólen, néctar, outros materiais) e no descarte de lixo, observou-se que na estação seca as abelhas tiveram um melhor desempenho com relação da estação chuvosa para todas as atividades (p<0,001). Outro fator observado foi relação do comportamento das abelhas e o tempo desempenho das atividades que correram entre 8 a 13 horas. Portanto, o trabalho apresentou resultado positivo confirmando que fatores abióticos influenciam na sobrevivência e no comportamento da espécie *M. quadrifasciata*. Por fim, como contribuição ao estudo de influência de fatores abióticos no comportamento animal os resultados obtidos podem ser usados como um ponto de partida para estudos de modelagem e de diagnósticos sobre os danos e possíveis consequências das mudanças climáticas em polinizadores e na disponibilidade de flores e alimentos para as abelhas.

Palavra-chave: abelha sem ferrão, mudanças climáticas, tempo médio letal, temperatura letal média forrageamento, estação seca, estação chuvosa.

ABSTRACT

Bees are the main pollinating agents of native and cultivated angiosperm plants, helping to maintain biodiversity and providing benefits in food production and savings for humans. However, the increase in temperature caused by climate change contributes to other factors, such as the incorrect use of pesticides and the degradation of forest areas in the decline of several species of bees. In this context, it is necessary to understand how the increase in temperature due to climate change will affect pollinators and what the consequences will be in the face of these changes. Thus, the study aimed to determine the average lethal time and average lethal temperatures for species of stingless bees *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, when exposed to high temperatures, and to investigate the influence of local temperature and relative humidity on the behavior of species foraging. For such purposes, the work was conducted at CCA - Center for Agricultural Sciences at the Federal University of São Carlos, in Araras - SP and subdivided into two stages: In the first stage, four temperatures were tested in the laboratory using BOD 26 (control) 30, 45 and 52°C to determine the average lethal time (TL50) and lethal temperature based on the Prechet protocol established in 1973. Foraging and foraging activities and temperature measurements were observed and recorded in the dry and rainy seasons. and relative humidity of *M. quadrifasciata* colonies and the environment in a fragment of seasonal Semideciduous Forest from 8 to 18 hours. The results obtained show that in relation to the exposure to the average lethal time (TL50) and the average lethal temperature, the temperatures of 45 (1 day) and 52° C (5/24) had a worse performance when compared to the temperatures of 26 (34 days) 30°C (29 days), for causing the mortality of 50% population in a period less than one day for the bee species *M. quadrifasciata*, thus having significant differences ($P < 0.05$) between the treatments tested in the laboratory. For observations of foraging activity between seasons, a better performance of the dry season ($F = 87.053$, $p < 2e-16$, $p < 0.001$) was found when compared to rainy ($F = 9.204$, $p 0.000115$, $p < 0.001$) in the numbers of entrances and exits bees differentiating from previous works, in which, the rainy season performs better than the dry season. Regarding the influence of the seasons on the collected material (pollen, nectar, other materials) and the disposal of garbage, it was observed that in the dry season the bees had a better performance in relation to the rainy season for all activities ($p < 0.001$) . Another factor observed was the relationship between the behavior of the bees and the performance time of the activities that ran between 8 to 13 hours. Therefore, the work showed a positive result confirming that abiotic factors influence the survival and behavior of *M. quadrifasciata*. Finally, as a contribution to the study of the influence of abiotic factors on animal behavior, the results obtained can be used as a starting point for modeling and diagnostic studies on the damage and possible consequences of climate change in pollinators and on the availability of flowers and food for bees.

Keywords: *stingless bee, climate change, average lethal weather, average lethal temperature foraging, dry season, rainy season.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Indivíduos da <i>M. quadrifasciata</i> A - Macho; B - Operária; C – Rainha.....	18
Figura 2. Vista aérea geral da localização geográfica da área de estudo.....	24
Figura 3. Vista aérea de onde se encontra o meliponário ASAs localizado no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras – SP.....	26
Figura 4- Pote plástico descartável de 250 mL com alimentador para fornecimento do alimento durante o período do experimento.....	27
Figura 5- Fotos do local de estudos: Visão geral do meliponário ASAs com disposição de diferentes colônias de abelhas dentro do meliponário.....	28
Figura 6 – Curva de sobrevivência das abelhas <i>M. quadrifasciata</i> estimadas por Kaplan-Meier expostas a diferentes temperaturas e condições de temperatura.....	33
Figura 7- Comparação entre entradas e saídas de abelhas de <i>M. quadrifasciata</i> que entram e saem das colônias inseridas em uma área de Floresta Estacional Semidecidual ao longo dos meses de abril a dezembro de 2018 nos períodos seco e chuvoso. As barras representam o desvio padrão.....	34
Figura 8 - Padrão de forrageamento geral das colônias (F1 e F2) com média do número máximo de <i>M. quadrifasciata</i> entre 8:00 e 18:00 horas, entre abril e dezembro do ano de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP.....	36

Figura 9 - Padrão de forrageamento de entrada (A) e saída (B) com média do número máximo de operárias de <i>M. quadrifasciata</i> colônias (F1 e F2) entre 8:00 e 18:00 horas, entre abril e dezembro do ano de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP.....	37
Figura 10 – Padrão de forrageamento por horário para cada tipo de material coletado ao longo dos meses de abril a dezembro de 2018 com média do número máximo de abelhas forrageiras de <i>M. quadrifasciata</i> em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP.....	38
Figura 11- Forrageamento de <i>Melipona quadrifasciata</i> relacionada com o tipo de material coletado e as médias de UR% do ar internas e externas e as médias de temperaturas internas e externas não compartilha uma letra são significativamente diferentes ($p < 0,001$).....	40

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Dados comparativos de TL₅₀ de operárias de *Melipona quadrifasciata* expostas a diferentes temperaturas em condições laboratoriais..... 31
- Tabela 2. Comparação entre as médias dos materiais coletados, descartados e movimentos de entrada e saída pelas forrageiras de *M. quadrifasciata* durante as estações secas e chuvosas..... 35
- Tabela 3- Médias das atividades de forrageamento com relação as temperaturas médias (°C) internas (colônia F1 e F2) e externas durante os meses de abril a dezembro de 2018 mês, no campus da UFSCar – Araras, SP..... 39

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

<i>UR%</i>	refere-se à Umidade relativa
<i>°C</i>	graus Celsius
ASAs	Abelhas e Serviços Ambientais
F.E.S	Floresta Estacional Semidecidual
M.q	<i>Melipona quadrifasciata</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	<i>Melipona quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836.	15
1.2	Exposição a altas temperatura e influência dos fatores abióticos temperatura e umidade relativa nas atividades de voo da espécie <i>Melipona quadrifasciata</i>	16
1.3	A Importância dos estudos sobre abelhas como polinizadores.	19
2	OBJETIVOS	23
2.1.1	Objetivos gerais	23
2.1.2	Objetivos específicos	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	Área de estudo	25
3.2	Material biológico	26
3.3	Determinação do Tempo letal médio (TL ₅₀) de sobrevivência para a espécie <i>M. quadrifasciata</i> submetida à diferentes temperaturas.	27
3.4	Influência da atividade de forrageamento de <i>M. quadrifasciata</i> em relação à temperatura e a umidade relativa local (T° /UR)	28
3.4.1	Caraterística do local e o período do estudo	28
3.4.2	Procedimento para registros das temperaturas e umidades relativas das colônias e do ambiente	28
3.4.3	Avaliação da atividade de forrageamento	29
3.5	Análise dos dados	30
4	RESULTADOS	31
4.1	Determinação do Tempo Letal Médio (TL ₅₀) para a espécie <i>M. quadrifasciata</i> submetida à diferentes temperaturas	31
4.2	Atividade de forrageamento de <i>M. quadrifasciata</i> .	33
4.2.1	Atividade de forrageamento com relação a estação seca e chuvosa.	33
4.2.2	Padrão de forrageamento por horário para cada um dos parâmetros avaliados (entrada, saída, pólen, néctar, outros materiais e lixo) ao longo dos nove meses de observação.	35
5	DISCUSSÕES	42
5.1	Determinação da Temperatura Letal Média (TL ₅₀) para a espécie <i>M. quadrifasciata</i> submetida à diferentes temperaturas	42
5.2	Influência da temperatura e a umidade relativa local (T° /UR) nas atividades de forrageamento de <i>M. quadrifasciata</i>	44
5.3	Padrão de forrageamento de coleta de materiais por horário	44
6	CONCLUSÃO	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836.

No mundo todo estima-se que exista cerca de 20.000 espécies de abelhas distribuídas em diferentes regiões do planeta, em especial nas regiões tropicais e subtropicais, no Brasil tem-se catalogado cerca de 2500 espécies, distribuídas em cinco famílias que são Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae - (SILVEIRA, 2002), apresentando hábito de vida, anatomia, tamanho e comportamento variáveis (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012).

Dentre estas muitas abelhas nativas no Brasil uma das que mais demandam estudos é uma que possui hábito generalista de visita as flores e está entre as responsáveis pela polinização de diversas espécies vegetais de importância agrícola como o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), abóbora (*Cucurbita moschata* Duch), e pimentão (*Capsicum annuum* L.) é a espécie *M. quadrifasciata*, popularmente chamada de mandaçaia, que é uma abelha sem ferrão pertencente a tribo Meliponini que mede entre 10 e 11 milímetros de comprimento, possuindo corpo robusto, cabeça e tórax de coloração preta (Figura 1), abdome com faixas amarelas e asas ferrugíneas, (NOGUEIRA-NETO,1997) e que tem como uma de suas características o comportamento de *buzz pollination*, que é o ato de vibrar as asas nas anteras das plantas com flores poricidas para a coleta de pólen (MICHENER, 1962).

As colônias de *M. quadrifasciata* são perenes, relativamente populosas, com aproximadamente 300 a 400 indivíduos, com organização eussocial avançada com um sistema de casta dividindo os organismos em rainhas, operárias ambas fêmeas e zangões que são machos. Dentro da colônia há ainda uma complexa divisão de trabalho determinado pela sua faixa etária e pelo sexo dos organismos (AIDAR, 2007).

Sua distribuição ocorre em muitos estados do Brasil - Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e em algumas regiões do Paraguai e Argentina (MOURE et al. 2012), principalmente por apresentarem alta capacidade fenotípica e estarem presentes em diferentes biomas com médias térmicas anuais distintas (CAMARGO; PEDRO,1992).

Figura 1- Indivíduos da *M. quadrifasciata* : A - Macho; B - Operária; C – Rainha.



Fonte: SILVA, I. C. da et al. **Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil.**

No estado de São Paulo, *M. quadrifasciata* é uma espécie de abelha da comumente encontrada em regiões da Floresta Estacional Semidecidual, uma das formações vegetais do Domínio Mata Atlântica mais ameaçadas pelas ações antrópicas (AB'SÁBER, 2003) e, por essa razão, por estar presente em um domínio que sofre com desmatamento (TABARELLI et al., 2010). Ademais, esse tipo formação vegetal se caracteriza por apresentar verão quente e úmido e inverno seco, com médias térmicas anuais que oscilam em torno de 21,4 a 24°C, com a média do mês mais quente perto dos 29°C e a média no mês mais frio entre 18° e 20°C (ROCHA, 2014). Contudo, tais temperaturas tendem a se alterar suas médias até o fim do século XXI com o acréscimo de alguns graus (MARENGO, 2007), criando um ambiente possivelmente inadequado para a sobrevivência de *M. quadrifasciata*, já que essa espécie mantém a temperatura interna na colônia em média entorno de 24°C à 29,5°C e a temperatura ideal para suas atividades de voo é por volta dos 32°C (ABREU, 2011), logo caso ocorra um aumento nas médias de temperaturas possivelmente haverá alteração nas faixas térmicas destes ambientes podendo serem locais inabitáveis para a espécie *M. quadrifasciata*.

Diante disso, é imprescindível buscar conhecer e estudar os aspectos biológicos quanto a sua tolerância térmica e a influência de fatores abióticos em seu comportamento de forrageamento para prever um possível cenário que as alterações climáticas possam exercer sobre a biologia da espécie e assim fornecer informações para possíveis ações de conservação da mesma (HELMUTH et al., 2010).

