

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA**

**Abelhas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em quatro áreas de  
Mata Atlântica do Estado de São Paulo**

**Guaraci Duran Cordeiro**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão  
Preto da USP, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Mestre em  
Ciências, Área: Entomologia.**

**RIBEIRÃO PRETO - SP  
2009**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**Abelhas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em quatro áreas de Mata  
Atlântica do Estado de São Paulo**

**Guaraci Duran Cordeiro**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,  
como parte das exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências, Área: Entomologia.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

**Abelhas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em quatro áreas de Mata  
Atlântica do Estado de São Paulo**

**Guaraci Duran Cordeiro**

**Orientadora: Profa. Dra. Isabel Alves dos Santos**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,  
como parte das exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências, Área: Entomologia.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2009

**Dedico este trabalho aos meus pais**  
**Mario Cordeiro e Maria Helena Duran**

## **Agradecimentos**

Os meus sinceros agradecimentos:

À Professora Isabel Alves dos Santos pela oportunidade de sua orientação e por todo o incentivo, apoio, aprendizado e pela sua amizade;

À Professora Vera Lúcia Imperatriz Fonseca e ao Professor Carlos Alberto Garófalo pelo incentivo e sugestões;

À minha namorada Fernanda por todo o apoio, amor e paciência nos momentos de ausência;

Aos amigos de coleta Heber Couto e Samuel Boff pelos seus esforços, dedicação e amizade;

Ao técnico do Laboratório de Abelhas, Paulo César “PC”, pela grande ajuda nas coletas e pela amizade;

Às amigas Denise Alves e Mariana Taniguchi que me ajudaram muito desde o início até os momentos finais;

À amiga Paola Marchi pela revisão do texto e sugestões;

Ao amigo Tiago Caetano que me ajudou na abertura dos ninhos e nas fotos;

Ao amigo Julio pela ajuda na edição das imagens;

Ao Dr. Sérgio Hilário, Professor Pérsio e ao amigo Eduardo Pinto pelas sugestões nas análises dos dados;

À todas as pessoas do Laboratório de Abelhas que se tornaram grandes amigos neste período;

Aos especialistas pelas identificações dos espécimes; André Nemésio, Carlos Campaner, Carlos Lamas, Danúncia Urban, Eduardo Almeida, Felipe Vivallo, Gabriel Melo, Leo Correia da Rocha, Paola Marchi e Simone Rosa;

Ao Fundo de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa de Mestrado (processo: 07/51911-2) concedida através do projeto Biota;

Ao Laboratório de Abelhas por todo o suporte para realização da minha pesquisa;

À Secretaria e aos professores do curso de Pós-graduação de Entomologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto;

Ao Instituto Ecofuturo – Parque das Neblinas pela concessão de local para estudo, apoio e pela amizade de todos;

Ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pela concessão da Estação Biológica de Boracéia para a realização do trabalho e principalmente à funcionária Mercedes e aos funcionários Firmino e Geraldo;

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo pela concessão de local para estudo das áreas do Parque Estadual de Ilhabela e do Parque Estadual da Serra da Cantareira;

Principalmente aos meus pais e minha família, para os quais eu dedico esse trabalho, pelo carinho e pelo total apoio;

## ÍNDICE

<b>Capítulo 1</b> .....	1
Abstract.....	2
Resumo .....	3
Introdução.....	4
A Mata Atlântica .....	4
Abelhas polinizadoras.....	5
Abelhas solitárias e ninhos-armadilha.....	6
Materiais e Métodos .....	9
Resultados.....	18
Ocupação dos ninhos-armadilha por abelhas nas áreas de estudo.....	18
Estação Biológica de Boracéia .....	21
Parque das Neblinas .....	24
Parque Estadual da Ilhabela.....	27
Parque Estadual da Serra da Cantareira.....	30
Índices de diversidade, uniformidade e similaridade das áreas de estudo.....	33
Tipos de ninhos-armadilha utilizados.....	35
Período de desenvolvimento e mortalidade.....	37
Parasitismo .....	39
Razão sexual em <i>Tetrapedia diversipes</i> .....	41
Discussão .....	45
Referências bibliográficas .....	50
<b>Capítulo 2</b> .....	57
Resumo .....	58
Abstract.....	59
Introdução.....	59
Materiais e Métodos .....	62
Resultados.....	64
Discussão .....	66
Referências bibliográficas .....	70

## **Capítulo 1**

### **Abelhas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em quatro áreas de Mata Atlântica do Estado de São Paulo**



## ABSTRACT

Solitary bees that nidify in preexisting cavities have been studied with trap nest methodology. The objective of the present work was to sample the bee fauna in four Atlantic Rainforest areas in São Paulo State: Estação Biológica de Boracéia, Parque das Neblinas, Parque Estadual de Ilhabela e Parque Estadual da Serra da Cantareira from March 2007 to February 2008. The trap nests were made with cardboard tubes of three sizes placed into wooden blocks, beside bamboos canes with different sizes. The trap nests were inspected monthly, and each founded nest was removed and replaced by a new tube. The nests were brought to the laboratory, in order to follow emergence of adults. In total, 762 nests were founded by bees in the study areas. From these, in 504 nests we recorded emergencies and from the remaining nests (258) all the individuals died. The main cause of mortality of immatures was the presence of fungi. Ilhabela was the place with the highest number of founded nests (269), followed by Boracéia (123), Cantareira (87) and Parque das Neblinas (25). The nests were founded by 11 bee species belonged to three families, Apidae (5), Megachilidae (5) and Colletidae (1). In addition, six cleptoparasitic bee species from the Megachilidae (4) and Apidae (2) families emerged from the nests. Despite of highest bee diversity (8) Ilhabela was the second locality in diversity indexes, probably due to the dominance of *Tetrapedia diversipes*. Other parasites species also occurred in the nests, as Coleoptera, Diptera and Hymenoptera (non-bee species). *Tetrapedia diversipes* Klug was the dominant species in study areas. In general, the period with highest number of founded nests corresponded to the rainy and warm months.

