

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

**Atividade de forrageamento das abelhas sem ferrão *Tetragonisca angustula*  
e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**

**Samanta Letícia Lopes Nanzer**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
parte dos requisitos para obtenção do título de:  
Bacharela em Ciências Biológicas

**Piracicaba, SP**

**2017**



**Samanta Letícia Lopes Nanzer**

**Atividade de forrageamento das abelhas sem ferrão *Tetragonisca angustula*  
e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO**

Coorientadora: Dra. **DENISE DE ARAUJO ALVES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
parte dos requisitos para obtenção do título de:  
Bacharela em Ciências Biológicas

**Piracicaba**

**2017**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter iluminado o meu caminho durante toda a graduação, e principalmente durante a elaboração desse trabalho.

Sou grata à oportunidade de estudar na Universidade de São Paulo, especialmente no *campus* de Piracicaba. Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha graduação, que auxiliaram no meu desenvolvimento, possibilitando a realização desse trabalho. Agradeço principalmente ao Departamento de Entomologia e Acarologia, que foi o local onde mais estagiei durante a minha graduação, resultando em um maior conhecimento e carinho pelos insetos, em especial as abelhas, além do uso do espaço e equipamentos necessários para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço também a todas as pessoas pertencentes ao Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos e ao Laboratório de Insetos Úteis. Em especial sou grata ao meu orientador Prof. Dr. José Maurício S. Bento e à minha coorientadora Dra. Denise A. Alves, por aceitarem me acompanhar no desenvolvimento dessa monografia, tendo paciência, e me ajudando a descobrir cada vez mais sobre esses fascinantes insetos. E aos meus colegas de laboratório: Roberto Gaioski Jr, Marcela Barbosa e Carina Silva.

À minha família, principalmente aos meus pais, Maria Leonor L. Nanzer e Marco Antonio Nanzer, meus irmãos, Gabriel Leandro L. Nanzer e Pedro Henrique L. Nanzer, e ao meu namorado, Lucas P. Cavion, que acreditaram no desenvolvimento dessa pesquisa e me apoiam nos momentos de dificuldade.

Agradeço a todos os meus colegas de classe, que ingressaram no curso de Ciências Biológicas 2013 na ESALQ, vocês foram incríveis, me ensinaram o sentido de uma sala unida, e me ajudaram a passar por muitos obstáculos pelo caminho. Em especial, agradeço à Bianca Corrêa, Camila Paiva e Eliane Christina Motta, que me animaram durante esse processo, dividimos nossos problemas e angústias.



*“É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser conhecer as borboletas”*

Antoine de Saint-Exupéry



## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMO.....</b>                                     | <b>9</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                  | <b>10</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                              | <b>11</b> |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                      | <b>14</b> |
| 2.1. Local e Espécies de estudo .....                  | 14        |
| 2.2. Parâmetros avaliados .....                        | 15        |
| 2.3. Análises estatísticas.....                        | 16        |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                              | <b>17</b> |
| 3.1. Atividade de forrageamento .....                  | 17        |
| 3.2. Temperatura e Umidade Relativa.....               | 20        |
| 3.3 Distâncias intertegulares e Cargas polínicas.....  | 20        |
| <b>4. DISCUSSÃO.....</b>                               | <b>22</b> |
| 4.1. Atividade de forrageamento.....                   | 22        |
| 4.2. Distâncias intertegulares e Cargas polínicas..... | 24        |
| 4.3. Disponibilidade de recursos.....                  | 25        |
| 4.4. Capacidade de Carga.....                          | 25        |
| <b>6. REFERÊNCIAS.....</b>                             | <b>27</b> |



## RESUMO

### **Atividade de forrageamento das abelhas sem ferrão *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**

As abelhas sem ferrão formam colônias perenes e compostas por centenas a milhares de operárias, que necessitam de abastecimento nutricional constante para seu crescimento e manutenção. Uma das atividades ligadas ao crescimento colonial é o forrageamento, extremamente importante para a sobrevivências dessas colônias, especialmente em épocas de escassez de alimento no ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar e contrastar a atividade de forrageamento de duas espécies de abelhas sem ferrão, *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata*, muito comuns no Estado de São Paulo. Detectamos diferenças no comportamento de forrageamento, decorrentes principalmente dos diferentes tamanhos corporais dessas espécies, que resultaram em maior ou menor dependência da temperatura ambiente. As diferentes temperaturas no inverno e verão resultaram em horários de início e pico de forrageamento divergentes. No inverno, maior número de abelhas forragearam, contudo suas cargas polínicas foram significativamente menores àquelas coletadas no verão. Estudos como esse são importantes, para que se conheça mais o comportamento e os recursos essenciais para o desenvolvimento dessas abelhas, visando prover estratégias para sua conservação e criação.

**Palavras-chave:** Forrageiras; Sazonalidade; Pólen; Meliponini.

## ABSTRACT

### **Foraging activities of stingless bees *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**

The stingless bees form perennial colonies and are composed by hundreds to thousands of workers, which required constant nutritional supply for their growth and maintenance. One of the activities associated with colonial growth is foraging that is extremely important for survival of these colonies, especially in periods of food scarcity in the environment. The aim of this work was to evaluate and contrast the foraging activity of two stingless bee species, *Tetragonisca angustula* and *Melipona quadrifasciata*, very common in the State of São Paulo. We detected differences in foraging behavior, mainly due to the different body sizes of these species, which result in a greater or lesser dependence on the ambient temperature. Different temperatures in Winter and Summer resulted in divergent start and peak times of foraging. In Winter, higher number of bees foraged, but their pollen loads were significantly lighter than those collected during Summer. Studies such as this are important, in order to know better their behavior and essential food resources for the development of these bees, thereby seeking strategies for their conservation and breeding.

**Keywords:** Foraging; Seasonality; Pollen; Meliponini

## 1. INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico imprescindível para a manutenção da biodiversidade em áreas naturais e da produção de alimentos (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012), afetando direta e indiretamente a sobrevivência humana (COSTANZA et al., 1997). Das milhares de espécies de plantas com flores catalogadas, cerca de 90% dependem de animais para realizarem a transferência de grãos de pólen até o estigma, para assim ocorrer a fertilização dos óvulos e a consequente formação de frutos e sementes (OLLERTON et. al., 2011). As abelhas se destacam nessa função e são os principais agentes polinizadores bióticos (POTTS et al., 2016), pois possuem estruturas morfológicas especializadas que as permitem polinizar uma amplitude de flores (MICHENNER, 1974). Porém não apenas as plantas se beneficiam dessa longa relação, que se originou há cerca de 120 milhões de anos (CARDINAL & DANFORTH, 2013). As abelhas, por possuírem hábitos herbívoros, dependem quase que exclusivamente dos recursos providos pelas flores para a nutrição da prole e adultos: o pólen é a fonte de proteínas e o néctar a fonte de açúcares (MICHENNER, 1974).