1.2 Exposição a altas temperatura e influência dos fatores abióticos temperatura e umidade relativa nas atividades de voo da espécie *Melipona quadrifasciata*

M. quadrifasciata por serem organismos ectotérmicos com heterotermia regional, já que possuem temperatura corporal próxima a temperatura do ambiente em que estão inseridas

(MOYES et al., 2010) e por estarem distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta (MICHENER, 2000; MOURE et al. 2012) podemos concluir que é uma espécie que está constantemente exposta a altas temperaturas ambientais (ARMBRUSTER; MCCORMICK, 1990), e ao risco de superaquecimento, pois durante o voo há uma alta produção de calor na região torácica (HEINRICH,1979) fazendo com que em temperaturas elevadas, determinadas espécies de abelhas operem muito próximo do seu limite térmico (PEREBOOM; BIESMEIJER, 2003).

De maneira geral, sabe-se que para os insetos as temperaturas letais operam nas faixas de 40 a 50°C (TERBLANCHE et al., 2010). Estudos realizados por Heinrich (1993), apontaram que para o gênero *Apis* a longa exposição a altas temperaturas afetou a sobrevivência dos indivíduos adultos e o desenvolvimento das crias. Mardan e Kevan (2002), em experimentos realizados com larvas e operárias de *Apis dorsata* (Fribicius,1793), verificaram que a espécie diminui suas atividades de forrageamento sob altas temperaturas, além de sofrer interrupções no desenvolvimento de suas crias. Ainda, Jones e Oldroyd (2007) observaram que crias de diversas subespécies de abelhas melíferas possuíam uma temperatura ótima para seu desenvolvimento entre 33 a 36°C e que a temperatura ótima para abelhas operárias forragearem era de 27°C, já que essa temperatura era ideal para as mesmas produzirem a força e calor necessários para movimentação dos músculos de voo. Esse dado é corroborado pelos estudos de Esch et al. (1994) em que temperaturas acima dos 30°C reduziram as taxas metabólicas de abelhas operárias de *Apis mellífera ligustica* (Spinola,1806). Vale ressaltar ainda que em temperaturas abaixo dos 9°C as abelhas melíferas apresentaram letargia no seu desenvolvimento e nas atividades diárias (FREE; SPENCER-BOOTH, 1960).

Dentre os estudos que avaliaram em laboratório a tolerância de abelhas sem ferrão a mudanças de temperatura pode-se citar o de Macieira e Proni (2004) que analisaram os limites térmicos (Temperatura Letal – TL) da espécie *Scaptotrigona postica* (Latreille,1807) a altas e baixas temperaturas durante os períodos de verão e inverno. Os resultados por eles obtidos demonstraram que no verão o intervalo de tolerância era de -3,5 e 40°C, e no inverno era de -4,0 a 39,5°C no que se refere a longevidade de 50% (TL₅₀) da população, tendo como temperatura ótima para seu desenvolvimento 32°C, e temperatura ótima para abelhas operárias forragearem era de 20 a 32°C (ENGELS ; ROSENKRANZ ;ENGELS, 1995).

Já Proni e Hebling (1994) que estudaram as tolerâncias térmicas de *Tetragonisca angustula angustula* (Latreille, 1811) e *Tetragonisca angustula fiebrigi* (Schwarz, 1938) durante períodos de verão e inverno estabeleceram que as temperaturas letais (TL₅₀) destas

duas subespécies de foram de -1,18 a 41,4°C para *T. angustula angustula* e de -1,25 a 41,25°C para *T. angustula fiebrigi* no verão, e no inverno esses valores foram de -1,25 a 41,25°C para *T. angustula angustula* e de 1,75 a 40,83°C para *T. angustula*. Contudo, não existem estudos com *M. quadrifasciata* que análise a relação especificamente do tempo de exposição a temperatura letal, embora exista um estudo que relaciona a influência de fatores abióticos e da disponibilidade de recursos nas atividades de voo de *M. quadrifasciata* no que diz respeito a coleta de pólen e néctar em área natural de Mata Atlântica realizada por Abreu (2011).

Para a obtenção de recursos (pólen, água, néctar, resina, barro) necessários para sobrevivência de suas colônias diversas espécies as abelhas precisam forragear no ambiente externo, uma atividade necessária, mas que pode ser perigosa, dado que as abelhas ficam expostas a fatores ambientais adversos como predação, competição e ações antropogênicas que são prejudiciais a sua sobrevivência (NOGUEIRA-NETO, 1997). Estudos voltados para o estudo dos padrões de forrageamento de acordo com necessidades, paisagem e condições climáticas do meio em que vive as colônias de meliponíneos (ROUBIK, 1989), podem ser de imprescindível para o entendimento de como tais fatores afetará o processo de procura e recrutamento das abelhas por recursos florais, pois o conhecimento sobre as atividades de voo de *Melipona quadrifasciata* e de outras espécies de polinizadores é importante por possibilitar a elaboração de planos de preservação e conservação dos ecossistemas (HRNCIR, 2000).

A compreensão da biologia das espécies, interação planta-polinizador relacionado com fatores abióticos como temperatura (T°C), umidade relativa (UR%), intensidade luminosa, precipitação pluviométrica e vento (NOGUEIRA-NETO, 1997) baseia-se na contagem visual das abelhas operárias que entram e saem de suas colônias com algum material sólido coletado (pólen, látex, folhas, óleos, esporos, de fungo, sementes, seiva, resina barro, fezes e matéria orgânica em decomposição) com a exceção dos materiais líquidos (água, néctar) que não são visíveis e por isto sua contagem é considerada quando as abelhas entram na colônias sem material aparente carregado na corbícula ou na mandíbula (ROUBIK, 1989). No geral a maioria dos estudos sobre atividade de voos concentra-se em espécies de abelhas das zonas temperadas principalmente nos gêneros *Apis* e *Bombus* (ABREU, 2011).

Fatores abióticos, portanto, podem interferir nos padrões de forrageamento tanto no que diz respeito ao tipo de coleta realizada por conta da disponibilidade das mesmas, como por conta das diferenças de horários de saída das abelhas de suas colônias (HEINRICH; ESCH, 1994) que podem por sua vez serem influenciadas por diferentes condições microclimáticas (KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003) uma vez que

para Roubik (1989) as abelhas pertencentes a tribo Meliponini coletam recursos não de acordo com a necessidade da colônia como ocorre em *Apis* mais sim coletam recursos de acordo com sua disponibilidade no meio ambiente e assim alteraram os padrões de distribuições geográficas das espécies de abelhas (HILÁRIO et al., 2000). Portanto, conhecer como os microclimas locais atuam sobre o comportamento das atividades de voo das abelhas *M. quadrifasciata* pode ser importante por permitir um programa de manejo adequado a espécie quanto local que está inserida.

1.3 A Importância dos estudos sobre abelhas como polinizadores.

A humanidade faz uso dos serviços naturais providos pelo meio ambiente para o seu bem-estar e desenvolvimento econômico há muito tempo, pois são fundamentais para a sua sobrevivência e manutenção da biodiversidade (DAILY, 1997). Há quatro tipos de serviços ecossistêmicos segundo IPBES (2016) que são: suporte (formação do solo, ciclagem dos nutrientes), regulação (clima, erosão, polinização), provisão (água potável, alimentos, madeira) e cultural (religiosos, estéticos).

Então a polinização como um processo de transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma de uma e flor torna-se um serviço ecossistêmico essencial para formação de frutos e sementes (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014). De acordo com Peruquetti, Teixeira e Coelho (2017) a polinização pode ocorrer entre as partes reprodutivas de uma flor de um único indivíduo (autopolinização), entre as partes reprodutivas de flores diferentes pertencentes ao mesmo indivíduo (polinização não cruzada) ou entre as partes reprodutivas de flores de indivíduos diferentes (polinização cruzada ou sexuada).

Este processo pode ser realizado exclusivamente por vetores abióticos (vento e água), bióticos (animais) ou simultaneamente por ambos (CULLEY; WELLER; SAKAI, 2002) e caracteriza-se como um serviço ecossistêmico fundamental para a reprodução de plantas com flores, para a manutenção do equilíbrio ambiental por meio das redes de interações entre animais e plantas, para a garantia da variabilidade genética dos vegetais e, conseqüentemente, para a produção de alimentos, indicando assim que sua ausência afetaria a reprodução sexuada das plantas (YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010).

A maioria das plantas com flores, tanto de ambientes naturais quanto agrícolas, dependem dos polinizadores para sua reprodução (ROUBIK, 2018). Estimativas globais indicam que 87,5% das angiospermas dependem de animais invertebrados e vertebrados para

realizar a polinização, sendo que este número em comunidades tropicais chega a 94% de dependência (OLLERTON et al., 2012). Dentre o grupo animais vertebrados como polinizadores encontramos as aves, morcegos e mamíferos não voadores. Já no grupo dos animais invertebrados os insetos merecem destaque, já que compõe o maior grupo de animais conhecidos do Reino Animalia, filo Arthropoda, somando mais de um milhão de espécies e vasta distribuição geográfica em todo o mundo (OLLERTON, 2017). Tal grupo é responsável pela polinização da maioria das plantas com flores (BAWA, 1990) e conta com moscas, mariposas, borboletas, besouros e, principalmente as abelhas que pertencem a ordem Hymenoptera, a qual também compreende as formigas e vespas (GALLO et al., 2002).

As abelhas são insetos que surgiram possivelmente na metade do período Cretáceo, logo após o aparecimento de plantas com flores (ROUBIK, 1989) e integram um grupo de insetos com alta dependência de recursos florais como, por exemplo, néctar, óleo e tecidos florais e o pólen que é a principal fonte de proteína, lipídeos, sais minerais e carboidratos para alimentação das larvas e manutenção do ninho em geral (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014). Em contrapartida as plantas são organismos sésseis que são beneficiadas pelos polinizadores ao terem seus gametas transportados para que ocorra a reprodução sexual, criando uma forte interação mutualística entre ambas espécies (ROUBIK, 1989).

Dados levantados pelo IPBE - Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016), apontam que 75% dos cultivos de plantas destinados a alimentação humana dependem direta ou indiretamente da polinização prestada por abelhas e outros polinizadores e desses, 35% dependem totalmente dos polinizadores para sua reprodução, no Brasil um estudo feito com plantas cultivadas

Desta maneira, estima-se que globalmente as abelhas são os agentes polinizadores com o maior número de representantes (73%), seguidas respectivamente por moscas (19%), morcegos (6,5%), besouros e vespas (5 %) e aves e borboletas (4%), (FAO, 2005). Em termos de Brasil, contudo, o BPBES - Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (2019) trouxe novos dados, incluindo outros insetos importantes para a polinização, embora com abelhas como destaque, tal como no estudo da FAO (2005), BPBES destacam as abelhas em termos de número mas não de importância, sendo assim, em termos de maiores de representantes temos: abelhas (78,9%); besouros (21%); moscas (6,1%); vespas (4,4%); mariposas (3,5%); borboletas (3,5%); morcegos (2,5%); aves (2,5%) e hemípteros (0,9%). De acordo com tais estimativas as abelhas são consideradas espécies chaves para a manutenção de ecossistemas naturais e agrícolas (KLEIN; STEFFAN-

DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003) devido a seu alto número de espécies que participam do mecanismo de polinização sexual.

Sobre a polinização ainda dados levantados pelo IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016), mostram que 75% dos cultivos de plantas destinados a alimentação humana dependem direta ou indiretamente da polinização prestada por abelhas e outros polinizadores e desses, 35% dependem totalmente dos polinizadores para sua reprodução. Em âmbito nacional uma revisão sistemática de artigos científicos fora feita com o intuito de levantar a dependência da polinização nas culturas agrícolas (191 plantas), os resultados são que 76% das plantas cultivadas para alimentação no país é dependente da polinização realizada por animais em algum nível, sendo que para 35% delas a dependência mostrou-se essencial, 24% alta dependência, 10% modesta dependência, 17% pouca dependência (BPBES, 2019).