## RESUMO

Abelhas solitárias que utilizam cavidades pré-existentes têm sido estudadas através da técnica de ninhos-armadilha. O presente trabalho teve como objetivo amostrar esta fauna de abelhas em quatro áreas sob o Domínio de Mata Atlântica no estado de São Paulo: Estação Biológica de Boracéia, Parque das Neblinas, Parque Estadual de Ilhabela e Parque Estadual da Serra da Cantareira no período entre março/07 a fevereiro/08. Os ninhos-armadilha foram feitos com tubos de cartolina de três tamanhos que foram introduzidos em blocos de madeira, além de tubos de bambu com tamanhos variados. As armadilhas foram inspecionadas mensalmente, e cada ninho fundado foi retirado e na cavidade um novo tubo vazio foi recolocado. Os ninhos retirados foram levados para o laboratório, onde foram acompanhadas as emergências dos adultos. Nas quatro áreas de estudo 762 ninhos foram fundados por abelhas. Deste total em 504 ninhos registramos emergências dos ocupantes, no restante dos ninhos (258) ocorreu mortalidade total dos indivíduos. A causa principal diagnosticada da mortalidade dos imaturos foi a presença de fungos. A Ilhabela foi a área com o maior número de ninhos fundados (269), seguido por Boracéia (123), Cantareira (87) e Parque das Neblinas (25). Os ninhos foram fundados por 11 espécies de abelhas representantes de três famílias, Apidae (5), Megachilidae (5) e Colletidae (1). Além das fundadoras, seis espécies de abelhas cleptoparasitas das famílias Megachilidae (4) e Apidae (2) emergiram dos ninhos. Apesar da maior riqueza de espécies (8) Ilhabela ficou em segundo lugar quanto aos índices de diversidade, provavelmente devido a dominância de *Tetrapedia diversipes* Klug. Nos ninhos ocorreram espécies de parasitas não-abelhas representantes de Coleoptera, Diptera e Hymenoptera. A espécie dominante nas quatro áreas de estudo foi *Tetrapedia diversipes*. Em geral, o período com maior número de nidificações correspondeu aos meses mais quentes e chuvosos do ano.

## INTRODUÇÃO

### A Mata Atlântica

Em sistemas recentes de classificação o Domínio da Mata Atlântica refere-se às formações florestais e ecossistemas associados que apresentam as tipologias: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, os manguezais, as restingas, os campos de altitude, os brejos interioranos e os encraves florestais do Nordeste (Veloso *et al* 1991, Schaffer & Prochnow 2002). A Floresta Ombrófila Densa é a formação mais pujante, heterogênea e complexa, caracterizada pela presença de estratos superiores com árvores de alturas entre 25 e 30m, perenifoliadas e densamente dispostas (Leite & Klein 1990).

O Domínio da Mata Atlântica estende-se de norte a sul do litoral brasileiro, entre 5° e 31° de latitude Sul (Almeida 2000). É considerada a floresta mais rica do mundo em árvores por unidade de área, apresentando 443 espécies/ha na região serrana do Estado do Espírito Santo e 454 espécies/ha no sul do Estado da Bahia (Schaffer & Prochnow 2002). Segundo Arruda (2001) a Mata Atlântica é uma das principais responsáveis por intitular o Brasil como país megadiverso, devido aos altos índices de endemismo neste bioma.

Em 1500, quando os primeiros europeus chegaram ao Brasil, a Mata Atlântica cobria 15% do território brasileiro. Atualmente está reduzida a pouco mais de 7% de sua cobertura original, devido ao processo de devastação provocada por atividades agropastoril, industrial e pela expansão urbana (SMA 1996, Schaffer & Prochnow 2002). Hoje o que resta de mais significativo da Mata Atlântica está concentrado nas encostas litorâneas das regiões Sudeste e Sul, em virtude das dificuldades impostas pelo relevo da Serra do Mar (SMA 1996). Apesar destes remanescentes de Mata Atlântica, o ritmo de destruição é acelerado, e este ecossistema continua sendo destruído, antes mesmo que se tenha desenvolvido o pleno entendimento da enorme diversidade que o compõe (Kageyama & Gandara 2002).

No estado de São Paulo cerca de 80% da Mata Atlântica desapareceu, estando seus remanescentes localizados junto ao litoral, principalmente na região do Vale do Ribeira, nas escarpas das Serras do Mar e Mantiqueira e nas planícies litorâneas (SMA 1996). Felizmente nos últimos 30 anos a pressão de desmatamento neste ecossistema

diminui, devido à migração das novas fronteiras agrícolas para o interior do estado e outras regiões do país, bem como aos avanços na legislação ambiental.

A fragmentação de habitats em consequência de atividades humanas é considerada a maior ameaça à diversidade biológica. Além de aumentar as taxas de extinção das espécies, a fragmentação interrompe os processos biológicos, como por exemplo, das interações mutualistas, onde as espécies possuem interdependência. Segundo Olesen & Jain (1994) a conservação dos processos biológicos asseguram a permanência da biodiversidade e do funcionamento do ecossistema.

### **Abelhas polinizadoras**

Um processo biológico de grande importância em todos os ecossistemas terrestres é o da polinização, onde agentes polinizadores são vetores dos grãos de pólen entre as flores e auxiliam na fertilização das plantas. Assim, os polinizadores atuam na manutenção das populações vegetais em ambientes naturais.

Com a crescente fragmentação de habitat e remoção da vegetação, os polinizadores têm sofrido diminuição nas suas populações e extinção local (Allen-Wardell *et al* 1998, Steffan-Dewenter *et al* 2006). A preocupação com o serviço ambiental de polinização, promovido principalmente por insetos da ordem Hymenoptera, tem aumentado junto às sociedades científicas e órgãos ambientais, e foram criados fóruns nacionais e internacionais a respeito da conservação de polinizadores e sustentabilidade das práticas agrícolas e conservação de ecossistemas (Kevan & Imperatriz-Fonseca 2000).

Entre os agentes polinizadores as abelhas possuem destaque, principalmente nos ecossistemas tropicais. Estimativas em florestas tropicais sugerem que até 80% das espécies vegetais são polinizadas por abelhas (Bawa *et al* 1985).

O conhecimento da fauna de abelhas no Brasil é privilegiado. Nos últimos 40 anos mais de 80 inventários sobre a apifauna foram realizados no país (Kleinert *com. pes.* 2009). Somente para o estado de São Paulo, Pedro & Camargo (2000) apresentaram uma lista com 729 espécies de abelhas.

A maioria destes levantamentos adota a metodologia proposta por Sakagami *et al* (1967) de coleta de abelhas em flores com rede entomológica. Assim, geralmente a lista das espécies de abelhas vem acompanhada dos dados das plantas melíferas, como é o caso de dois estudos realizados em áreas de Domínio de Mata Atlântica do estado de São Paulo (Wilms 1995, Ramalho 1995).