Atualmente, são conhecidas cerca de 20.200 espécies no mundo e no Brasil há mais de 1.800 espécies (ASCHER & PICKERING, 2017). Com toda essa diversidade, que reflete em diferentes características morfológicas, preferências florais, modos de vida e comportamentos, ainda há carências de informações acerca dos aspectos de biologia básica que servem de subsídios para a implementação de estratégias de conservação e de criação desses importantes insetos.

No Brasil, o grupo das abelhas sem ferrão (Meliponini) se destaca, com 50% das 500 espécies descritas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo (PEDRO, 2014; ASCHER & PICKERING, 2017). As abelhas sem ferrão são insetos com organização altamente eussocial, formam colônias compostas por uma rainha-mãe, responsável pela postura de ovos, por machos e por centenas a milhares de operárias, que desempenham diferentes funções (MICHENNER, 1974). As operárias são responsáveis pelas tarefas de manutenção e crescimento da colônia, e a divisão de trabalho ocorre de acordo com a idade, conhecido como polietismo etário (MICHENNER, 1974). Assim, quando uma operária está nos últimos dias de vida, ela inicia as atividades de forrageamento, que consistem na busca por recursos tróficos e não-tróficos no ambiente. Antes dessa fase ela realizou outras atividades, como cuidar da cria, limpar o ninho e manipular o alimento estocado nos potes (SAKAGAMI, 1982).

A importância da atividade de forrageamento está intimamente ligada com a saúde da colônia, pois essa depende de uma nutrição adequada quantitativa e qualitativamente. As larvas necessitam do pólen, que é a fonte proteica, para seu desenvolvimento. E quando esse recurso está escasso no ambiente, menor será a quantidade de cria e, consequentemente, menor será o número de adultos, comprometendo a sobrevivência da colônia (BRODSCHNEIDER & CRAILSHEIM, 2010). Portanto, a decisão de coleta de recursos alimentares é extremamente importante e complexa, já que informações sobre a necessidade nutricional da colônia e a disponibilidade de desses recursos no ambiente devem ser integradas (BIESMEIJER et al., 1998). Porém, as informações acerca da disponibilidade de recursos são apenas obtidas pelas forrageiras caso as condições climáticas (temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e a velocidade do vento) sejam favoráveis ao seu voo (KLEINERT et al., 2009).

A temperatura é um fator bastante importante para a atividade das forrageiras, pois como seus corpos são relativamente pequenos, a alta relação superfície/volume faz com que dependam bastante da temperatura ambiente (MICHENER, 1974). As espécies de abelhas com tamanhos corporais bem diminutos, como é o caso da *Tetragonisca angustula*, reduzem a atividade de forrageamento quando a temperatura ambiente está abaixo de 20°C (KLEINERT et al., 2009), pois ocorre a diminuição do funcionamento do seu metabolismo, dificultando a atividade de voo (MICHENER, 1974). Já as espécies de abelhas com corpos maiores, como a *Melipona quadrifasciata*, iniciam a atividade de forrageamento a partir de 11°C (KLEINERT et al., 2009), e em temperaturas muito elevadas, diminuem a atividade externa e passam a resfriar o ninho, a fim de manter uma temperatura adequada para o desenvolvimento da cria (MICHENER, 1974).

Apesar de existir algumas diferenças morfológicas e biológicas entre as espécies de abelhas sem ferrão, estas forrageiam em faixas semelhantes de temperatura e umidade relativa. Porém, o pico dessa atividade tende a ser diferente, possibilitando a partilha dos recursos florais, aumentando as chances de coexistência de diferentes espécies em determinada área (KLEINERT et al., 2009).

Interessante salientar que a quantidade de pólen coletado nas flores também é modulada pelas condições climáticas. Após dias com temperaturas muito baixas e/ou com chuvas intensas, as forrageiras retornam aos seus ninhos com maiores cargas polínicas, quando comparadas às cargas polínicas coletadas em períodos com temperaturas mais elevadas e pouca/ausência de chuvas (RAMALHO et al., 1998). Além das condições climáticas, a quantidade de pólen nas cargas pode estar relacionada com o tamanho da forrageira (RAMALHO et al., 1994),

capacidade máxima de voo (ARAUJO et al. 2004), saúde da colônia (RAMALHO et al., 1998) e com a disponibilidade de recursos no ambiente (ALEIXO et al., 2017).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi comparar a atividade de forrageamento de espécies de abelhas sem ferrão com tamanhos corporais distintos: *T. angustula* com operárias pequenas e *M. quadrifasciata* com operárias grandes. Mais especificamente, avaliar o número de forrageiras para a coleta de pólen e o tamanho das operárias e das suas cargas polínicas durante o inverno e verão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local e Espécies de estudo

Em julho de 2016 e fevereiro de 2017, períodos de inverno e verão respectivamente, o experimento ocorreu no Meliponário do Laboratório de Insetos Úteis, localizado no Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (Piracicaba, Estado de São Paulo; 47°38'00"S 22°42'30"O) (Fig.1). Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Cwa*, subtropical úmido com inverno seco e verão quente.



**Fig. 1.** Meliponário do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior Luiz de Queiroz, onde os experimentos foram realizados com as colônias de *T. angustula* e *M. quadrifasciata*.

Dos ninhos de *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata* mantidos no meliponário, selecionamos três para cada espécie. Esses estavam alojados em caixas racionais, confeccionadas em madeira, com abertura que permitia o livre acesso das abelhas, tanto para forragearem, quanto para jogarem o lixo dos seus ninhos. A primeira espécie tem uma ampla distribuição geográfica, desde o Sul do Brasil até Chiapas no México (CAMARGO & PEDRO, 2013) com colônias compostas por 5.000 operárias (GROSSO & BEGO, 2002) e pequeno porte corporal (4,5mm de comprimento; NOGUEIRA-NETO, 1997). Já a distribuição de *M.*

*quadrifasciata* é mais restrita, abrangendo Brasil, com exceção da região Norte, Argentina e Paraguai (CAMARGO & PEDRO, 2013). As colônias são formadas por 350 operárias (TÓTH et al., 2004) consideradas de grande porte (9mm de comprimento; SCWHARZ, 1948).