De qualquer forma, os polinizadores, contribuem em algum nível para qualidade e produtividade dos frutos, uma vez que estes passam a ter mais sementes, melhor aparência, melhor peso, valor nutritivo mais elevado e vida de prateleira mais longa, agregando valor de mercado a estes produtos, principalmente se comparados a cultivos que não dependem de polinizadores (JUNQUEIRA; AUGUSTO, 2017). Se todos os serviços ecossistêmicos realizados pela natureza fossem então contabilizados os valores obtidos seriam de 33 trilhões de dólares, e somente a polinização contribuiria com 112 bilhões deste do montante total (COSTANZA et al., 1997), no Brasil de acordo com Giannini et al. (2015), das 141 culturas avaliadas no país, 85 apresentaram alta dependência da polinização, e o valor atribuído a esse serviço ecossistêmico seria de U\$\$ 12 bilhões ao ano, e em 2018 os valores dos serviços de polinização estaria então estimado em 43 bilhões de dólares (BPBES, 2018).

Logo, o valor econômico total gerado pelos polinizadores torna-se essencial para o sucesso do agronegócio em todo o mundo, sendo que somente no Brasil o setor contribuiu com 23,5% de todo o rendimento gerado pela economia brasileira no ano de 2017, no qual, a contribuição econômica dos polinizadores nas principais culturas comercializadas, tanto para exportação como para o mercado interno foi substancialmente elevada (CEPEA, 2017).

Por essa razão a possibilidade de diminuição de polinizadores seria catastrófica, tanto em termos de diminuição da quantidade e da qualidade dos produtos agrícolas, quanto em termos econômicos, pois a perda de polinizadores reduziria em até 30% o faturamento do setor agrícola nacional (GIANINNI et al. 2015).

Devido a relevância como polinizadores e sua redução populacional por conta do impacto causado pela intensificação agrícola, pelo uso de agrotóxicos, desmatamento,

queimadas, fragmentação, patógenos, espécies invasoras e mudanças climáticas, todas ocasionadas por ações antrópicas como aponta o IPBES (2016) e BPBES (2018), nos últimos anos as abelhas vem sendo um grupo amplamente estudado (IMPERATRIZ-FONSECA; KLEINERT, 2004).

Dentre todos os fatores que afetam a vida dos polinizadores as mudanças climáticas representam o maior e mais complexo problema ambiental da atualidade por alterar a dinâmica das relações da fauna e flora em todo o mundo e afetar tanto a ecologia das espécies, como os serviços ecossistêmicos decorrentes dessa relação (SUNDAY; BATES; DULVY, 2012). As interações que se estabelecem entre plantas e polinizadores são dependentes das condições de equilíbrio no qual o ambiente se encontra para manutenção vital dos seres vivos inseridos e distribuídos em todos os ecossistemas (MICHNER, 2000) e as alterações decorrentes das mudanças climáticas podem impactar na distribuição das diferentes espécies.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivos gerais

Objetivou-se com este trabalho determinar tempo letal médio e as temperaturas letais médias para espécie de abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 quando expostas a altas temperaturas e investigar influência da temperatura e da umidade relativa locais no comportamento de forrageamento da espécie.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar qual o tempo letal médio e as temperaturas letais médias para sobrevivência da espécie *M. quadrifasciata* quando exposta a altas temperaturas selecionadas para o experimento.
- Estudar a influência da temperatura e umidade relativa local no comportamento de forrageamento da espécie *M. quadrifasciata*.
- Avaliar o controle de temperatura dentro da colônia de *M. quadrifasciata* em relação às variações da temperatura externa.

Com esse intuito, foi testada a hipótese que fatores ambientais (abióticos) influenciam o comportamento da espécie.

H0 (Hipótese): Variações na temperatura e umidade relativa local não afetaram o comportamento da espécie *M. quadrifasciata*.

Predições:

- A atividade de forrageio não apresentará variações rítmicas ao longo do dia, mesmo que ocorra alteração climática externa.
- Espera-se que não exista diferença entre as estações chuvosa e seca quanto à intensidade da atividade de forrageamento.
- O aumento da temperatura não afetará a taxa de sobrevivência de *M. quadrifasciata*.

H1 (Hipótese): Variações na temperatura e umidade relativa afetaram o comportamento da espécie *M. quadrifasciata*.

Predições:

- A atividade de forrageio apresentará variações rítmicas ao longo do dia, mesmo que ocorra alteração climática externa.
- Espera-se que exista diferença entre as estações chuvosa e de seca quanto à intensidade da atividade de forrageamento.
- O aumento da temperatura afetará a taxa de sobrevivência de *M. quadrifasciata*.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Os experimentos foram conduzidos no CCA - Centro de Ciências Agrárias () da Universidade Federal de São Carlos, em Araras - SP (22°30'63.25" S - 47°38'70.97" W) no laboratório de Biologia de Invertebrados e no Meliponário do grupo de estudos ASAs. O campus abrange uma área de 226,50 ha e é composta por 69,61 ha de área construída, 144,12 ha de área agrícolas e 12,77 ha de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (F.E.S) e está localizado numa altitude de 629 metros (ROCHA, 2014). O clima local segundo Köppen (1948) é classificado como tropical de altitude (Cwa) com verão quente e úmido, e inverno seco. A temperatura média anual é de 31°C com temperaturas anuais máximas em torno de 28°C e mínimas em torno de 18°C (ROCHA, 2014). A precipitação média anual é de 1400 mm e a média da umidade relativa de 79% (FERREIRA, 2014).

Figura 2. Localização geográfica da área de estudo.



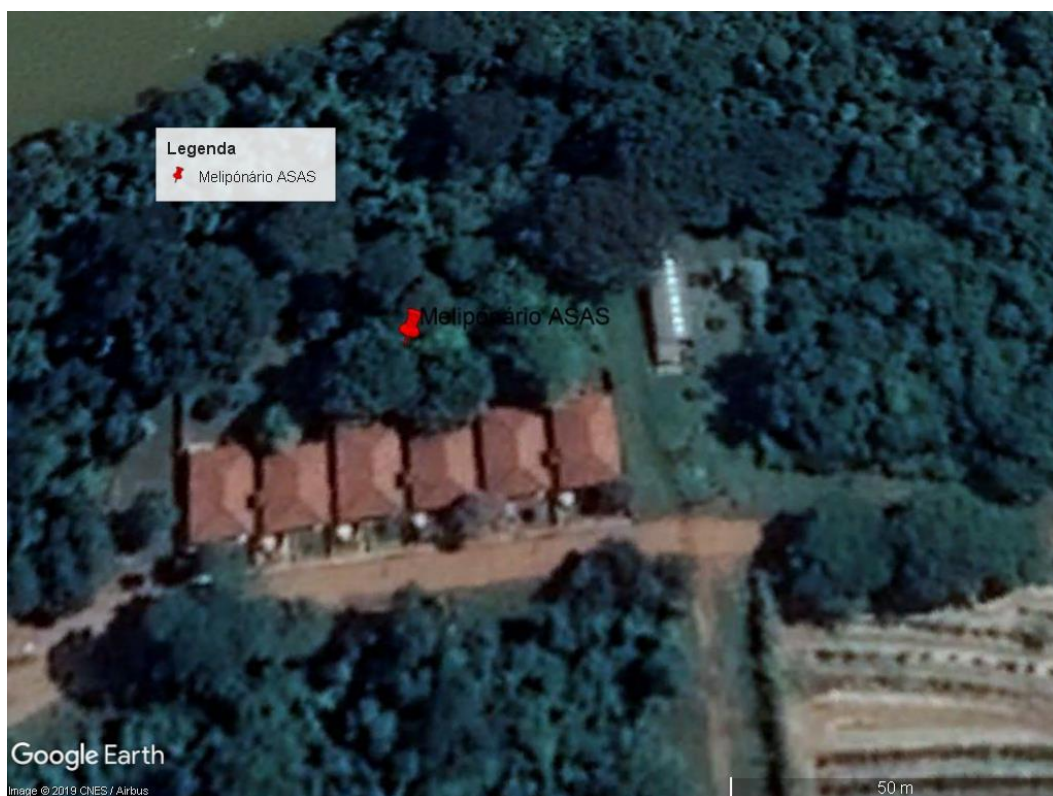
Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31340/1/Zoneamento-Tosto.pdf> (2010)

3.2 Material biológico

Quatro colônias não parentais e saudáveis de *M. quadrifasciata* (Apidae, Meliponini) do meliponário ASAs (Figura 3) foram utilizadas nos experimentos, sendo duas utilizadas no experimento 1 denominadas de T1 e T2 (T= temperatura) com mais de três anos de idade e as outras duas recentemente adquiridas utilizadas no experimento 2 denominadas de F1 e F2 (F= forrageamento). As colônias do meliponário ASAs estavam dispostas na borda de um fragmento de F.E.S., acondicionadas em caixas de madeira (24 X 42,5 X 21 centímetros) sobre prateleiras e cobertas com telhas para proteção contra chuva e incidência solar direta.

Durante as atividades de manejo das colônias utilizou-se 25mL de alimentação energética artificial modificada composta de xarope à base de água fervida e açúcar cristal 1:1 v/v (NOGUEIRA – NETO, 1997). O xarope foi vertido em copos plásticos os quais foram acondicionados no interior de cada uma das colônias e eram trocados 1 vez por semana como uma alimentação suplementar (AIDAR, 2010).

Figura 3. Vista aérea de onde se encontra o meliponário ASAs localizado no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras – SP.



Fonte: Google Earth (2019).

3.3 Determinação do Tempo letal médio (TL₅₀) de sobrevivência para a espécie *M. quadrifasciata* submetida à diferentes temperaturas.

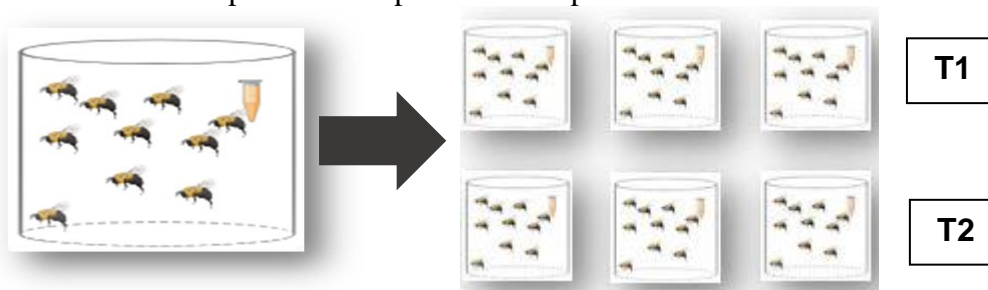
O ensaio foi realizado entre os meses de dezembro de 2017 a abril de 2018. Os procedimentos para determinação da TL₅₀ basearam-se no protocolo de Prechet (1973) em que o material biológico é transferido da temperatura ambiente para a temperatura experimental de forma abrupta. A finalidade é avaliar a longevidade em função do tempo.

Foram coletadas 10 operárias de *M. quadrifasciata* na saída de cada uma das colônias T1 e T2, que foram armazenadas em seis potes plásticos de 250 mL perfurados para auxiliar na circulação de ar (Figura 4). Um microtubo de polipropileno de 2 mL contendo três furos nas laterais foi anexado à tampa de cada um dos potes plásticos para o acondicionamento do xarope (água e açúcar cristal 1:1 v/v), o qual foi repostado diariamente ao longo do experimento.

Os potes foram transferidos para o laboratório de Biologia de Invertebrados e mantidos em estufas de demanda bioquímica de oxigênio (BDO) em diferentes temperaturas: 26, 30, 45 e 52°C. Os experimentos foram avaliados a cada 24 horas e a mortalidade diária anotada até que todas as abelhas morressem.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições com 10 abelhas em cada repetição vindas das colônias T1 e T2, contabilizando um total de 60 abelhas em todos os tratamentos testes de determinação de TL₅₀, os procedimentos de coleta está de acordo com o protocolo da OECD (1998a, 1998b).