Entre os métodos adicionais de amostragem de abelhas silvestres estão incluídos os ninhos-armadilha, que consiste na oferta de cavidades artificiais para nidificação de espécies solitárias (Serrano & Garófalo 1978); a oferta de essências aromáticas para captura de machos da tribo Euglossini (Campos *et al* 1989), e mais recentemente os pratos armadilhas que capturam alguns grupos seletivos (Krug & Alves-dos-Santos 2008). Segundo Pinheiro-Machado & Silveira (2006) nos levantamentos faunísticos deveria ser utilizada uma combinação entre estas metodologias.

### **Abelhas solitárias e ninhos-armadilha**

A grande maioria das espécies de abelhas conhecida é de vida solitária e representam 85% dos Apiformes (Michener 2000). Abelhas solitárias são denominadas aquelas espécies na qual uma única fêmea coleta alimento, constrói e defende seu próprio ninho e oviposita sem a ajuda de outras abelhas, e depois de cumpridas todas estas tarefas morre, ou seja, não há contato entre gerações (Batra 1984, Alves-dos-Santos 2002).

As abelhas solitárias nidificam em diferentes substratos e podem cavar ou utilizar cavidades pré-existentes em árvores, muros, barrancos ou galerias de ninhos abandonados (Camillo *et al* 1995). Os materiais utilizados na construção dos ninhos são diversos, tais como barro, cera, óleo, resina ou partes de plantas como folhas, gravetos secos e pétalas (Camillo 2000). As fêmeas fecundadas buscam um local apropriado para o ninho e em seguida iniciam as tarefas de construção e provisionamento das células.

As espécies de abelhas que utilizam cavidades pré-existentes têm sido as mais estudadas, pois podem ser capturadas em ninhos-armadilha (Krombein 1967, Camillo 2000). Os estudos com ninhos-armadilha iniciaram na América do Norte com Krombein (1967) e no Brasil por Serrano & Garófalo (1978). Através desta técnica foram realizados diversos trabalhos onde foi possível obter dados sobre a diversidade e abundância de espécies solitárias (Garófalo *et al* 1989, Garófalo *et al* 1993, Camillo *et al* 1995, Viana *et al* 2001, Aguiar 2002, Aguiar & Martins 2002, Alves-dos-Santos 2003, Gazola 2003, Aguiar *et al* 2005, Buschini 2006, Garófalo 2008), biologia das espécies nidificantes (Morato & Campos 1999, Pereira *et al* 1999, Jesus & Garófalo 2000, Morato 2001a, Alves-dos-Santos *et al* 2002, Aguiar & Garófalo 2004, Zillikens & Steiner 2004, Camarotti-de-Lima & Martins 2005, Camillo 2005, Aguiar *et al* 2006,

Drummont *et al* 2008), alterações da qualidade ambiental e efeitos da fragmentação (Tschardtke *et al* 1998, Morato & Campos 2000, Morato 2001b, Steffan-Dewenter 2002), bem como sobre conservação ambiental (Beyer *et al* 1987; Frankie *et al* 1998).

De acordo com Garófalo (2000) e Morato & Campos (2000) a metodologia de amostragem com ninhos-armadilha facilita a obtenção de informações sobre a arquitetura interna dos ninhos, materiais de construção utilizados, recursos fornecidos para as larvas e presença dos parasitas associados. Além disso, esta técnica permite a amostragem de espécies reprodutivamente ativas em um ambiente, excluindo aquelas que estejam somente transitando no local (Morato 2000).

No Brasil já foram capturadas mais de 50 espécies de abelhas em ninhos-armadilha, entre as quais: pelo menos 9 espécies de *Centris*, 19 de Euglossini, 6 de Tetrapedini, 3 de *Xylocopa*, 19 de Anthidiini, 11 de *Megachile*, 1 de *Colletes* e algumas espécies de *Hylaeus* (Colletidae) (Garófalo *et al* 2004).

A possibilidade de se obter ninhos destas abelhas artificialmente e o conhecimento acumulado sobre suas biológicas, sazonalidade, inimigos naturais, entre outros, é o primeiro passo para que a criação destes animais em escala comercial seja viabilizada. Na América do Norte e Europa espécies solitárias são de grande importância na polinização de culturas extensas ou pomares domésticos (Bohart 1972, Cane 1996, Bosch & Kemp 2001). Algumas representam cifras econômicas altas, por exemplo, apenas no Canadá o serviço da polinização de *Megachile rotundata* nos campos de alfafa equivale a cerca de 2 milhões de dólares canadense (Kevan & Phillips 2001). Ou seja, existem ganhos reais em rendimento na produção de sementes e frutas.

No Brasil o aproveitamento de nossas espécies nativas também é desejável, mas ainda incipiente. Os primeiros trabalhos começam a surgir neste sentido apontando para a eficiência de algumas abelhas solitárias na polinização de plantas de interesse econômico, como acerola, caju e maracujá (Freitas & Paxton 1998, Camillo 2003, Freitas & Oliveira-Filho 2003, Vilhena & Augusto 2007, Oliveira & Schlindwein 2009).

Além desta aplicabilidade, o conhecimento acumulado sobre as abelhas nativas representa um passo importante para sua conservação, especialmente daquelas espécies ocorrentes em ecossistemas ameaçados, como a Mata Atlântica.

Neste trabalho foi estudada a fauna de abelhas solitárias que utiliza cavidades pré-existentes em áreas de vegetação de Mata Atlântica do Estado de São Paulo, através da técnica de ninhos-armadilha. Foi possível obter dados sobre o processo de ocupação, período de desenvolvimento, taxa de mortalidade, parasitas associados e aspectos bionômicos das espécies nidificantes.

### **Objetivos**

Este trabalho teve como objetivo principal estudar as abelhas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes em quatro áreas com vegetação natural e reflorestada dentro do Domínio de Mata Atlântica do Estado de São Paulo.

Os **objetivos específicos** foram:

Estudar a composição de espécies das comunidades em cada localidade e avaliar o grau de semelhança entre elas.

Analisar a distribuição das atividades de nidificação ao longo do ano das espécies nidificantes.

Verificar a frequência de nidificação das espécies nos diferentes tipos de ninhos-armadilha disponibilizados.