## 2.2. Parâmetros avaliados

### a. Atividade de forrageamento

No meio de cada uma das duas estações e por dez dias consecutivos, contamos o número de forrageiras que retornavam aos seus respectivos ninhos, entre 7:00 e 17:00h. As contagens foram realizadas por 5min/h/ninho/espécie e registramos todas as forrageiras com ou sem carga polínica em suas corbículas durante esse período.

### b. Variáveis Climáticas

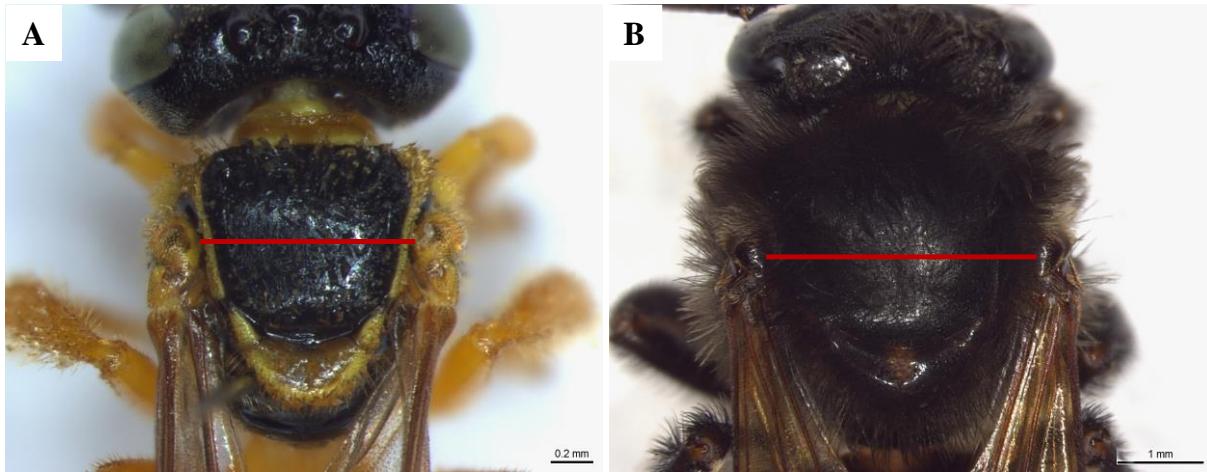
A cada hora, antes de começarmos as contagens, a temperatura e umidade relativa foram registradas por termohigrômetro mantido em local sombreado nas dependências do laboratório,

### c. Cargas Polínicas

Para avaliarmos o tamanho das cargas polínicas, a cada cinco dias, coletamos forrageiras que retornavam aos seus ninhos, totalizando sete coletas em um intervalo de 30 dias. Para as coletas, fechávamos as entradas dos ninhos e usávamos um aspirador entomológico, até que dez forrageiras de *T. angustula* e cinco de *M. quadrifasciata* fossem capturadas. Essas forrageiras foram armazenadas a -22°C por 5 minutos, e posteriormente, retirarmos suas cargas polínicas. As abelhas e as cargas polínicas foram armazenadas separadamente em tubos para centrífuga de 0,2ml (individualizados de acordo com o ninho de origem, a espécie e o dia de coleta) por um mês. Para avaliarmos a massa das cargas polínicas, estas permaneceram por 1h a 100°C e foram pesadas em balança analítica de precisão (0,0001g).

### d. Tamanho das Forrageiras

Como a distância intertegular é a melhor preditora do tamanho das abelhas sem ferrão (ARAUJO et al., 2004), realizamos essa medição com auxílio do programa LAS 4.5 (*Leica Application Suite*), a partir de imagens tiradas por câmera digital acoplada a estereomicroscópio (Fig. 2).



**Fig. 2.** Imagem do dorso de operárias de *T. angustula* (A) e *M. quadrifasciata* (B) mostrando a distância intertegular (linha vermelha) medida.

### 2.3. Análises Estatísticas

Para as análises, utilizamos o programa Bioestat 5.3. Para verificarmos se os dados apresentavam distribuição normal, utilizamos o teste de Shapiro-Wilk (W). Para comparação de dois grupos de dados, quando os dados apresentaram distribuição normal, usamos o teste t pareado (t), e quando não apresentavam distribuição normal, optamos pelo teste de Mann-Whitney (U). O teste de correlação de Spearman (r) foi utilizado para testar a relação entre a temperatura ambiente e a atividade média horária de forrageamento. Os testes estatísticos foram considerados significativos quando  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Atividade de forrageamento

No total, foram registradas 21.041 forrageiras de *T. angustula* nas duas estações. Embora 59,76% dessas tenham realizado suas atividades externas durante o inverno, o número de forrageiras entre as estações não diferiu estatisticamente (Tabela 1). Além disso, a grande maioria das forrageiras, 85,77%, que retornaram aos seus ninhos não carregavam cargas polínicas.

Em relação à coleta de pólen no inverno, as operárias de *T. angustula* forragearam das 9:00 até às 17:00h. O pico da atividade ocorreu às 13:00h, com média de  $95,6 \pm 33,6$  forrageiras retornando para os ninhos (Fig. 3A). No verão as forrageiras já estavam no campo, desde o primeiro horário de observação, tendo um pico às 8:00h ( $84,6 \pm 40$  forrageiras), diminuindo principalmente às 11:00h, e gradativamente nas horas seguintes (Fig. 3B).