Figura 4. Esquema do experimento 1: Pote plástico descartável de 250 mL com alimentador para fornecimento do xarope durante o período do experimento.



Fonte: Acervo pessoal

3.4 Influência da atividade de forrageamento de *M. quadrifasciata* em relação à temperatura e a umidade relativa local (T° /UR)

3.4.1 Característica do local e o período do estudo

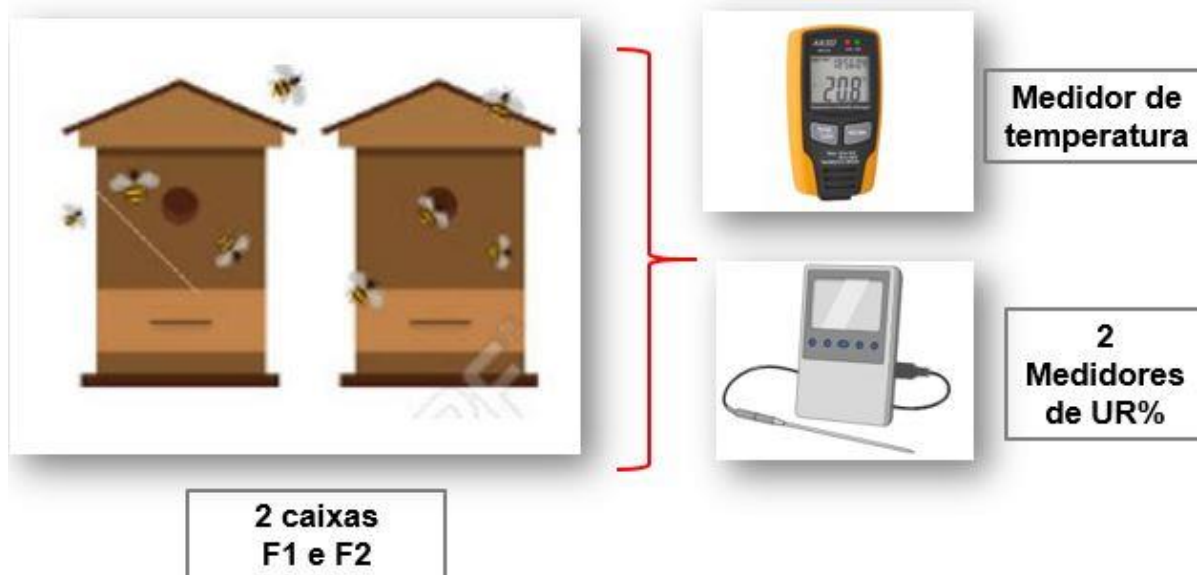
As observações de atividade de forrageamento e as medições de temperatura e umidade relativa foram conduzidas no meliponário do grupo ASAs que localiza -se em um fragmento de F.E.S, o qual possui uma fitofisionomia que varia de estratos arbóreos com dossel de copa elevada à uma diversidade de espécies arbustivas e lianas (ROCHA, 2014).

As atividades de forrageamento e os registros de temperatura e umidade relativa de duas colônias de *M. quadrifasciata* foram realizados mensalmente (três dias de observações por mês) nas estações seca e chuvosa do ano de 2018. Cada colônia foi observada durante os 10 primeiros minutos de cada hora, 10 vezes ao dia, entre 8:00 e 18:00h (DOS SANTOS et al., 2014), totalizaram-se de 27 dias e 270 horas de observação distribuídos em nove meses de abril a dezembro.

3.4.2 Procedimento para registros das temperaturas e umidades relativas das colônias e do ambiente

A temperatura e a umidade relativa dentro de cada uma das colônias de *M. quadrifasciata* foram monitoradas simultaneamente com a avaliação da atividade de forrageamento (Figura 5) Sensores foram ligados a um medidor de temperatura (modelo tipo K- AK 895) e a dois medidores de umidade relativa (higrômetro modelo AK29 - ASKO) esses foram introduzidos nos favos e na periferia dos ninhos, respectivamente (ROLDÃO, 2011). Os registros de temperatura e UR% do ambiente externo foram obtidos a cada hora, antes do início das observações (ROUBIK; PERALTA, 1983; ROLDÃO,2011), por meio da Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar – Araras.

Figura 5: Esquema do experimento 2: 1º parte - Registro dos dados de Temperatura (°C) e Umidade Relativa (UR%).



Fonte: Acervo pessoal

3.4.3 Avaliação da atividade de forrageamento

As avaliações das atividades de forrageamento das duas colônias de *M. quadrifasciata* foram monitoradas a partir da contagem visual de:

- Número de abelhas que entram e saem das colônias;
- Tipo de material coletado por essas abelhas: pólen, néctar e outros materiais (barro e resina);
- Material descartado pelas abelhas (lixo)

Para diferenciação dos tipos de materiais coletados pelas operárias determinou -se que os materiais visíveis transportados na corbícula (estrutura localizada na parte posterior das pernas) das abelhas operárias deveriam ser identificados entre pólen (coloração do pólen variável e forte) ou outros materiais (barro – apresenta aspecto marrom e visivelmente úmido/resina apresenta coloração transparente e com brilho), e para as abelhas operárias que entrassem na colônia sem material visível transportando no papo (estrutura interna onde abelha transporta o néctar ou água) deveria ser identificado como carregando néctar, devido a impossibilidade de diferenciar água de néctar (ROUBIK, 1989; NUNES-SILVA, 2007).

E para as abelhas que saíam com lixo dentro da colônia sendo carregados na mandíbula (estrutura externa localizada na cabeça) e retornavam sem material coletado, para

não serem contabilizadas como abelhas coletora de néctar, já que retornavam sem material visível, subtraía -se do total de abelhas que retornavam a colônia com néctar a quantidade de abelhas que saíram removendo lixo suas mandíbulas para cada um dos horários observados ao longo do dia (LOPES et al., 2007).

3.5 Análise dos dados

As abelhas mortas foram contabilizadas a cada 24 horas até todos os indivíduos morrerem em todos os testes. Os dados foram estimados a partir da determinação da TL50 ligadas as altas temperaturas que foram comparados com relação ao tempo de exposição e a sobrevivência dos indivíduos. Todos os indivíduos foram submetidos à análise estatística de sobrevivência (LongRank – Holm-Sidak) utilizando o programa SigmaPlot 14.0.

Para avaliação dos dados de atividade de forrageamento os seguintes parâmetros foram avaliados médias de entrada e saída, médias dos materiais coletados (pólen, néctar, outros materiais) e média do lixo removido de dentro das colônias. Contabilizou-se e comparou-se por estação (seca/chuvosa) o número de entradas e saídas de abelhas *M. quadrifasciata*. Comparou-se também a média entre o tipo de coleta temperatura e a umidade relativa do ambiente, bem como o controle de temperatura das colônias em relação as temperaturas externas.

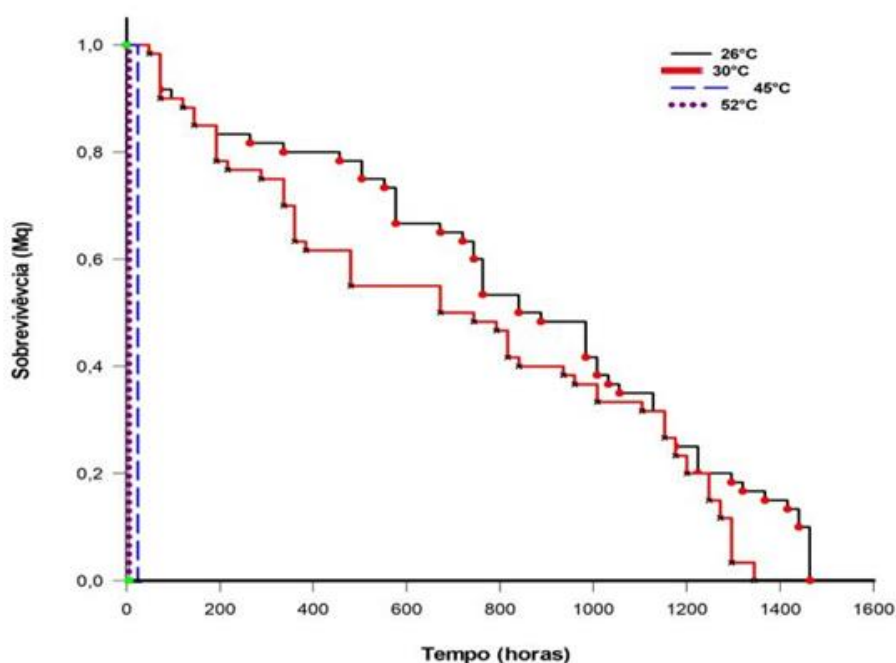
Para verificar se os dados avaliados apresentavam distribuição normal aplicou-se o teste de normalidade (Shapiro-Wilk) em todos os parâmetros avaliados, e, posteriormente, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis (dados não apresentaram distribuição normal $p=0,000$) para a comparação entre os grupos, e uma regressão linear múltipla entre as atividades exercidas e os atributos ambientais (ZAR, 1999) utilizando -se o programa Rstudio.

4 RESULTADOS

4.1 Determinação do Tempo Letal Médio (TL₅₀) para a espécie *M. quadrifasciata* submetida à diferentes temperaturas

Com relação a TL₅₀ (tempo capaz de ocasionar a mortalidade de 50% da população) em função das diferentes temperaturas testadas foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos testadas em laboratório. Os valores obtidos de TL₅₀ (Tabela 1 e Figura 6) baseados nas temperaturas mais baixas foram de 830,46 horas (34,6 dias) em 26°C, 706,00 horas (29,4 dias) em 30°C, e para altas temperaturas temos 24 horas (1 dia) em 45°C e 5 horas (0,21 do dia) pra a temperatura de 52° em condições de laboratório.

Figura 6 – Curva de sobrevivência das abelhas *M. quadrifasciata* que determinou-se o tempo máximo de sobrevivência em horas estimadas por Kaplan-Meier que foram expostas a diferentes temperaturas, Araras/SP (2017/2018).



Fonte: Acervo pessoal

Tabela 1. Dados comparativos da TL₅₀ de operárias de *Melipona quadrifasciata* expostas a diferentes temperaturas em condições laboratoriais, Araras/SP (2017/2018).

Grupo (temperaturas)	Horas	Dias	Erro Padrão	IC de 95%
26°C	830.46 a	35	59.315	946.72-714.21
30°C	706 a	29	58.741	821.13-590.87
45°C	24 b	1	0.000	24.00-24.00
52°C	5 c	0.2	0.000	5.00-5.00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não difere entre si. Holm -Sidak. (I.C._{95%}) intervalo de confiança 95%.

Fonte: Autor

Os resultados mostram ainda que houve diferença significativa entre cada um dos tratamentos testados quando comparados entre si, sendo que o único grupo comparativo que não apresentou diferença entre si foi 26 e 30°C. Sendo assim, temos que as temperaturas de 45 e 52°C são as temperaturas que mais diminuem o tempo de longevidade de abelhas, pois, a longevidade média caiu 830,46 horas quando expostas a 26°C, para 24 horas quando exposta a 45°C e apenas 5 horas quando exposta a 52°C. Logo, a longevidade (Figura 6) de abelhas expostas a diferentes temperaturas foi afetada de forma significativa entre as curvas de sobrevivência ($P = <0,001$) e o tempos de exposição total obtidos referentes a taxa de mortalidade de 100% foram de: 1464 horas para 26°C, 1344 para 30°C, 24 horas para 45°C e de 5 horas para 52°C.

As temperaturas de 45 e 52°C foram as com maior redução no no tempo de longevidade de abelhas, pois, a TL₅₀ caiu 830,46 horas quando expostas a 26°C, para 24 horas quando exposta a 45°C e apenas 5 horas quando exposta a 52°C. Logo, a longevidade (Figura 6) de abelhas expostas a diferentes temperaturas foi afetada de forma significativa entre as curvas de sobrevivência ($P = <0,001$).