Identificar os inimigos naturais e quantificar as taxas de mortalidade das espécies nidificantes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Áreas de estudo

O estudo foi realizado no período entre março/07 a fevereiro/08 em quatro áreas sob o domínio de Mata Atlântica do Estado de São Paulo: Estação Biológica de Boracéia, Parque das Neblinas, Parque Estadual de Ilhabela e Parque Estadual da Serra da Cantareira (Fig. 1).

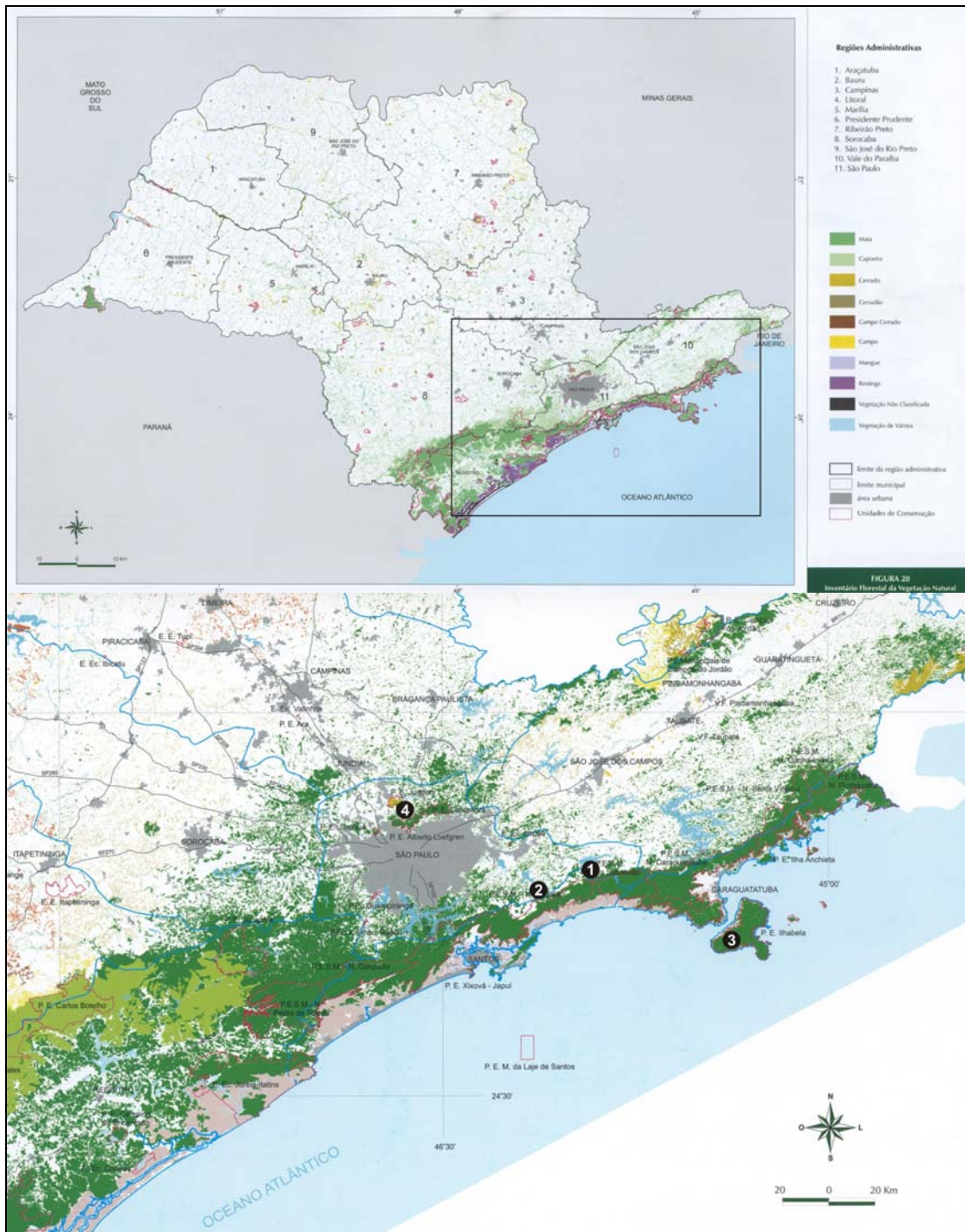
A Estação Biológica de Boracéia (23°38'S / 45°52'W), com 96 ha, pertence a Universidade de São Paulo e está incluída em uma área de preservação da Sabesp de 16.450 ha. A Estação está situada no município de Salesópolis. A localização fica a 90 km da cidade de São Paulo e 12 km do litoral. A altitude varia de 750 a 900 m. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Af, clima tropical constantemente úmido. A vegetação é de Floresta Ombrófila Densa (Fig. 2). A maior parte da cobertura vegetal é floresta relativamente intocada. Uma menor parte é de vegetação secundária que surgiu em áreas desmatadas para a instalação de linhas elétricas da Sabesp. A distribuição da vegetação é contínua sem fragmentação.

O Parque das Neblinas (23°45'S / 46°09'W), com 2.800 ha, está situado nos municípios de Mogi das Cruzes/Bertioga. A localização fica a 115 km da cidade de São Paulo e a 9 km do litoral. Com altitude que varia de 700 a 1100 m. O clima da região é do tipo Af, clima tropical constantemente úmido. A vegetação é de Floresta Ombrófila Densa (Fig. 3). A cobertura vegetal é heterogênea, composta de plantios de eucaliptos entre 2 a 50 anos e vegetação nativa em diferentes estágios de sucessão. Embora compreenda áreas bastantes antropizadas, a vizinhança com o Parque Estadual da Serra do Mar, onde ainda se encontram grandes extensões de ecossistemas de Floresta Ombrófila Densa, têm favorecido a regeneração natural da vegetação nativa.

O Parque Estadual da Ilhabela (23°45'S / 45°27'W), com 27.025 ha, está localizado no município de São Sebastião, no litoral norte do Estado de São Paulo. O Parque domina 83% da área total da Ilhabela. Ilhabela faz parte do arquipélago de São Sebastião, sendo a principal e maior ilha do litoral paulista. A mínima distância entre Ilhabela e o continente é de 2800 m. A altitude varia entre 0 e 1378m. O clima é do tipo Cfa, clima oceânico subtropical úmido. A vegetação é de Floresta Ombrófila Densa (Fig. 4). A Ilhabela possui além de elementos da flora da Mata Atlântica, vegetação de restinga, manguezais, campos de samambaias e campo graminoso.