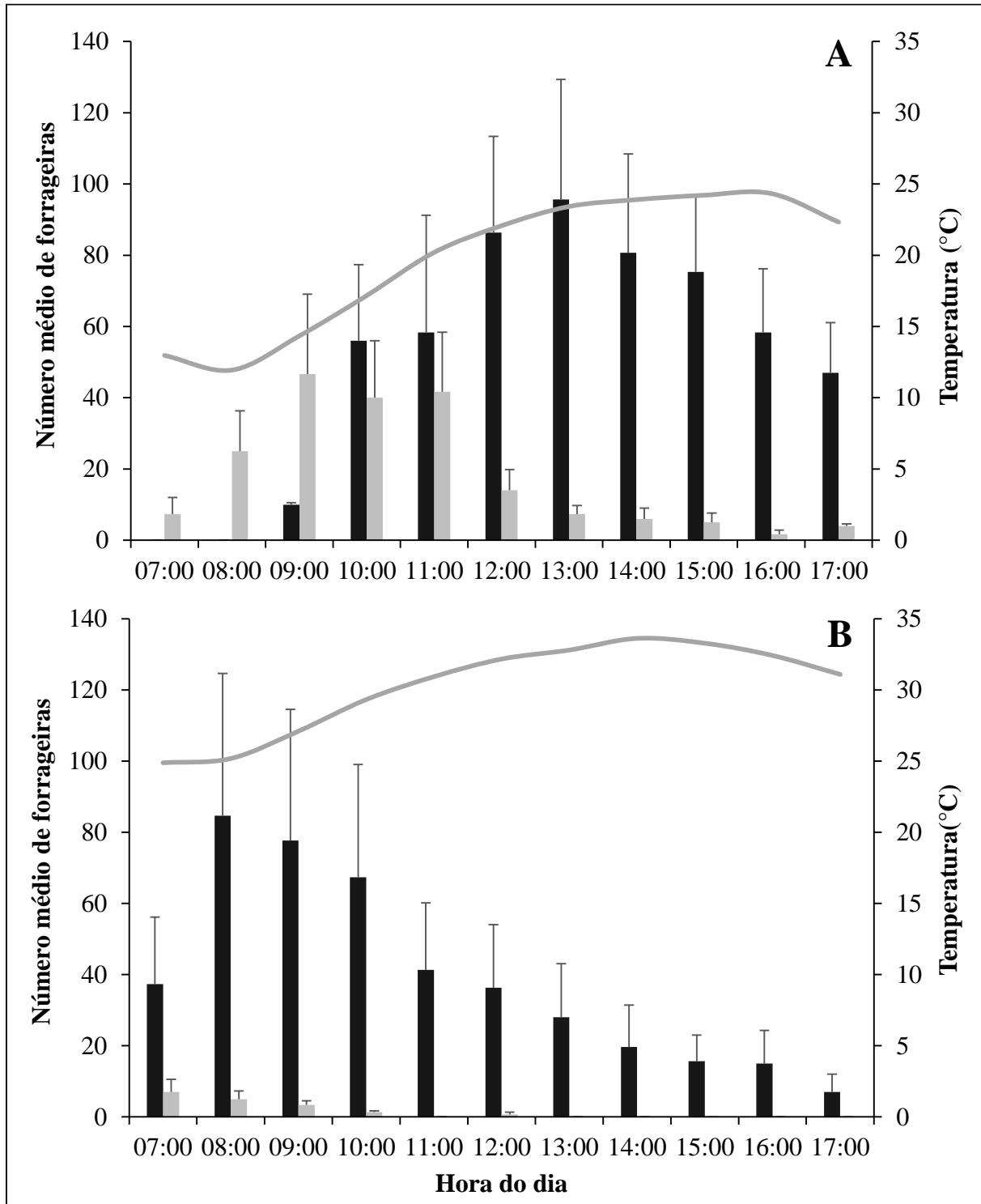
O período de forrageamento e picos de atividades das operárias de *T. angustula*, voltando ao ninho com ou sem carga polínica, foram parecidos durante o inverno, se diferenciando principalmente no número de abelhas (Fig. 3A e 4A). Enquanto no verão, as operárias já haviam iniciado a coleta de diferentes recursos às 7:00h, e o pico de atividade das forrageiras voltando ao ninho com pólen foi às 8:00h (Fig. 3B) e sem pólen às 13:00h (Fig. 4B).

Para os três ninhos de *M. quadrifasciata*, 2.858 forrageiras foram contabilizadas, sendo que a grande maioria, 84,07%, foi registrada durante o inverno. Independente se as operárias carregavam cargas polínicas ou não, a atividade de forrageamento diferiu significativamente entre verão e inverno (Tabela 1). Das 2.858 forrageiras, apenas 22,68% carregavam cargas polínicas.

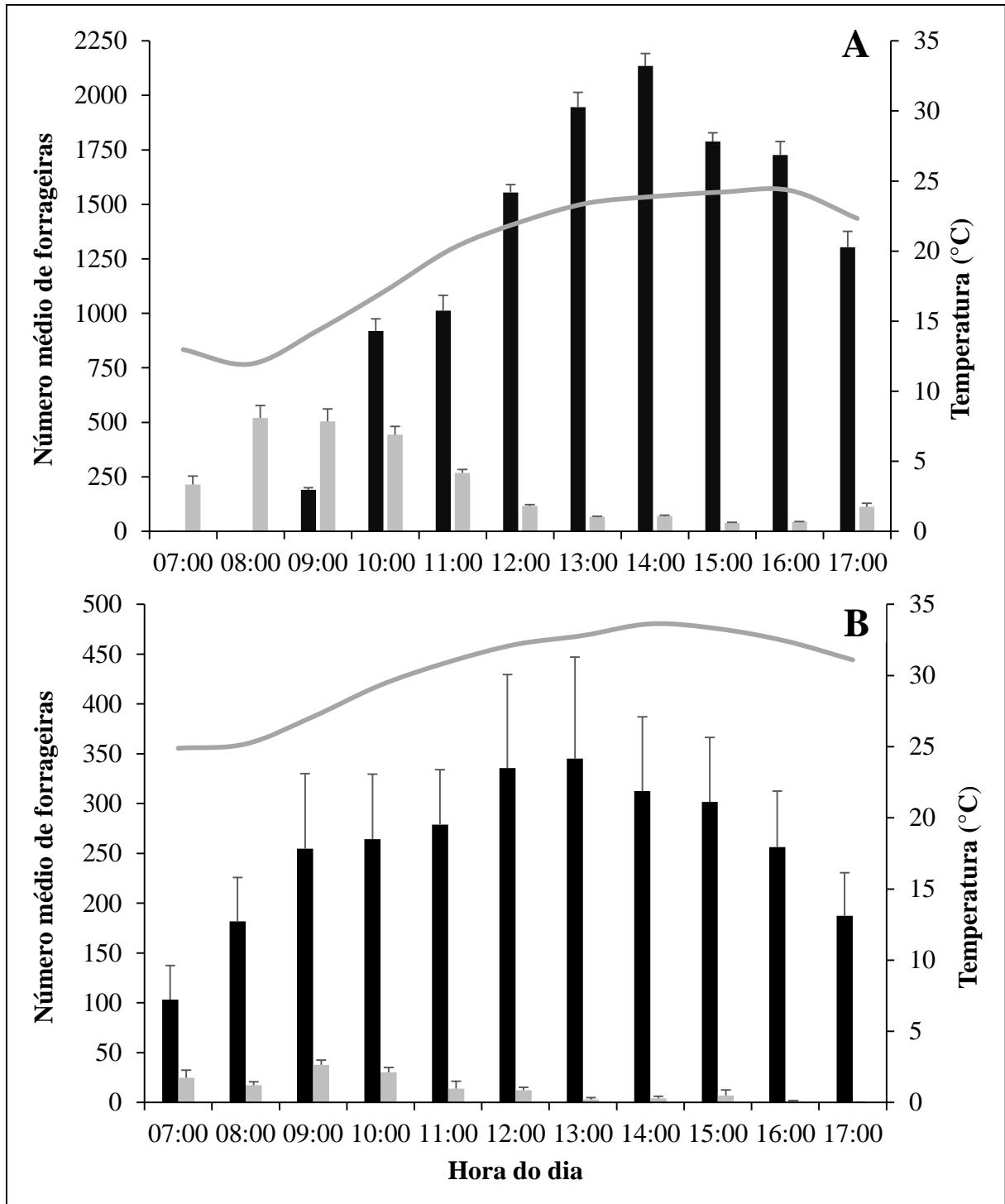
Em ambas as estações, as forrageiras de *M. quadrifasciata* já estavam no campo às 7:00h. No inverno, a coleta de pólen teve um pico às 9:00h, com  $46,6 \pm 22,4$  forrageiras, que se manteve em torno desse valor até às 11:00h, reduzindo gradativamente nos próximos horários até às 17:00h (Fig. 3A). Já no verão, essa atividade foi bem reduzida em relação ao inverno, tendo o pico de atividade às 7:00h (Fig. 3B), com  $7 \pm 3,6$  forrageiras. Após às 13h, a atividade de forrageamento cessou.