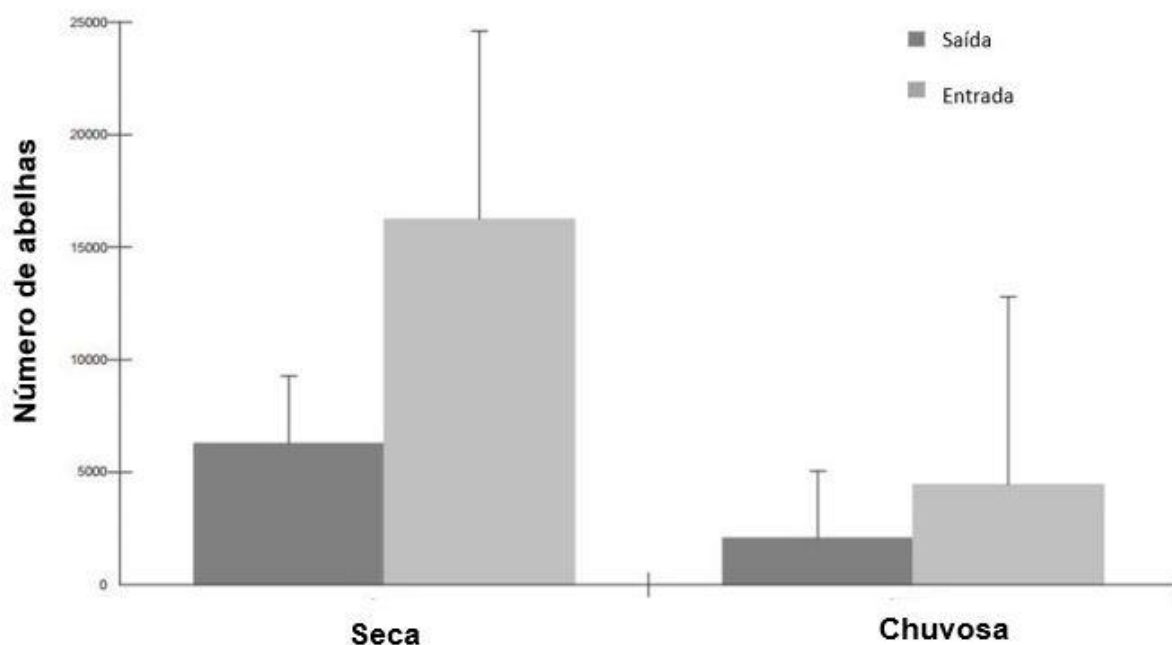
4.2 Atividade de forrageamento de *M. quadrifasciata*.

Para todas as avaliações da atividade de forrageamento incluiu-se as duas colônias F1 e F2 de *M. quadrifasciata* como blocos, com o objetivo de descontar os possíveis efeitos das diferenças genéticas entre elas, uma vez que ocorreu diferenças significativas entre os fatores observados entre as colônias F1 e F2 ($P=0,0001$).

4.2.1 Atividade de forrageamento com relação a estação seca e chuvosa.

O número total de abelhas contabilizadas nas atividades de forrageamento foram de 34.000 para as duas colônias (F1 e F2) de *M. quadrifasciata*. Na estação seca registraram-se 6.287 saídas e 16.251 entradas de abelhas, e na estação chuvosa registraram-se 2.069 saídas e 4.448 entradas de abelhas. Houve diferença entre as estações seca ($F = 87.053$, $p < 2e-16$, $p < 0,001$) e a chuvosa ($F = 9.204$, $p = 0.000115$, $p < 0,001$) no número de entradas e saídas para o forrageamento das abelhas observadas (Figura 7). Nas duas estações as abelhas começaram o forrageamento por volta das 8 horas, contudo na estação seca as atividades de forrageamento foram mais frequentes do que na estação chuvosa. ($P = 0,001$).

Figura 7. Comparação entre o número total de entradas e de saídas de abelhas de *M. quadrifasciata* independente da atividade exercida inseridas em uma área de Floresta Estacional Semidecidual das 8:00 e 18:00 horas ao longo dos meses de abril a dezembro de 2018 nos períodos seco e chuvoso da região.



Fonte: Autor

Com relação à influência das estações (Tabela 2) no material coletado (pólen, néctar, outros materiais) e no descarte de lixo, observou-se que na estação seca as abelhas tiveram um melhor desempenho com relação da estação chuvosa para todas as atividades, já que todos os valores diferiram entre si ($p < 0,001$).

Tabela 2. As médias dos materiais coletados, descartados, movimentos de entrada e saída pelas forrageiras de *M. quadrifasciata* em comparação com as estações secas e chuvosas das 8:00 e 18:00 horas, entre abril a dezembro do ano de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP

Atividade de forrageamento	Estação		Teste
	Seca	Chuvosa	
Pólen	20,40	12,65	p = 0,001
Néctar	22,97	11,45	p = 0,001
Outros materiais	4,56	2,51	p = 0,001
Lixo	2,60	1,38	p = 0,001
Entrada	47,79	26,70	p = 0,001
Saída	18,49	14,32	p = 0,001

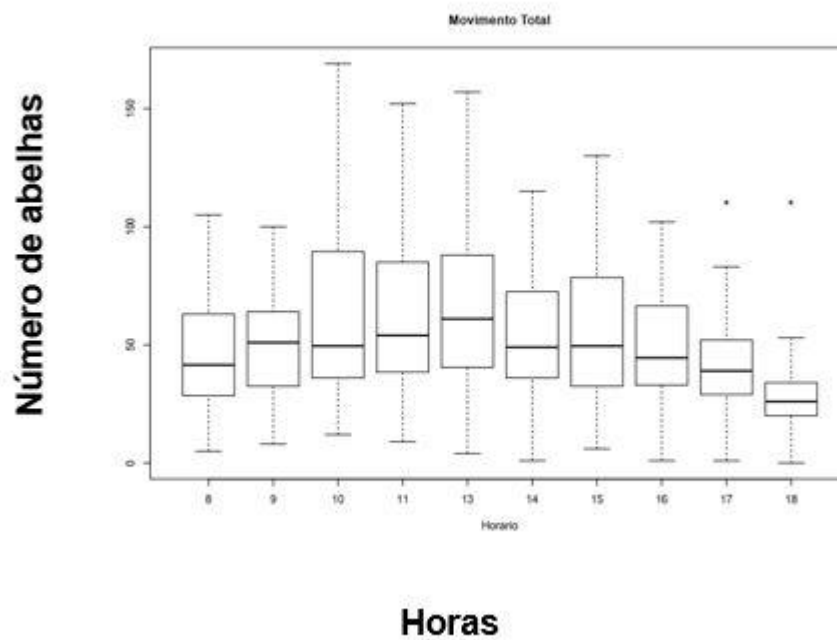
Fonte: Autor

4.2.2 Padrão de forrageamento por horário para cada um dos parâmetros avaliados (entrada, saída, pólen, néctar, outros materiais e lixo) ao longo dos nove meses de observação.

Com relação ao padrão de forrageamento geral (Figura 8) das operárias de *M. quadrifasciata* observamos que ocorreu uma intensa atividade entre 8 às 16 horas e que após esse período o forrageamento diminuiu gradativamente entre 17 e 18h ao longo dos nove meses de observação, estabelecendo a faixa de horário de maior intensidade de forrageamento

Em relação às atividades desempenhadas pelas forrageiras (saída, entrada, coleta de pólen, néctar, outros materiais e lixo) os picos de forrageamento em cada atividade foram diferentes: picos de entrada e saída (Figura 9) de abelhas forrageadoras ocorreram das 9 às 15 horas e das 10 às 16 horas respectivamente; Analisando os horários preferenciais para coleta de material individualmente os picos de coleta (Figura 10) tivemos para pólen ocorreram das 9h às 13h; para o de néctar das 10h às 16h, para outros materiais um primeiro pico foi observado das 8h às 9h e um segundo às 14h e para o descarte de lixo um foi observado às 10h e outro 16 horas.

Figura 8 - Padrão de forrageamento geral das colônias com média do número máximo de *M. quadrifasciata* entre 8:00 e 18:00 horas, entre abril e dezembro do ano de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP.



Fonte: Autor

Figura 9 - Padrão de forrageamento com média do número máximo de operárias em colônias de *M. quadrifasciata* que entram e saem da colônia entre 8:00 e 18:00 horas, nos meses de abril a dezembro do ano de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP. entrada (A) e saída (B).

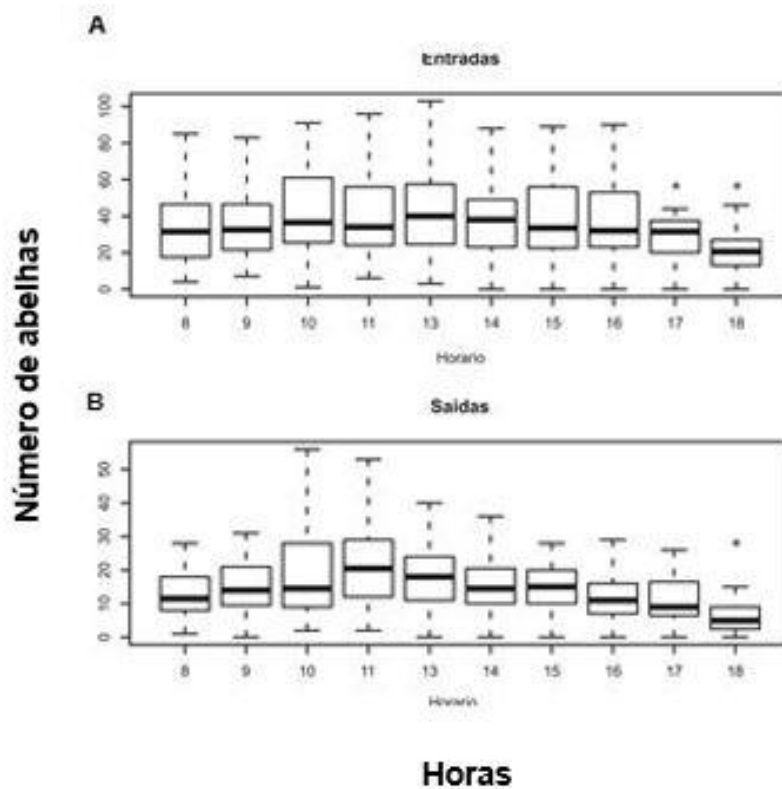
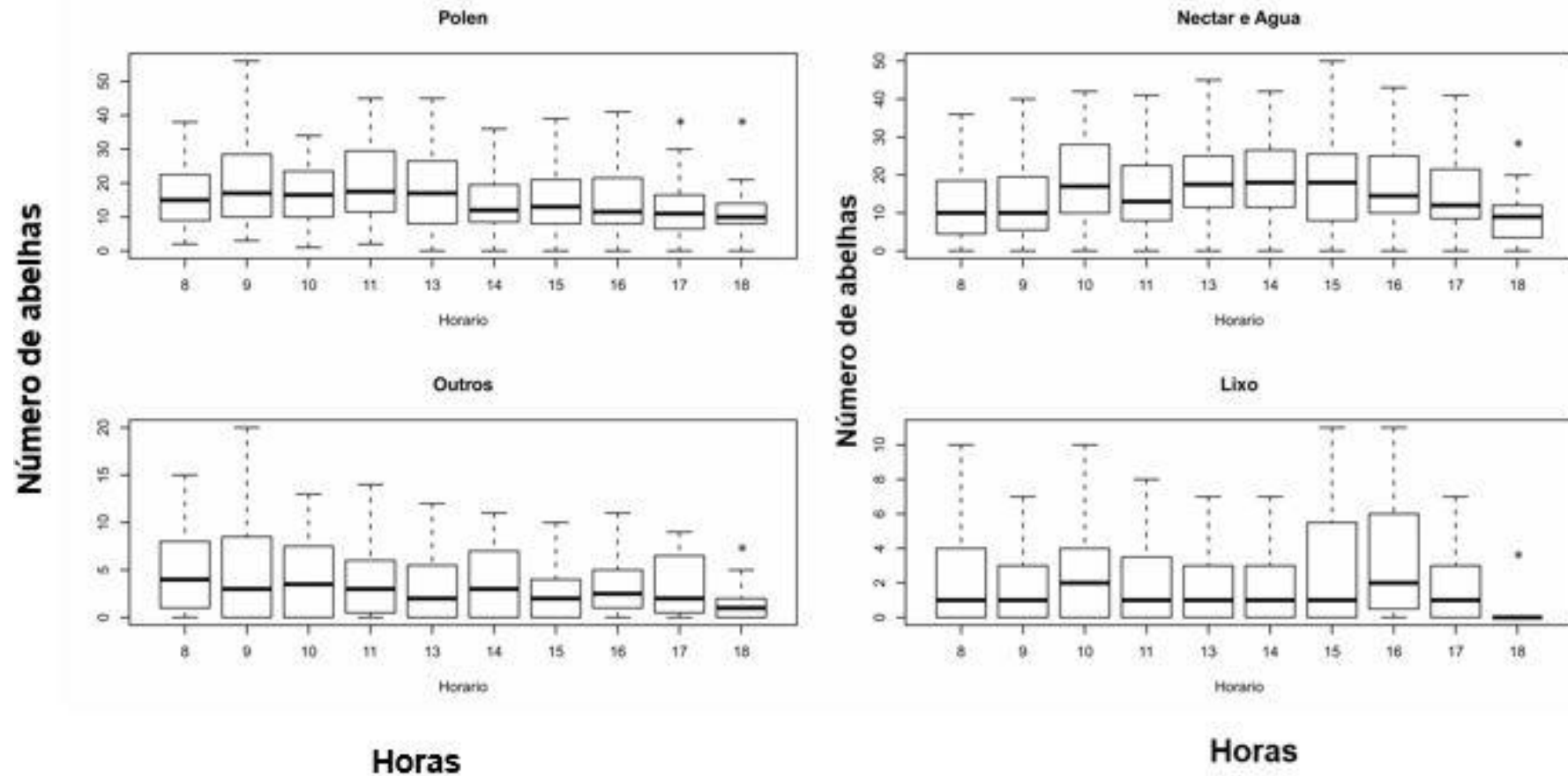