O Parque Estadual da Serra da Cantareira (23°22'S e 46°36'W), com 8.000 ha, abrange os municípios de São Paulo, Guarulhos, Mairiporã e Franco da Rocha. O Parque Estadual da Cantareira é um remanescente de Mata Atlântica e está situado dentro da região metropolitana, distante apenas 12 km do centro da cidade de São Paulo, ou seja, encontra-se em uma área com uma expressiva interferência da metrópole. Altitude varia de 950 e 1074 m. O clima é classificado como mesotérmico úmido do tipo Cfb. A vegetação é de Floresta Ombrófila Densa. Mesmo na área metropolitana o Parque Estadual da Serra da Cantareira ainda conserva as características da flora original. A Serra da Cantareira está interposta entre as serras do Mar, Paranapiacaba e Mantiqueira. Apesar do posicionamento intermediário entre o Planalto Paulista e a Serra do Mar a vegetação se assemelha mais a Mata Atlântica (Ramalho 1995).



**Fig. 1.** Localização das áreas de estudo no estado de São Paulo: 1 - Estação Biológica de Boracéia; 2 - Parque das Neblinas; 3 - Parque Estadual de Ilhabela; 4- Parque Estadual da Serra da Cantareira. Fonte: IF (2005).





**Fig. 2.** Vista panorâmica da vegetação da Estação Biológica de Boracéia. Foto: Guaraci Duran Cordeiro.



**Fig. 3.** Vista panorâmica da vegetação do Parque das Neblinas. Foto: Guaraci Duran Cordeiro.



**Fig. 4.** Canal de São Sebastião visto do Pico do Baepi no Parque Estadual da Ilhabela. Foto: Samuel Boff

### **Amostragem de abelhas**

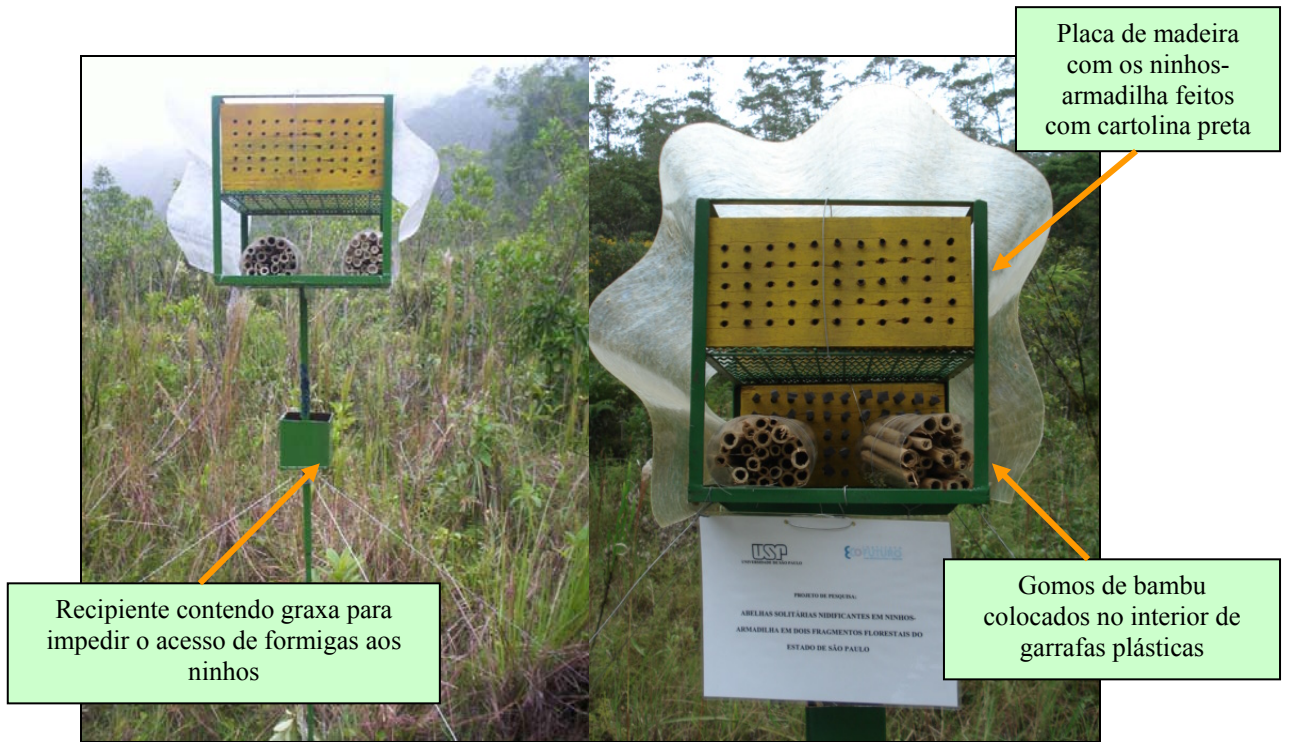
Foram definidas estações de coleta nas áreas de estudo. Cada estação de coleta possui um suporte de ferro com os ninhos-armadilha confeccionados em tubos com cartolina preta e gomos de bambu (Fig. 5). Os tubos de cartolina foram feitos com diferentes tamanhos e foram divididos por categoria e denominados da seguinte maneira: TP1 os tubos pequenos com 0,6 cm de diâmetro e 5,8 cm de comprimento, TP2 tubos com o mesmo diâmetro e 8,5 cm de comprimento e TG os tubos grandes com 0,8cm de diâmetro e 8,5 cm de comprimento. Além dos tubos de cartolina as estações de coleta também abrigam gomos de bambu de diversos diâmetros, entre 0,5 a 3,0 cm, e comprimentos, entre 8 a 25 cm. Os tubos de cartolina ficaram alojados em blocos de madeira e os gomos de bambu colocados no interior de garrafas plásticas. Cada estação de coleta recebeu 50 tubos de cartolina de cada categoria (TP1, TP2 e TG) e 50 tubos de bambu, totalizando por estação de coleta 200 armadilhas.

Em Boracéia, Cantareira e Parque das Neblinas foram instaladas cinco estações de coleta, assim em cada uma dessas áreas de estudo foram oferecidas mensalmente 1000 armadilhas. Na Ilhabela foram instaladas três estações de coleta com 600 armadilhas oferecidas mensalmente.