Assim como ocorreu com a *T. angustula* durante o inverno, o período e pico de atividade de forrageamento de *M. quadrifasciata* foram similares (Fig. 4A), apenas diferenciando na

quantidade de operárias. Enquanto no verão, o período de atividade externa foi mais longo para as forrageiras que retornaram aos seus ninhos sem cargas polínicas, com um pico de atividade às 9:00h (Fig. 4B).



**Fig. 3.** Relação entre o número médio ( $\pm$  erro-padrão) de forrageiras de *T. angustula* (barras pretas) e *M. quadrifasciata* (barras cinzas), que retornaram às suas respectivas colônias com cargas polínicas, e a temperatura, de acordo com as horas do dia no inverno (A) e verão (B).



**Fig. 4.** Relação entre o número médio ( $\pm$  erro-padrão) de forrageiras de *T. angustula* (barras pretas) e *M. quadrifasciata* (barras cinzas), que retornaram às suas respectivas colônias sem cargas polínicas, e a temperatura, de acordo com as horas do dia no inverno (A) e verão (B).

**Tabela 1.** Valores do teste de Mann-Whitney (U) referentes às comparações do número médio ( $\pm$  erro-padrão) de forrageiras de *Tetragonisca angustula* (Ta) e *Melipona quadrifasciata* (Mq), retornando aos seus respectivos ninhos com e sem carga polínica no inverno e verão.

| Espécie<br>(Estação)                   | Total | Por dia                |      |         | Por hora               |      |        |
|--|-------|------------------------|------|---------|------------------------|------|--------|
|  |       | Média ( $\pm$ E.P)     | U    | p       | Média ( $\pm$ E.P)     | U    | p      |
| <i>Forrageiras com carga polínica:</i> |       |                        |      |         |                        |      |        |
| Ta <sub>(inverno)</sub>                | 1703  | 170,3 ( $\pm$ 6,30)    | 47,0 | 0,410   | 154,8 ( $\pm$ 30,99)   | 47,0 | 0,187  |
| Ta <sub>(verão)</sub>                  | 1290  | 129,0 ( $\pm$ 10,04)   |      |         | 117,2 ( $\pm$ 23,99)   |      |        |
| Mq <sub>(inverno)</sub>                | 596   | 59,6 ( $\pm$ 14,30)    |      |         | 54,1 ( $\pm$ 15,49)    |      |        |
| Mq <sub>(verão)</sub>                  | 52    | 5,2 ( $\pm$ 1,0)       | 0,0  | <0,0001 | 4,7 ( $\pm$ 2,21)      | 9,0  | 0,0004 |
| <i>Forrageiras sem carga polínica:</i> |       |                        |      |         |                        |      |        |
| Ta <sub>(inverno)</sub>                | 10872 | 1087,2 ( $\pm$ 351,21) | 49,0 | 0,4699  | 988,36 ( $\pm$ 208,00) | 41,0 | 0,1002 |
| Ta <sub>(verão)</sub>                  | 7176  | 717,6 ( $\pm$ 58,10)   |      |         | 652,3 ( $\pm$ 75,10)   |      |        |
| Mq <sub>(inverno)</sub>                | 1807  | 180,7 ( $\pm$ 18,77)   |      |         | 164,2 ( $\pm$ 44,69)   |      |        |
| Mq <sub>(verão)</sub>                  | 403   | 40,3 ( $\pm$ 7,96)     | 0,0  | <0,0001 | 36,6 ( $\pm$ 10,11)    | 18,5 | 0,0029 |

### 3.2. Temperatura e Umidade Relativa

As operárias de *T. angustula* iniciaram suas atividades de coleta de pólen com temperatura ambiental de  $14,34^{\circ}\text{C} \pm 3,45$ , enquanto as de *M. quadrifasciata* já voltavam aos seus ninhos em temperaturas mais baixas,  $12,97^{\circ}\text{C} \pm 2,43$ . Em relação à umidade relativa do ar, a atividade de forrageamento ocorreu entre 46 e 73% durante o inverno, e de 40 a 77% no verão. Conforme a umidade relativa do ar diminuía, o número de forrageiras também diminuiu, não houve correlação significativa entre esses dois parâmetros.

A atividade de coleta de pólen por *M. quadrifasciata* se correlacionou negativa e significativamente com a temperatura tanto no verão ( $r = -0,8476$ ;  $p = 0,0010$ ) quanto no inverno ( $r = -0,7380$ ;  $p = 0,0095$ ). Já para *T. angustula*, essa relação foi significativa positiva no inverno ( $r = 0,7169$ ;  $p = 0,0130$ ), e no verão, a correlação foi negativa ( $r = -0,7091$ ;  $p = 0,0145$ ).

Para a atividade de forrageamento por outros recursos, que não os polínicos, em *M. quadrifasciata* houve uma correlação negativa e significativa com a temperatura ambiente tanto no inverno ( $r = -0,9455$ ;  $p < 0,0001$ ) como no verão ( $r = -0,6818$ ;  $p = 0,0208$ ). O contrário ocorreu com *T. angustula*, já que a correlação entre essas duas variáveis foi positiva no verão ( $r = 0,8727$ ;  $p = 0,0005$ ) e no inverno ( $r = 0,9066$ ;  $p = 0,0001$ ).