Figura 10 – Padrão de forrageamento por horário para cada tipo de material coletado ao longo dos meses de abril a dezembro de 2018 com média do número máximo de abelhas forrageiras de *M. quadrifasciata* em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras, SP.



Fonte: Autor

Análise das atividades desempenhadas em função de temperatura interna (Figura 11 Tabela 3) temos que somente há diferença entre as médias de néctar com saída e outros materiais, todos os outros parâmetros não diferenciam entre si (entrada, pólen, lixo). Também não ocorreu (Figura 11; Tabela 3) diferenças estatisticamente significativas entre entrada, saída, pólen, néctar, outros materiais. Para as temperaturas internas (dentro das colônias F1 e F2) correu diferenças estáticas entre néctar e saída.

Tabela 3- Forrageamento com relação as temperaturas médias (°C) internas (colônia F1 e F2) e externas durante os meses de abril a dezembro de 2018 em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras.

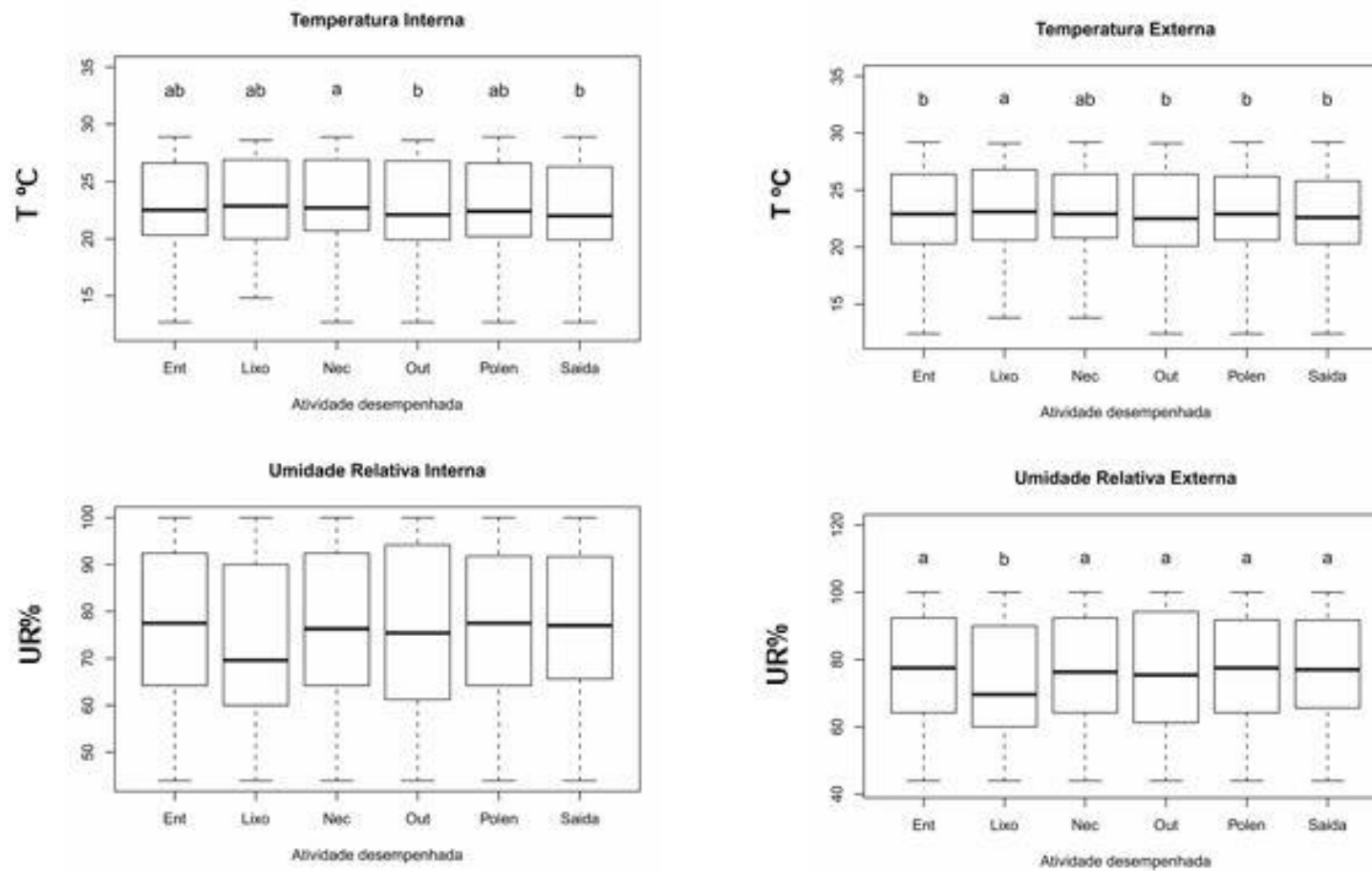
Atividade temperatura interna	Média*	Atividade temperatura externa	Média*
entrada	23,05 ab	entrada	22,97 b
saída	22,84 b	saída	22,91 b
pólen	23,02 ab	pólen	22,94 b
néctar	23,25 a	néctar	23,19 ab
outros materiais	22,77 b	outros materiais	22,75 b
lixo	23,21 ab	lixo	23,68 a

*Medias que não compartilha uma letra são significativamente diferentes ($p < 0,001$), para os agrupamentos utilizou-se Tukey e Intervalo de Confiança de 95%.

Fonte: Autor.

Para a UR% observou-se que que as atividades de forrageamento (Figura 11) ocorreram entre 60 e 90 % para as atividades externa e dentro das colônias a UR% ficou entre 60 e 80 %. A UR% influenciou apenas a retirada de lixo, ao passo que todas as outras atividade de forrageamento não apresentavam diferenças alguma ($p = 0,073$).

Figura 11- Forrageamento de *Melipona quadrifasciata* relacionada com o tipo de material coletado e as médias de UR% do ar internas e externas e as médias de temperaturas internas e externas não compartilha uma letra são significativamente diferentes ($p < 0,001$), em ambiente de Floresta Estacional Semidecidual no campus de UFSCar – Araras.



Fonte: Autor

Observou-se também que conforme a umidade relativa e a temperatura do ambiente reduzem o número de saídas de abelhas forrageira de *M. quadrifasciata* também diminuem. Contudo, por meio de análises entre os parâmetros analisados ($R^2 = 0.012$, $p=0.09987$) não foi possível verificar se há uma correlação direta entre parâmetros ambientais aqui validados e o tipo de forrageamento feito pelas operárias de *M. quadrifasciata*.

5 DISCUSSÕES

5.1 Determinação da Temperatura Letal Média (TL₅₀) para a espécie *M. quadrifasciata* submetida à diferentes temperaturas

A temperatura exerce forte influência no comportamento de animais ectotérmicos, fazendo com que estes exerçam parcialmente suas atividades ou morram em razão dos danos causados à sua fisiologia e morfologia (BOZINOVIC et al., 2011). Diante disso, justifica-se uma menor longevidade as abelhas *M. quadrifasciata* em função da elevação da temperatura e do tempo de exposição testados experimentalmente.

Para a espécie *M. quadrifasciata*, a exposição constante a temperatura de 45°C por um período de exposição de 24 horas foi considerado uma condição letal, já que causou a mortalidade de 100% dos indivíduos foi alcançada em apenas 24 horas. Em estudo feito com *Melipona subnitida* exposta à temperatura de 40°C por um período de 24 horas a taxa de mortalidade foi 16,7% do total de indivíduos (FERREIRA, 2014b) sugerindo, desta forma, que tanto a temperatura quanto o período de exposição são fatores determinantes para a sobrevivência e diferentes entre as espécies de abelhas do gênero *Melipona*.

Para a determinação da faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento de um inseto, no caso das abelhas, deve-se considerar seu rápido desenvolvimento e a alta taxa de reprodução que, segundo Rodrigues (2004), geralmente fica em torno de 25°C, dentro da faixa ótima de desenvolvimento que é de 15 a 38°C .

Logo, temperaturas acima dos 38°C podem prejudicar e alterar processos morfofisiológicos e metabólicos de diversos insetos (LI et al., 2011), por meio, da desnaturação de proteínas, da interferência nas quantidades líquidas corporais que leva a perda brusca de água (SCHIMIDT-NIELSEN, 2002; YODER et al. 2009) e de alterações no desenvolvimento das larvas acelerando ou retardando este processo e impactando diretamente na dinâmica populacional de diversas espécies de insetos (CHOWN; NICHOLSON, 2004). Chown e Terblanche (2007) estudaram que a exposição a longo prazo à altas temperaturas ocasionam estresse, alterações comportamentais, de aprendizagem como a perda de orientação devido a falhas no funcionamento dos neurônios, levando assim a morte do indivíduo.

No presente estudo temos que a tolerância de temperaturas consideradas críticas à sobrevivência de *M. quadrifasciata* não devem atingir 45°C porém, é importante destacar que

a espécie *M. quadrifasciata* possui ampla distribuição geográfica, indo do Rio Grande do Sul até alguns estados do nordeste (VIANA et al., 2014) e, dessa forma, está exposta à diferentes condições ambientais. Portanto, conhecer os aspectos abióticos dos locais que as abelhas de *M. quadrifasciata* estão expostas é importante para a sua sobrevivência, já que diferentes tipos de ambientes geram diferentes respostas na dinâmica da população, tanto em aspectos morfológicos e fisiológicos quanto em aspectos comportamentais (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Ainda, a tolerância a determinadas temperaturas pode variar entre diferentes espécies devido aos diferentes tipos de habitat nos quais elas estão inseridas (GRODZICKI; CAPUTA, 2005).