Entre março/07 a fevereiro/08 todos ninhos-armadilha foram vistoriados mensalmente com o auxílio de otoscópios. Os ninhos-armadilha utilizados e completados foram retirados do local e levados para o laboratório. Para cada ninho retirado uma nova armadilha correspondente era adicionada ao local. Os ninhos trazidos das áreas de estudo foram levados para o laboratório no campus da Universidade de São Paulo, município de São Paulo, onde foram mantidos até a emergência dos indivíduos. No laboratório os ninhos fundados em tubos de cartolina foram introduzidos em tubos de ensaio e fechados com uma rolha de cortiça e mantidos em temperatura ambiente. As entradas dos gomos de bambu foram introduzidas em tubos de ensaio e este fechado com fita adesiva. Conforme os indivíduos emergiam, eles permaneciam presos no interior dos tubos de ensaio onde foram coletados. Em seguida, os indivíduos foram mortos sob vapor de acetato de etila, alfinetados, etiquetados e depositados na Coleção Entomológica Paulo Nogueira Neto (CEPANN) do Laboratório de Abelhas do Instituto de Biociências da USP em São Paulo.

Os dados climáticos dos municípios das áreas de estudo foram obtidos através do portal on-line do Instituto Agrônomo IAC (<http://www.ciiagro.sp.gov.br>). Os dados climáticos do campus da Universidade de São Paulo, município de São Paulo, onde os ninhos coletados foram mantidos até a emergência dos indivíduos, foram obtidos através do Laboratório de Climatologia e Biogeografia, Departamento de Geografia - FFLCH / USP.





**Figura 5.** Modelo de uma estação de coleta disponibilizado com os ninhos-armadilha.

### Identificações

O material foi identificado por comparação com espécimes da coleção CEPANN e com auxílio de especialistas de diferentes Instituições, são eles: Apiformes - André Nemésio (Universidade Federal de Minas Gerais), Danúncia Urban, Felipe Vivallo e Gabriel Melo (Universidade Federal do Paraná), Eduardo Almeida (Universidade Federal do ABC), Léo Correia da Rocha (Universidade de São Paulo / FFCLRP); Paola Marchi (Universidade de São Paulo / IBUSP); Coleoptera – Carlos Campaner e Simone Rosa (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo); Diptera - Carlos Lamas (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo).

### Análise dos dados

Para estimar a diversidade das comunidades que nidificaram nos ninhos-armadilha nas áreas de estudo amostradas foram utilizados os índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Pielou, 1975) e Simpson ( $D$ ) (Magurran, 1988), ambos expressam conjuntamente o número de espécies ponderado pela proporção com que elas estão representadas.

Os parâmetros utilizados na quantificação da diversidade foram:

$S$  = número de espécies;

$n_i$  = nº de indivíduos de cada uma das espécies  $i$ ;

$N = \sum_{i=1}^s n_i$  = quantidade total de indivíduos da comunidade;

$p_i = \frac{n_i}{N}$  = proporção de cada uma das espécies  $i$ ;

O índice de Simpson que mede o grau de dominância ( $c$ ) na comunidade foi calculado pela fórmula  $D = 1 - c$ , onde:

$$c = \sum_{i=1}^s p_i^2 = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Para expressar a diversidade de Simpson ( $D$ ) (atributo que apresenta relação inversa com dominância), utiliza-se o seu valor complementar:

$$1 - c = 1 - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) expressa diretamente a diversidade, podendo assumir valores maiores do que 1, e foi calculado pela fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Valores de equitatividade das espécies de abelhas que ocorreram nas áreas de estudo foram calculados pela equitatividade ( $ED$ ) baseado no índice de Simpson e pela equitatividade baseado no índice de Shannon-Wiener (Pielou, 1966), conhecida como equitatividade de Pielou ( $J$ ).

A equitatividade ( $ED$ ) foi calculada pela fórmula  $ED = D/D \text{ max}$ , onde:

$ED$  = equitatividade;

$D$  = índice de Simpson;

$D \text{ max} = (S-1/S)(N-1/N)$ ,

A equitatividade de Pielou ( $J$ ) foi calculada pela fórmula  $J = H'/H \text{ max}$ , onde:

$H'$  = valor obtido para o índice de Shannon-Wiener;

$H_{\max} = \log_2 S$  (valor teórico de  $H'$  para o caso de todas as espécies apresentarem mesma proporção =  $1/S$ ) = valor máximo teórico de  $H'$  para um dado número de espécies ( $S$ );

$S$  = número total de espécies presentes na comunidade.

A equitatividade mede o quanto as proporções das espécies estão igualmente distribuídas. Pode assumir valores de 0 (dominância total de 1 espécie) a 1 (todas as espécies com a mesma proporção =  $1/S$ , isto é,  $H' = H_{\max}$ ).

Para avaliar o grau de semelhança entre as áreas quanto à composição de espécies utilizou-se o coeficiente de similaridade proposto por Sørensen ( $C_s$ ) (Sørensen, 1948) e baseando-se na composição e abundância das espécies utilizou-se o índice de similaridade de Morisita-Horn ( $C_{mh}$ ) (Morisita, 1959). O índice de Morisita-Horn foi calculado pelo programa Lizaro Morisita CalcV1.0. O coeficiente de similaridade de Sørensen foi calculado pela fórmula  $C_s = 2a / 2a + b + c$ , onde:

$a$  = número de espécies comuns que ocorrem nas duas áreas (áreas A e B);

$b$  = número de espécies que ocorre na área A e não na B;

$c$  = número de espécies que ocorre na área B e não na A.

As correlações entre fatores abióticos com as nidificações e indivíduos emergentes foram feitas pela Correlação de Spearman ( $r$ ), considerando correlações significativas e fracas quando  $p < 0,05$  e correlações significativas e fortes com  $p < 0,01$ . As correlações foram feitas através do programa PAST versão 1.85 (Hammer et al, 2001).

A taxa de ocupação (%) das espécies em cada área foi calculada pela razão: (Total de ninhos fundados por abelhas / Total de ninhos-armadilha oferecidos) x 100.



## **RESULTADOS**

### **Ocupação dos ninhos-armadilha por abelhas nas áreas de estudo**

Nas quatro áreas de estudo 762 ninhos foram fundados por abelhas. Deste total em 504 ninhos registramos emergências dos ocupantes, no restante dos ninhos (258) houve mortalidade total dos indivíduos.