### 3.3. Distâncias intertegulares e Cargas polínicas

Houve diferença significativa no tamanho das forrageiras que coletaram pólen no inverno e no verão, tanto para *T. angustula* quanto para *M. quadrifasciata* (Tabela 2). Quanto às cargas polínicas, estas também diferiram quanto ao seu peso entre as duas estações, sendo que essa diferença foi significativa para *M. quadrifasciata* e marginalmente significativa para a *T. angustula* (Tabela 3). Os resultados mostram que tanto o tamanho das forrageiras quanto o das cargas polínicas foram menores no inverno.

**Tabela 2.** Valores do teste t pareado (t) referentes às comparações das média das distâncias intertegulares (mm) das forrageiras de *Tetragonisca angustula* (Ta) e *Melipona quadrifasciata* (Mq), retornando aos seus respectivos ninhos com carga polínica no inverno e verão.

| Espécie<br>(Estação)    | Distância intertegular (mm) |         |        |
|-------------------------|-----------------------------|---------|--------|
|                         | Média ( $\pm$ E.P)          | t       | p      |
| Ta <sub>(inverno)</sub> | 0,902 ( $\pm$ 0,005)        | -3,7848 | 0,0013 |
| Ta <sub>(verão)</sub>   | 0,935 ( $\pm$ 0,006)        |         |        |
| Mq <sub>(inverno)</sub> | 3,098 ( $\pm$ 0,023)        | -4,0309 | 0,0008 |
| Mq <sub>(verão)</sub>   | 3,209 ( $\pm$ 0,013)        |         |        |

**Tabela 3.** Valores do teste t pareado (t) referentes às comparações das média dos pesos das cargas polínicas (g) das forrageiras de *Tetragonisca angustula* (Ta) e *Melipona quadrifasciata* (Mq), no inverno e verão.

| Espécie<br>(Estação)    | Carga polínica (g) |                        |         |        |
|-------------------------|--------------------|------------------------|---------|--------|
|                         | Total              | Média ( $\pm$ E.P)     | t       | p      |
| Ta <sub>(inverno)</sub> | 0,0764             | 0,0109 ( $\pm$ 0,0010) | -1,7346 | 0,0542 |
| Ta <sub>(verão)</sub>   | 0,0955             | 0,0136 ( $\pm$ 0,0012) |         |        |
| Mq <sub>(inverno)</sub> | 0,3153             | 0,0450 ( $\pm$ 0,0049) | -2,1827 | 0,0248 |
| Mq <sub>(verão)</sub>   | 0,4536             | 0,0648 ( $\pm$ 0,0076) |         |        |

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Atividade de Forrageamento

Como os resultados mostraram, apenas em *M. quadrifasciata* foi encontrada diferença significativa no número de forrageiras entre as estações. Esse resultado pode ter ocorrido devido ao horário de início de forrageamento dessa espécie, já que ela pode iniciar sua atividade externa às 5:00h (BRUIJN & SOMMEIJER, 1997) e nossas observações começaram às 7:00 h. Além disso, segundo Kleinert et al. (2009), essas abelhas coletam seu alimento, preferencialmente, em temperatura amena (entre 14 e 16°C), mas durante o experimento no verão, a temperatura ambiental era de  $24,89 \pm 1,05^\circ\text{C}$  às 7:00h. No inverno, a temperatura ambiental atingiu os 14°C apenas às 9:00h, horário em que ocorreu o pico de coleta de pólen por essa espécie. Possivelmente a temperatura elevada durante o verão explicaria a baixa atividade de forrageamento de *M. quadrifasciata* nessa estação.

Iniciar a coleta de pólen nos primeiros horários do dia em uma temperatura específica, como acontece com a *M. quadrifasciata*, é considerado adaptativo, pois garante a aquisição de recursos mais facilmente. Isso porque as espécies com maior tamanho corporal e coloração dos pelos mais escuros conseguem começar a atividade de voo mais cedo (BRUIJN & SOMMEIJER, 1997). Essas adaptações morfológicas possibilitam maior capacidade de regulação da temperatura corporal, em que a operária aquece seu tórax antes de sair do ninho e realizar o voo (HILÁRIO, 2005). Elas também explicam a correlação negativa entre a temperatura ambiente média e número médio de forrageiras de *M. quadrifaciata* retornando aos seus respectivos ninhos.

A correlação positiva e significativa entre a temperatura ambiental e o número de forrageiras de *T. angustula* pode ser também devido às suas características morfológicas. Quando as temperaturas aumentam no decorrer do dia, espécies com tamanhos corporais menores iniciam suas atividades de forrageamento e, por serem mais claras, absorvem menor calor, suportando temperaturas mais altas que as espécies com pelagem escura (BRUIJN & SOMMEIJER, 1997).

As abelhas sem ferrão apresentam uma atividade ótima de forrageamento entre 20 e 30°C (KLEINERT et al., 2009). Nos vinte dias em que ocorreu o experimento, a temperatura ambiente não esteve dentro dessa faixa ótima, apenas nos primeiros horários dos dias de inverno, em que a média foi de  $12,97^\circ\text{C} \pm 2,43$ . Em relação à umidade relativa, esta não foi

inferior a 30% e esporadicamente foi superior a 70%, compreendendo a variação desse parâmetro climático para o voo das abelhas sem ferrão (KLEINERT et al., 2009).

Dessa forma, muitas espécies de abelhas sem ferrão apresentam faixas ótimas de temperatura e de umidade relativa semelhantes. Para que ocorra a partição temporal dos recursos tróficos e a ocorrência simpátrica, os períodos de maior atividade de voo tendem a ser distintos para as espécies (KLEINERT et al., 2009). Nesse experimento, observou-se a diferença nos picos de atividade de forrageamento entre as duas espécies estudadas. No inverno, *M. quadrifasciata* teve maior atividade externa das 9:00h às 11:00h, enquanto o pico de atividade de *T. angustula* foi às 13:00h. No verão, a atividade de forrageamento de *M. quadrifasciata* foi muito reduzida, tendo a principal movimentação registrada às 7:00h, e o pico de atividade das forrageiras de *T. angustula* foi às 8:00h. É importante ressaltar que, em ambas as estações, as operárias forragearam e as diferenças principais observadas foram quanto ao horário de início da atividade externa e o número de abelhas alocadas para essa atividade.