Nas regiões dos trópicos, por exemplo, o desmatamento entre os anos de 2000 e 2001 ocasionou uma perda média anual de 0,19 milhões de km² de florestas através de queimadas e resultou numa maior emissão e, conseqüentemente concentração de CO₂ na atmosfera, contribuindo para o aumento das temperaturas locais (HANSEN et al., 2013). Dados indicam que o aquecimento global em ambientes de temperaturas naturalmente elevadas, como é o caso da Caatinga, são extremamente danosos porque em determinados momentos do dia as temperaturas nessas regiões expostas a radiação solar pode alcançar 44°C (FERREIRA, 2014b) e atingir os limites térmicos letais de espécies ali presentes.

Em regiões do estado de São Paulo, com cobertura de F.E.S, a temperatura ambiente não ultrapassa as médias de 32 a 35°C (ROCHA, 2014), ficando dentro da faixa ótima de temperatura para a população de *M. quadrifasciata* que é adaptada a este tipo ambiente.

Ainda, em estudos realizados com abelhas da América Central e do México demonstraram diferentes faixas de tolerância térmica para diferentes ambientes: *Melipona colimana* (Ayala), cujo habitat são as regiões montanhosas, apresentou uma faixa de tolerância térmica de 18,6 à 23,12°C, *Melipona beecheii* (Bennett,1831) e *Scaptotrigona hellwegeri* (Friese, 1900), cujo habitat são as florestas tropicais, apresentaram uma faixa média de tolerância térmica de 28°C (MACÍAS-MACÍAS, 2011). Sendo assim, constatou-se que o local no qual essas espécies estavam influenciava suas temperaturas ótimas.

Desta forma, os resultados da temperatura letal (TL₅₀) de *M. quadrifasciata* permitiram inferir que a faixa de tolerância térmica para a espécie em regiões de F.E.S é entre 26 e 30°C, temperaturas estas consideradas ótimas por não apresentarem danos aos limites fisiológicos desta espécie avaliadas por Li et al., (2011).

Levando-se em consideração as temperaturas trabalhadas, que foram de 26 a 52°C, bem como seu habitat é possível concluir que as abelhas não estão vivendo próximas do seu

limite térmico. No entanto, qualquer distúrbio nas condições locais como o aumento da temperatura pode afetar a dinâmica da população de abelhas de *M. quadrifasciata*.

5.2 Influência da temperatura e a umidade relativa local (T° /UR) nas atividades de forrageamento de *M. quadrifasciata*

Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram que o padrão de forrageamento durante as estações secas e chuvosas foram diferentes. Na estação seca, as taxas de coleta de materiais e limpeza da colônia foram mais altas. No entanto, os resultados são diferente dos encontrados por Maia-Silva et al. (2015) e Hilário et al. (2000) que também trabalharam com o gênero *Melipona* em região de Caatinga e FES respectivamente e verificaram que as atividades de forrageamento eram mais intensas nas estações chuvosas.

Tal diferença pode ser explicada pela capacidade das operárias de *M. quadrifasciata* reagirem às mudanças de local e ao ambiente externo e conseguirem ajustar seu comportamento às condições ambientais sem necessariamente realizarem a enxameação para outros locais, mesmo em condições consideradas desfavoráveis, como é o caso da estação seca (NOGUEIRA-NETO, 1997). Logo, o que irá determinar as estratégias de forrageamento das abelhas será em um determinado ambiente será a disponibilidade de recursos florais e o habito generalista da espécie (FREITAS; SOUSA; BOMFIM, 2007).

Em um estudo realizado por Fowler (1979) com a espécie *Tetragonisca angustula* (Latreille,1811) em F.E.S foi possível observar que, por um período de sete meses, a intensidade do forrageamento não teve alteração mesmo esse período atravessando diferentes estações, pois fatores como umidade relativa e temperatura possibilitaram uma floração sazonal alta das espécies de plantas visitadas pela *T. angustula*.

5.3 Padrão de forrageamento de coleta de materiais por horário

Com relação ao padrão geral de coleta, o pico de forrageamento observado foi das 8 às 16 horas com redução das atividades no final da tarde (17 às 18 horas). Tais dados são semelhantes aos encontrados por Nunes-Silva (2007) e Hilário et al. (2000), no qual operárias de *M. quadrifasciata* apresentam picos de forrageamento entre 10 e 13 horas e depois às 15 horas, quando as temperaturas estavam entre 22 e 29°C. Tais temperatura estão dentro do que

é considerado ótimo para as atividades de forrageamento de abelhas sem ferrão, que é de 20 à 30°C (KLEINERT et al., 2009).

Portanto, diferentes espécies podem possuir diferentes picos de forrageamento, como é o caso da *Melipona (Eomelipona) asilvai* (Moure, 1971) que possui picos de atividade entre 13 e 14h (SOUZA; CARVALHO; ALVES, 2006) e da subespécie *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* (Lepeletier, 1836) que possui pico de forrageamento entre 7 e 11 horas (GUIBU; IMPERATRIZ-FONSECA, 1984), já que a fisiologia das espécies, a localidade, as condições do clima e a disponibilidade e qualidade dos recursos florais também podem afetar tais padrões (ROUBIK, 1989).

Dentre os materiais coletados pelas operárias de *M. quadrifasciata*, o néctar foi o principal, sobretudo em momentos que houve aumento da temperatura ambiental. Estes resultados corroboram com os obtidos no estudo de Rodrigues (2012) com *M. mandacaia* em que o néctar também foi o principal recurso coletado sob temperaturas entre 17,6 e 28°C. Ainda, tal recurso pode ter sido o mais coletado dado a sua importância energética para a colônia, servindo de alimento tanto para os indivíduos imaturos quanto para os adultos (BIESMEIJER et al., 1999). Outra hipótese levantada por Do Santos et al. (2014) trabalhando com *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) referente à taxa de coleta de néctar é de que, semelhante à *Apis mellifera* (Linnaeus 1758), o néctar pode fornecer açúcar e mel para as abelhas, ambos utilizados como fonte de energia para a termorregulação de sua temperatura corpórea.

Ainda, as operárias de *M. quadrifasciata* coletaram em ordem decrescente pólen e outros materiais para a manutenção da colônia. A coleta de pólen ocorreu ao longo do dia, nas primeiras horas da manhã e no final da tarde entre 15 e 16 horas. Tais picos de coleta de pólen também foram relatados por Rodrigues (2012) ao estudar a atividade de voo de *Melipona (Melipona) mandacaia* (Smith 1863), por Pierrot e Schlindwein (2003) em estudos com *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811) e por Hilário et al. (2000) em estudos com *Melipona (Eomelipona) bicolor bicolor* (Lepeletier, 1836). O pólen é um recurso importante para as abelhas visto que é fonte de proteínas e lipídios para as larvas, abelhas operárias, rainhas e zangões e também é essencial para produção de geleia real com a qual são nutrida as larvas para o desenvolvimento de rainhas (NOGUEIRA-NETO, 1997).

A coleta de outros materiais como resina e barro por *M. quadrifasciata* teve dois grandes picos de coleta um no período da manhã das 8h às 9h e um no período da tarde, após às 13 horas. Tais faixas de coleta de resina e barro foram também encontradas no estudo de Brujin De e Sommeijer (1997), em experimentos com *Melipona (Melikerria) beecheii*

(Bennett,1831) e em experimentos com *M. mandacaia* (ALVES et al., 2011) em que dois picos de forrageamento foram registrados, um no período da manhã e um período da tarde.

Já a limpeza da colônia teve dois grandes picos, um às 10 horas e outro às 16 horas. Esse resultado também foi encontrado por Hilário et al., (2000) em experimentos com *M. bicolor bicolor*. A retirada de lixo da colônia provavelmente está mais relacionada às condições da colônia do que às condições do ambiente externo.

Os resultados relacionados a temperatura e a umidade relativa, ambos fatores ambientais, influenciaram as atividades de voo de operárias de *M. quadrifasciata* que preferencialmente saiam da colônia em momentos em que a temperatura e a umidade relativa contribuía para uma maior disponibilidade de recursos florais no ambiente. Tal fato também foi constatado por Pollato et al. (2014), uma vez que as atividades de *M. quadrifasciata* ocorreram nas faixas de 14 e 28°C e a (UR%) entre 60 à 90%. Kämpylä (1974) e Guibu e Imperatriz- Fonseca (1984) argumentaram que outro fator que influencia as atividades de voo das abelhas é seu tamanho, já que seus estudos demonstram que abelhas de grande porte podem realizar seu voo tanto em altas temperatura quanto em baixas temperaturas, por terem um melhor mecanismo de absorção de calor quando comparado com abelhas de pequeno porte.

Os registros de temperatura e umidade internas na colônias se mantiveram entre 20 e 26°C e 70 e 90% de UR ao longo do estudo. No caso podemos inferir que há controle de temperatura dentro de ninhos de *Melipona quadrifasciata*, resultado também observado por Loli (2008) estudando a mesma espécie. Sendo assim, conclui-se que conhecer os fatores abióticos do ambiente bem como a flora predominante são fatores importantes e necessários já que podem influenciar no sucesso e na saúde da colônia bem como na conservação de espécies.

6 CONCLUSÃO

- A exposição constante às altas temperaturas superiores a 30°C reduz a longevidade de operárias de *M. quadrifasciata* diminuindo seu tempo de vida.
- No período seco as abelhas de *M. quadrifasciata* realizaram maior número de coleta de materiais e maior taxa de limpeza da colônia.
- As atividades desempenhadas pelas abelhas ocorreram entre 8 e 16, porém com uma concentração maior de abelhas na primeira faixa de horário que é de 8 à 13 horas por conta provavelmente da maior disponibilidade de recursos fornecidos pelas flores.
- A maior frequência de atividades desempenhadas pelas abelhas em ordem decrescente são néctar, pólen, outros materiais e lixo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.
- ABREU, C. O. De. **Atividades de voo de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Apidae, Meliponinae) e sua preferência floral no Parque das Neblinas, Mogi das Cruzes, SP. Dissertação de Mestrado** (Entomologia) - Instituto de Biociências, Ribeirão Preto – SP, Universidade de São Paulo, 83 p., 2011.
- AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. S. Capítulo 6: Recursos florais. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014, p. 129-150.
- AIDAR, D. S. **A Mandaçaia**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC – Editora, 2010, 161 p.
- AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. **Current Biology**, v. 19, n. 11, p. 915–918, jun. 2009.
- ALVES, D. A. Estratégias reprodutivas em *Melipona*, com ênfase em pequenas populações de *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponini). 1572–1575 f. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 119 p., 2008.
- ARMBRUSTER, W. S, MCCORMICK, K. D. Diel foraging patterns of male euglossine bees: ecological causes and evolutionary response by plants. **Biotropica**, v. 22, p.160–171, 1990.
- BATALHA FILHO, H. **Distribuição geográfica, filogeografia e história evolutiva da abelha sem ferrão**. Dissertação de Mestrado- 67 p. Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- BAWA, K. S. Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 21, n. 1, p. 399–422, nov. 1990.
- BIESMEIJER, J.C. & SLAA, E.J. Information flow and organization of stingless bee foraging. **Apidologie**, v.35, p.143-157, 2004.
- BIESMEIJER; J. C.; ERMERS, M. C. W. Social foraging in stingless bees: how colonies of *Melipona fasciata* choose among nectar sources. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 46, p. 129-140, 1999.
- BOZINOVIC, F. et al. The Mean and Variance of Environmental Temperature Interact to Determine Physiological Tolerance and Fitness. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 84, n. 6, p. 543–552, nov. 2011.
- BPBES/REBIPP (2019): Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Marina Wolowski; Kayna Agostini; André Rodrigo Rech; Isabela Galarda Varassin; Márcia Maués; Leandro Freitas; Liedson Tavares Carneiro; Raquel de Oliveira Bueno; Hélder Consolaro; Luisa Carvalheiro; Antônio Mauro Saraiva; Cláudia Inês da Silva. Maíra C. G. Padgurschi (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 184.

BRUJIN DE, L.L.M. & SOMMEIJER, M.J. Colony foraging in different species of stingless bees (Apidae, Meliponinae) and the regulation of individual nectar foraging. **Insectes sociaux**, v.44, p.35-47, 1997.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae): a mini review. **Apidologie**, v.23, p.509-522,1992.