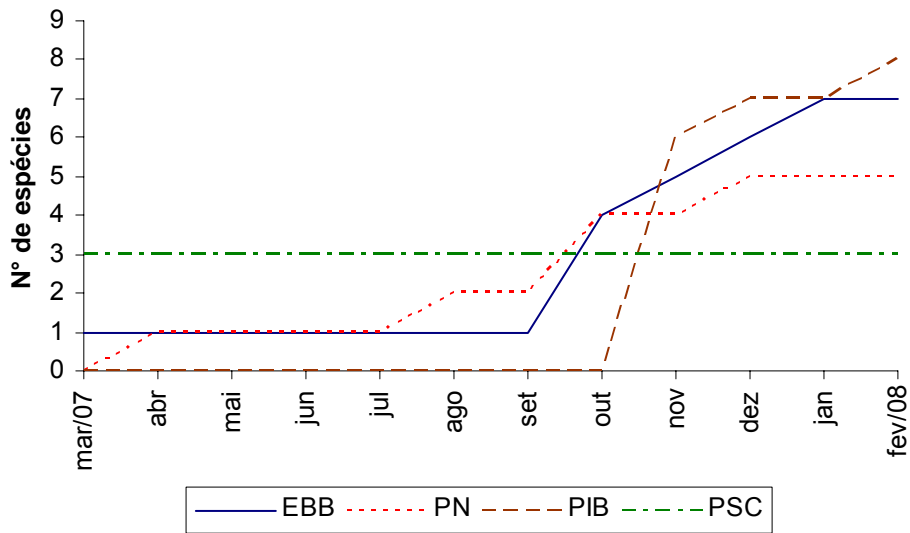
Os ninhos foram fundados por 11 espécies de abelhas representantes de três famílias, Apidae (5), Megachilidae (5) e Colletidae (1). Além das fundadoras, seis espécies de abelhas cleptoparasitas das famílias Megachilidae (4) e Apidae (2) emergiram dos ninhos. A Tabela 1 apresenta a lista das espécies ocupantes (fundadoras e cleptoparasitas) nas quatro localidades estudadas.

**Tabela 1.** Número de ninhos e espécies de abelhas ocupantes nas quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/08.

<b>Espécies ocupantes</b>	<b>Boracéia</b>	<b>Parque das Neblinas</b>	<b>Ilhabela</b>	<b>Cantareira</b>
<b>Apidae</b>				
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith	1	1	32	
<i>Coelioxoides waltheriae</i> Ducke			*	*
<i>Euglossa (Euglossa) anodorhynchi</i> Nemésio	2			
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo & Moure	1			
<i>Mesocheira bicolor</i> Fabricius			*	
<i>Tetrapedia diversipes</i> Klug	116	21	231	78
<i>Tetrapedia</i> sp.				9
<b>Colletidae</b>				
<i>Hylaeus</i> aff. <i>brachyceratomerus</i> Moure			1	
<b>Megachilidae</b>				
<i>Anthodioctes santosi</i> Urban			1	
<i>Austrostelis iheringi</i> Schrottky	*			
<i>Coelioxys</i> sp.1			*	
<i>Coelioxys</i> sp.2		*		
<i>Coelioxys</i> sp.3	*			
<i>Megachile (Acentron)</i> sp.			4	
<i>Megachile (Austromegachile) sussurans</i> Haliday		2		
<i>Megachile (Moureapis) maculata</i> Smith	3			
<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp.		1		
<b>Total de ninhos fundados</b>	123	25	269	87
<b>Total de espécies ocupantes</b>	7	5	8	3

\* Abelhas cleptoparasitas (ver tabela 11 com respectivos hospedeiros)

Na Cantareira as únicas três espécies capturadas apareceram logo no início do trabalho. Nas outras três áreas o aumento do número de espécies nos ninhos-armadilha ocorreu após vários meses de instalação e oferta das cavidades. Na curva de acumulação das espécies capturadas em Ilhabela a curva não alcançou a assíntota, indicando que a área apresenta riqueza ainda maior. No Parque das Neblinas o número de espécies ocupantes não sofreu alteração nos três últimos meses amostrados. Em Boracéia a estabilização não é tão nítida, pois refere-se apenas ao último mês computado (Figura 6).



**Fig. 6.** Curva de acumulação de espécies ocupantes dos ninhos-armadilha nas quatro áreas de estudo no período entre fevereiro/07 a março/08.

## Estação Biológica de Boracéia

Em Boracéia foram fundados 165 ninhos nas cinco estações de coleta. Deste total, em 123 ninhos emergiram 277 indivíduos pertencentes às cinco espécies de abelhas fundadoras (Tabela 2). No restante registramos mortalidade total dos indivíduos (em 38 ninhos) ou apenas emergência de parasitas (em 4 ninhos).

Entre as espécies fundadoras, *Tetrapedia diversipes* foi a dominante correspondendo a 93,5 % das nidificações e 88,3 % dos indivíduos que emergiram.

Além das abelhas fundadoras duas espécies cleptoparasitas ocuparam os ninhos: *Austrostelis iheringi* Schrottky e *Coelioxys* sp. 3, sendo que apenas o hospedeiro da última foi conhecido (Tabela 11). Os parasitas não-abelhas foram registrados em 12 ninhos, sendo *Anthrax hylaios* Marston a espécie mais abundante com 13 indivíduos.

**Tabela 2.** Número de ninhos (N) e indivíduos emergentes (I) das espécies de abelhas fundadoras em cada estação de coleta na Estação Biológica de Boracéia no período entre fevereiro/07 a março/08.