Como citado anteriormente, embora a grande maioria das operárias voltaram para as colônias sem cargas polínicas, elas coletam outros tipos de recursos que são necessários em sua dieta e também são utilizados como material de construção de seus ninhos. Operárias que retornaram do campo para seus ninhos sem cargas em suas corbículas poderiam estar carregando néctar ou água em seus papos. No campo, as forrageiras coletam resina obtida em caules de árvores ou arbustos feridos e barro, que são transportados em suas corbículas até os ninhos. A resina possui propriedades antibióticas e fungicidas e, quando misturada à cera produzida por operárias abelhas jovens, é utilizada na construção de favos de cria, do invólucro que recobre os favos e dos potes de alimento. (NOGUEIRA-NETO, 1997). Já a mistura de resina com barro, muito comum em ninhos de *Melipona*, serve para vedar frestas no ninho, protegendo-o contra intrusos e frio (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Em relação aos recursos nutritivos, como mencionado anteriormente, o pólen é extremamente importante para a alimentação da cria, pois é principal fonte proteica. Mas tanto os indivíduos imaturos quanto os adultos necessitam de recursos açucarados como fonte energética, obtida essencialmente do néctar. A água também é essencial na manutenção da homeostase da colônia, já que é usada na regulação da temperatura colonial (HAYDAK, 1970). Portanto, para que a colônia se mantenha saudável, é necessária a alocação de forrageiras na busca de diferentes recursos.

No verão, observamos diferentes picos de atividade de forrageamento das operárias de *T. angustula*, possivelmente devido ao maior período que permanecem no campo em busca de

recursos (IWANA, 1977; BRUIJN & SOMMEIJER, 1997). No verão, além das altas temperaturas, também há maior disponibilidade de recursos tróficos no ambiente (ALEIXO et al., 2017). Como as abelhas sem ferrão formam colônias perenes, elas tendem a coletar mais recursos no período de maior disponibilidade dos mesmos (ALEIXO et al., 2013). Também, além da quantidade espacial de determinado recurso no ambiente, sua disponibilidade temporal é importante. Por exemplo, a concentração de açúcares no néctar é menor no momento de sua produção pelas flores e, conforme as horas passam, essa concentração aumenta, tornando-se mais difícil de ser absorvido pela abelha. Assim, é muito mais lucrativo para a forrageira interromper a coleta de pólen num determinado momento do dia e iniciar a coleta de néctar, quando este possui uma concentração de açúcares adequada às suas demandas (BRUIJN & SOMMEIJER, 1997).

#### **4.2. Distâncias intertegulares e Cargas polínicas**

No inverno, as forrageiras bem como as cargas polínicas foram significativamente menores que àquelas amostradas durante o verão. Provavelmente, o inverno, devido às baixas temperaturas e às poucas chuvas, é a estação do ano com mais restrições ambientais para as abelhas, tornando as colônias mais fracas. Com as baixas temperaturas, o período de atividade de voo se reduz, especialmente para as espécies com pequenos tamanhos corporais (IWANA, 1977; BRUIJN & SOMMEIJER, 1997), e com a diminuição da chuva, a disponibilidade de alimento no ambiente decresce (ALEIXO et al., 2017). Quando há escassez de recursos no ambiente, as colônias reduzem a quantidade de prole produzida, bem como o tamanho corporal dessa prole. Isso porque, menor quantidade de alimento larval é depositada nas células de cria, resultando, consequentemente, em abelhas com pequeno porte corporal (KLEINERT et al., 2009). Essas questões podem explicar a diminuição do tamanho das forrageiras e das cargas polínicas coletadas durante o inverno.

Porém, apesar das operárias serem menores e carregarem cargas polínicas menores no inverno, elas forragearam em maior número nessa estação. Segundo Kleinert et al. (2009), a produção de número maior de abelhas menores pode ser uma estratégia que assegura maior possibilidade de sobrevivência das colônias. Uma hipótese relacionada à produção de maior número de operárias pequenas em épocas desfavoráveis, como o inverno, pode ser uma forma de garantir maior força de tarefa na busca dos recursos, que não estão disponíveis na mesma proporção que no verão (ALEIXO et al., 2013; 2017).

Em *M. quadrifasciata* foi encontrada maior diferença significativa em relação ao tamanho das forrageiras e das cargas entre inverno e verão. Aparentemente parece controverso, pois a *M. quadrifasciata* não depende tanto da temperatura ambiental e possui capacidade de voo muito superior (2.000m) que espécies menores, como a *T. angustula* (máximo de 950m) (ARAUJO et al., 2004). Porém uma hipótese que pode explicar essa “desvantagem” das abelhas maiores em relação às menores é a maior necessidade de recursos para manter suas colônias. Enquanto *T. angustula* coletam grãos de pólen deixadas por outras abelhas nas pétalas das flores, forrageiras de espécies maiores não conseguem (BRUIJN & SOMMEIJER, 1997).

#### **4.3. Disponibilidade de recursos**

Como mencionado anteriormente, esse estudo foi conduzido nas dependências do *campus* universitário. Por ser um local urbanizado, favorece a presença de espécies generalistas (ALEIXO et al., 2013), como é o caso das duas espécies avaliadas (ABREU, 2011; ALMEIDA-ANACLETO, 2017). Enquanto *T. angustula* visita cerca de 370 espécies de plantas em todo o Brasil, a *M. quadrifasciata* coleta recursos de 96 espécies vegetais (A.B.E.L.H.A. 2017). Assim, por explorar um espectro maior de espécies vegetais, *T. angustula* obtém recursos também de flores muito diminutas em tamanho, que espécies com tamanhos corporais maiores não têm acesso.

No mesmo local em que conduzimos o experimento, as cargas polínicas de forrageiras de *Apis mellifera* apresentavam maior riqueza de tipos polínicos no verão do que no inverno (MODRO, 2010). Porém, de acordo com Aleixo et al. (2013), o período de maior coleta de recursos por forrageiras de *Friesomelitta varia* não está associado ao período de maior disponibilidade de recurso. Isso porque, em ambientes urbanizados há muitas espécies vegetais ornamentais que florescem durante a maior parte do ano, não exibindo uma sazonalidade marcada. Dessa forma, como o número de forrageiras de *T. angustula* do inverno não diferiu do de verão, as condições climáticas e a paisagem antropizada podem favorecer sua atividade de forrageamento.