CEPEA- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA
Relatório PIB Agro – Bra, 2017. Disponível em: <
https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_1_sem_2017_.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2018.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DEGROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M. The value of the world's service and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260. 1997.

CHOWN, S. L.; NICOLSON, S. W. **Insect Physiological Ecology. Mechanisms and Patterns**. Oxford: Oxford University Press, 2004, 243p

CHOWN, S. L.; TERBLANCHE, J. S. Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts. **Adv. Insect. Physiol**, v. 33, p. 50-152, 2007.

CULLEY, T. M.; WELLER, S. G.; SAKAI, A. K. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 17, p. 361-369, 2002.

DAILY, G. C. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997. 412 p

DEUTSCH, C. A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 18, p. 6668–72, 6 maio 2008.

DOS SANTOS, C. F. et al. Diapause in Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 369–377, 29 dez. 2014.

ENGELS, W.; P. ROSENKRANZ ; E. ENGELS. Thermoregulation in the nest of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona postica* and a hypothesis on the evolution of temperature homeostasis in highly eusocial bees. **Studies on Neotropical Fauna and Environment. Tübingen**, v. 30, n. 4, p. 193-205, 1995.

ESCH, H. Thermoregulation in Bees Bees regulate their body temperature by means of behavior , morphology to meet and physiology , which helps them individual and social needs. **American Scientist**, v. 82, n. 2, p. 164–170, 1994.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -
Protección a los polinizadores. 2005. Disponível em <
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0512sp1.htm>> Acesso em: 21 fev. 2018.

FERREIRA, A. J. D. Polímeros de hidrogéis com água de reuso e de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual. **Dissertação de Mestrado** Universidade Federal de São Carlos, 49 p., 2014a

FERREIRA, N. DA S. Temperatura colonial e tolerância térmica de melipona subnitida, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), da caatinga. **Disseratação de Mestrado**, 56 p. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014b.

FOWLER, H. G. Responses by a stingless bee to a subtropical environment. **Rev. Biol. Trop.** v. 27, p. 111- 118, 1979.

FREE, J.B. & Y. SPENCER-BOOTH. Chill coma and cold-death temperatures of *Apis mellifera*. **Entomological Experimental and Applied**, Chicago, v. 3, p. 222-230, 1960.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil**. Edusp: São Paulo, p. 103-118, 2012.

FREITAS, B. M.; SOUSA, R. M.; BOMFIM, I. G. A. Absconding and migratory behaviors of feral Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in NE Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 381–385, 2007.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. 10. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920 p.

GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209–223, 2015.

GUIBU, L.S. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Atividade externa de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Ciência e Cultura** v.36, n.7, p.623, 1984.

GRODZICKI, P.; CAPUTA, M. Social versus individual behaviour: a comparative approach to thermal behaviour of the honeybee (*Apis mellifera* L.) and the American cockroach (*Periplaneta americana* L.). **Journal of Insect Physiology**, v. 51, n. 3, p. 315–322, mar. 2005.

HANSEN, M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 15 nov. 2013.

HEINRICH, B. Keeping a cool head: honeybee thermoregulation. **Science**, v. 729, p.1269–1271, 1979.

HEINRICH, B. Strategies and Mechanisms of Thermoregulation, In: **The Hot-Blooded Insects** Harvard: Harvard University Press, p. 227-276, 1993.

HELMUTH, B. et al. Organismal climatology: analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. **J. Exp. Biol**, v. 213, p. 995-1003, 2010.

HILÁRIO; IMPERATRIZ-FONSECA; KLEINERT. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). **Revista brasileira de biologia**, v. 60, n. 2, p. 299–306, maio 2000.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. DE F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Can climate shape flight activity patterns of *Plebeia remota* (Hymenoptera, Apidae)? **Iheringia. Série Zoologia**, v. 102, n. 3, p. 269–276, set. 2012.

HRNCIR, M.; JARAU, S., ZUCCHI, R.; BARTH, F. G. Recruitment behavior in stingless bees, *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata*. II. Possible mechanisms of communication. *Apidologie*, v. 31, p. 93-113, 2000.

IPBES (2016) INTERGOVERNAMENTAL SCIENCE – POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES – IPBES. **The methodological assessment Report on scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services**, UN Campus Platz der Vereinten Nationen, Bonn-Germany, p.257-281.

IMPERATRIZ – FONSECA, V. L.; NUNES – SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropical*, v. 10, n. 4, p. 59 –62, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil**. Edusp, 2012, 488 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KLEINERT, A.M.P. As abelhas e as iniciativas internacionais de polinizadores. *Revista de tecnologia e ambiente*, v. 10, n.2, p. 45– 58, 2004

JONES, J. C.; OLDROYD, B.P. Nest Thermoregulation in Social Insects. *Advances in insect Physiology*, v. 33, p. 153-191, 2007.

JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. *Apidologie*, v. 48, n. 2, p. 131–140, 2017.

KAPYL, M .Diurnal flight activity in a mixed population of Aculeata (Hymenoptera). *Ann. Entomol. Fenn*, v. 40, p. 61-69, 1974.

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

KÖPPEN, W. Climatologia. Con um estudo de los climas de la Tierra. Mexico: Fondo de cultura econômica, 1948. 478p.

LI, H. B. et al. Thermal tolerance of *Frankliniella occidentalis*: Effects of temperature, exposure time, and gender. *Journal of Thermal Biology*, v. 36, n. 7, p. 437–442, out. 2011.

LIMÃO, A. A. D. C. A INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO NÉCTAR COLETADO POR *Melipona subnitida* (APIDAE, MELIPONINI) NA CAATINGA. **Dissertação de Mestrado**. 60 p. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2015.

LOLI, D. Termorregulação colonial e energética individual em abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Tese de Doutorado**, 229 p. Universidade de São Paulo, 2008.

LOPES, M. T. do R.; SILVA, J. O.; PEREIRA, F. M.; ARAÚJO, R. de S.; CAMARGO, R. C. R. de; VIEIRA-NETO, J. M.; RIBEIRO, V. Q. Atividade de Vôo de Abelhas Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke, 191 0) Instaladas em dois Modelos de Colmeia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Meio-Norte, 20 p., 2007.

MAIA-SILVA, C. et al. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, v. 46, n. 5, p. 631–643, 2015.

MACÍAS-MACÍAS, J. O. et al. Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of Mexico and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 42, n. 6, p. 679–689, 3 nov. 2011.

MACIEIRA, O. J. D.; PRONI, E. A. Capacidade de resistência a altas e baixas temperaturas em operárias de *Scaptotrigona postica* (Latreille) (Hymenoptera, Apidae) durante os períodos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, p. 893–896, dez. 2004.

MARDAN, M.; KEVAN, P. G. Critical temperatures for survival of brood and adult workers of the giant honeybee *Apis dorsata* (Hymenoptera: Apidae). **Apidologie**, Avignon, v.33(3), p.295-301, 2002.

MARENGO, J. A.; BELLS, R. Como modelamos o clima. Riscos das mudanças climáticas no Brasil: São José dos Campos: **Inpe**, 2011. p. 32-38, 2007.

MICHENER, C. D. An Interesting Method of Pollen Collecting by Bees from Flowers with Tubular Anthers. **Revista Biologia Tropical**, v.10, n.2, p. 167-175, 1962.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World. Baltimore - The social behaviour of the bees. A comparative study.** Cambridge: Belknap Press, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2000, 913 p.

MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Curitiba: **Sociedade Brasileira de Entomologia**, 2012.

MOYES, C.P; SCHULTE, P.M. **Princípios da Fisiologia Animal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. Editora Parma Ltda v. 34, p. 445.

NUNES-SILVA, P. A organização e a ritmicidade no forrageamento e na enxameação de Plebeia remota (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Dissertação de Mestrado**. 101 p. Universidade de São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, P.E., MARARUYAMA, P.K. (2014) Sistemas reprodutivos. *In*: Rech AR, Agostini A, Oliveira PE & Machado IC (2014) *Biologia da Polinização*. Projeto Cultural, Rio de Janeiro. Pp. 71-92.

OLLERTON, J. et al. Overplaying the role of honey bees as pollinators: a comment on Aebi and Neumann (2011). **Trends in ecology & evolution**, v. 27, n. 3, p. 141–2; author reply 142–3, mar. 2012.

PEREBOOM, J. J. M.; BIESMEIJER, J. C. Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. **Oecologia**, v.137, p.42–50,2003.

PERUQUETTI, R.C.; TEIXEIRA, L. V.; COELHO, F. M. Introdução ao estudo sobre polinização. Grupo de estudos sobre abelhas. 2017. Disponível em: Acesso em: 15 de out. 2018.

PIERROT, L. M.; SCHLINDWEIN, C. Variation in daily flight activity and foraging patterns in colonies of urucu - *Melipona scutellaris* Latreille (Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 565–571, 2003.

POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. V. Influence of Abiotic Factors and Floral Resource Availability on Daily Foraging Activity of Bees. **Journal of Insect Behavior**, v. 27, n. 5, p. 593–612, 2014.

PRECHT, H.. **Temperature and life**. 1. Ed. New York: Springer Verlag, 1973.

PRONI, E.A. ; M.J.A. HEBLING. Tolerance to temperature variation in workers of *Tetragonisca angustula fiebrigi* Schwars, 1938 and *Tetragonisca angustula angustula* Latreille, 1807 (Hymenoptera: Apidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 1, p. 85-90, 1994.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.

ROCHA, E. X. DA. **Composição de espécies de lianas e sua resposta ao corte em um fragmento de floresta estacional semidecidual , Araras , SP**. Dissertação de mestrado Universidade Federal de São Carlos, 2014.

RODRIGUES, F.; ASPECTOS. **Aspectos do voo de *Melipona mandacaia* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) na região do Vale do Submédio São Francisco**. [s.l.] Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2012.

RODRIGUES, W. C. Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1–4, 2004.

ROUBIK, D. W.; PERALTA, F. J. A. THERMODYNAMICS IN NESTS OF TWO MELIPONA SPECIES IN BRASIL. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 2, p. 453–466, 1983.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge, Cambridge University Press , 1989, p.514.

ROUBIK, D. **The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners**. [S.l: s.n.], 2018.

SILVA, I. C. da et al. **Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Co-Editor, 51 p.

SILVEIRA, F. A. *Abelhas brasileiras : sistemática e identificação*. 1º ed. Belo Horizonte: PROBIO- MMA. PNUD, 2002. v. s/n, 253 p.

SOUZA, B. A; CARVALHO, C. A L.; ALVES, R. M. O. Flight activity of *Melipona asilvai* Moure (Hymenoptera: Apidae). **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, v. 66, n. 2B, p. 731–7, 2006.

SUNDAY, J.M; BATES, A.E.; DULVY, N. Thermal tolerance and global redistribution of animals. **Nature**, v.2, p.686- 690, 2012.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal** – Adaptação e Meio Ambiente. 5. Ed. Reimpressão. São Paulo: Santos, 2002. 611p.

SLAA, E. J. et al. A scientific note on the use of stingless bees for commercial pollination in enclosures. **Apidologie**, v. 31, n. 1, p. 141–142, jan. 2000.

TABARELLI, A. A.V.; Ribeiro, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects of biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from agig human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v.143, n. 10, p. 2328 - 2340, 2010.

TERBLANCHE, J. S. et al. Thermal variability alters climatic stress resistance and plastic responses in a globally invasive pest, the Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*). **Ent. Exp. Appl.** v. 137, p.304-315, 2010.

VIANA, B. F. et al. Stingless bees further improve apple pollination and production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 14, n. 25, p. 261–269, 2014.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. A Polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: O caso do maracujá – amarelo (*Passiflora edulis EDULIS F. FLAVICARPA DENEGER*). **Oecologia Australis**, v. 14, n. 01, p. 174–192, mar. 2010.

YODER, J. A. et al. High temperature effects on water loss and survival examining the hardiness of female adults of the spider beetles, *Mezium affine* and *Gibbium aequinoctiale*. **Journal of Insect Science**, v. 9, n. 68, 2009.