#### **4.4. Capacidade de Carga**

Nesse estudo não foi possível medir a capacidade de carga das forrageiras, ou seja, relacionar seu tamanho corporal com o tamanho da carga polínica. Porém, em abelhas sem ferrão, forrageiras de espécies menores conseguem carregar cargas maiores (em relação ao seu

tamanho corporal), ou seja, são mais eficientes que as espécies maiores (RAMALHO et al., 1994). Nesse aspecto, podemos levantar mais uma hipótese do que possibilitou o sucesso de *T. angustula* no ambiente: apesar de ser diminuta em tamanho, depender da temperatura ambiental e disputar recursos com espécies maiores e mais agressivas (SLAA et al., 2003), suas colônias possuem alta quantidade de forrageiras com maior capacidade de carga. Além disso, forrageiras de colônias fortes de *M. quadrifasciata* são significativamente maiores que as de colônias fracas (RAMALHO et al., 1998). Colônias fracas produzem abelhas menores, devido à menor quantidade de recursos alimentares estocados no ninho. Porém abelhas menores de colônias fracas possuíam maior capacidade de carga, pois suas cargas polínicas eram maiores por unidade de massa corporal do que as de colônias fortes (RAMALHO et al., 1998), possibilitando que a colônia conseguisse se recuperar.

Portanto, em relação às espécies deste estudo, a *T. angustula* pode ter sido mais eficiente na coleta de pólen do que a *M. quadrifasciata*. E, possivelmente, ambas as espécies tenham sido mais eficientes no inverno que no verão, compensando seus tamanhos corporais e cargas polínicas pequenas com um maior número de forrageiras e eficiência de coleta.

## 6. REFERÊNCIAS

- A.B.E.L.H.A. 2017. **Sistema de informação sobre Interações Abelhas-Plantas no Brasil.** Disponível em: <<http://abelhaseplantas.cria.org.br/index>>. Acesso em 08/10/2017.
- ABREU-OLIVEIRA, C. 2011. Atividades de voo de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Apidae. Meliponinae) e sua preferência floral no Parque das Neblinas, Mogi das Cruzes, SP. **Dissertação.** Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo.
- ALEIXO, K.P.; FARIA, L.B.; GARÓFALO, C.A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & SILVA, C.I. 2013. Pollen collected and foraging activities of *Frieseomelitta varia* (Lepeletier) (Hymenoptera: Apidae) in an urban landscape. **Sociobiology** **60**: 266–276.
- ALEIXO, K.P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & SILVA, C.I. 2017. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona* aff. *depilis*). **Apidologie** **48**: 117-127.
- ALMEIDA-ANACLETO, D. 2007. Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico-químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponíneos, do município de Piracicaba. **Tese.** Piracicaba: Universidade de São Paulo.
- ARAUJO, E.D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J. & FOWLER, H.G. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal Biology** **64**: 563-568.
- ASCHER, J.S. & PICKERING J. 2017. **Discover life: bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila).** Disponível em: <[http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea\\_species&flags=HAS](http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species&flags=HAS)>. Acesso em 07/09/2017.
- BIESMEIJER, J.C.; VAN NIEUWSTADT, M.G.L.; LUKÁCS, S. & SOMMEIJER, M.J. 1998. The role of internal and external information in foraging decisions of *Melipona* workers (Hymenoptera: Meliponinae). **Behavioral Ecology and Sociobiology** **42**: 107-116.
- BRODSCHNEIDER, R. & CRAILSHEIM, K. 2010. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie** **41**: 278-294.
- BRUIJN, L.L.M. & SOMMEIJER, M.J. 1997. Colony foraging in different species of stingless bees (Apidae, Meliponinae) and the regulation of individual nectar foraging. **Insectes Sociaux** **44**: 35-47.

CAMARGO, J.M.F. & PEDRO, S.R.M. 2013. *Meliponini* Lepeletier. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region** - online version. Disponível em: <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>>. Acesso em 20/11/2017.

CARDINAL, S. & DANFORTH, B.N. 2013. Bees diversified in the age of eudicots. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences** **280**: 20122686.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.L. & VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** **387**: 253-260.

GROSSO, A.F. & BEGO, L.R. 2002. Labor division, average life span, survival curve and nest architecture of *Tetragonisca angustula angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Sociobiology** **40**: 615-637.

HAYDAY, M.H. 1970. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology** **15**: 143-156.

HILÁRIO, S.D. 2005. Atividade de vôo e termorregulação de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Tese**. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 124p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A. & SARAIVA, A.M. (Eds.) 2012. **Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 488p.

IWANA, S. 1977. A influência dos fatores climáticos na atividade externa de *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponinae). **Boletim Zoologia Universidade de São Paulo** **2**: 189-201.

KLEINERT, A.M.P.; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2009. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (Eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 371-424.

MICHENER, C.D. 1974. **The social behavior of the bees: a comparative study**. Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press. 404p.

MODRO, A.F.H. 2010. Influência do pólen sobre o desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). **Tese**. Piracicaba: Universidade de São Paulo.

- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis. 583p.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R. & TARRANT, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos** **120**: 321-326.
- PEDRO, S.R.M. 2014. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology** **61**: 348-354.
- POTTS, S.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NGO, H.T.; AIZEN, M.A.; BIESMEIJER, J.C.; BREEZE, T.D.; DICKS, L.V.; GARIBALDI, L.A.; HILL, R.; SETTELE, J. & VANBERGEN, A.J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature** **540**: 220-229.
- RAMALHO, M.; GIANNINI, T.C.; MLAGODI-BRAGA, K.S. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 1994. Pollen harvest by stingless bee foragers (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Grana** **33**: 239-244.
- RAMALHO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & GIANNINI, T.C. 1998. Within-colony size variation of foragers and pollen load capacity in the stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Apidae, Hymenoptera). **Apidologie** **29**: 221-228.
- SAKAGAMI, S.F. 1982. Stingless bees. In: HERMANN, H.R. (Ed.). **Social Insects**. London, Academic Press: 361-423.
- SLAA, E. J.; WASSENBERG, J. & BIESMEIJER, J.C. 2003. The use of field-based social information in eusocial foragers: local enhancement among nestmates and heterospecifics in stingless bees. **Ecological Entomology** **28**: 369-379.
- SCHWARZ, H.F. 1948. The stingless bees of Western Hemisphere. **Bull. Am. Mus. Nat. Hist.** **90**: 1-546.
- TÓTH, E.; QUELLER, D.C.; DOLLIN, A. & STRASSMANN, J.E. 2004. Conflict over male parentage in stingless bees. **Insectes Sociaux** **51**: 1-11.