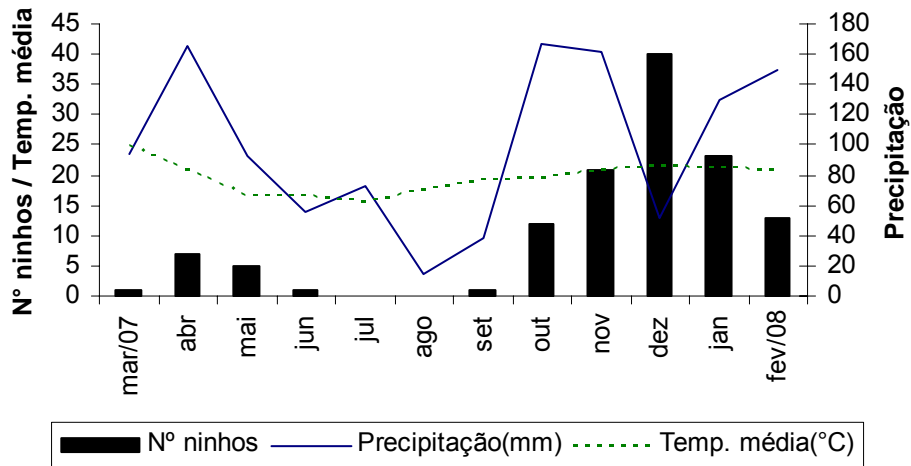
Espécies	Est.1 (N ; I)	Est.2 (N ; I)	Est.3 (N ; I)	Est.4 (N ; I)	Est.5 (N ; I)	TOTAL (N ; I)
<i>Centris tarsata</i>				1 ; 3		1 ; 3
<i>Euglossa anodorhynchi</i>	2 ; 5					2 ; 5
<i>Euglossa truncata</i>					1 ; 3	1 ; 3
<i>Tetrapedia diversipes</i>	74 ; 158	25 ; 54	7 ; 19	3 ; 5	7 ; 13	116 ; 249
<i>Megachile (M.) maculata</i>	1 ; 1	2 ; 16				3 ; 17
<b>TOTAL (N ; I)</b>	<b>77 ; 164</b>	<b>28 ; 71</b>	<b>7 ; 19</b>	<b>5 ; 9</b>	<b>8 ; 16</b>	<b>123 ; 277</b>

As nidificações das abelhas em Boracéia tiveram início logo no primeiro mês após a instalação das armadilhas. O período com maior número de nidificações correspondeu aos meses mais quentes e os meses com menores taxas de ocupação ou nenhuma nidificação registrada foram os meses de inverno, com temperaturas baixas e pouca chuva (Fig. 7). As nidificações apresentaram fraca correlação com os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,657$  e  $p=0,020$ ) e não houve correlação significativa com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,479$  e  $p=0,114$ ).

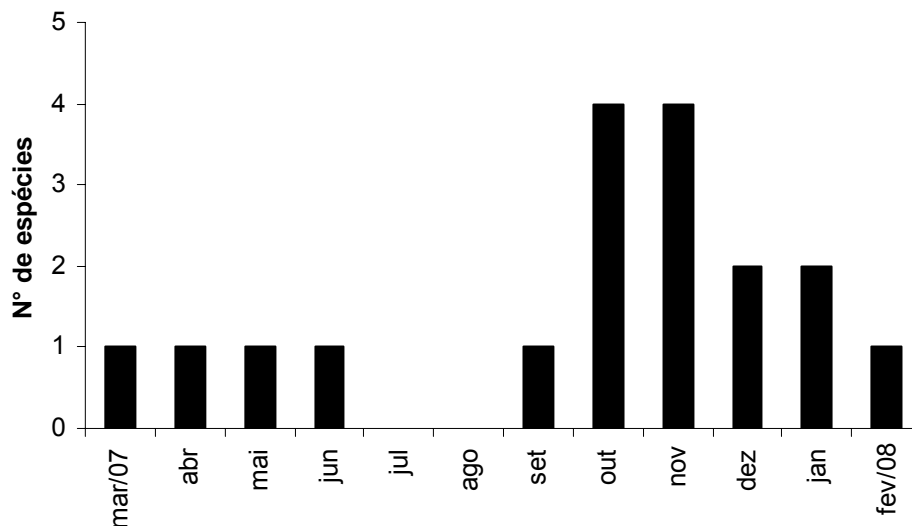
A taxa de ocupação das espécies nos ninhos-armadilha nesta localidade foi de 12,3%. Entre outubro/07 a novembro/07 foi registrado o maior número de espécies nos ninhos (Fig. 8).

As abelhas de Boracéia começaram a emergir em julho/07 e os últimos indivíduos contabilizados nasceram em janeiro/09. As emergências foram mais

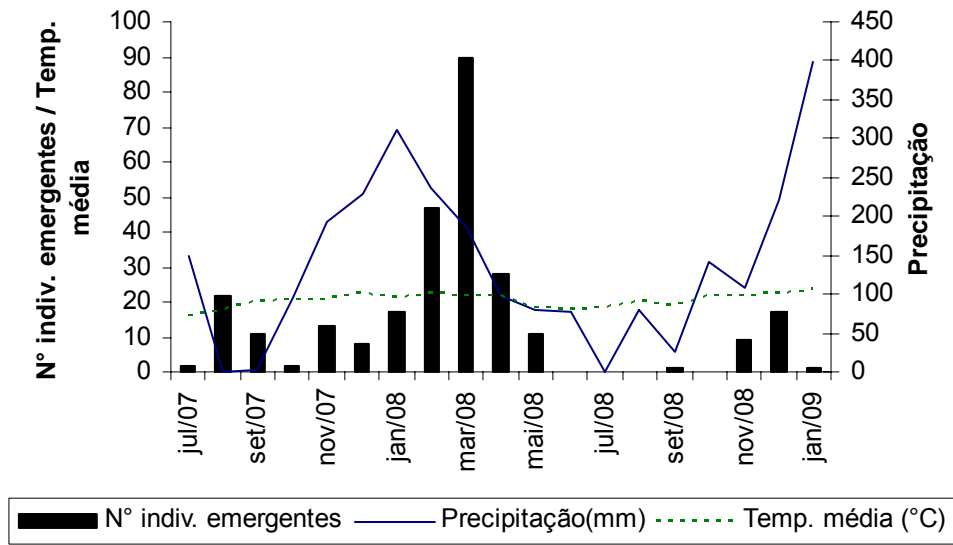
intensas entre fevereiro/08 a abril/08 (Fig. 9). Não houve correlação entre os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,277$  e  $p=0,249$ ) com as emergências e com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,310$  e  $p=0,195$ ).



**Fig. 7.** Nidificações na Estação Biológica de Boracéia relacionadas com os valores mensais médios de temperatura e com os valores mensais acumulados de precipitação no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 8.** Número de espécies de abelhas (fundadoras e cleptoparasitas) na Estação Biológica de Boracéia no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 9.** Indivíduos emergentes dos ninhos provenientes da Estação Biológica de Boracéia relacionados com os valores mensais médios de temperatura e valores mensais acumulados de precipitação do campus da Universidade de São Paulo (município de São Paulo), onde os ninhos foram mantidos até a emergência dos indivíduos, no período de julho/07 a janeiro/09.

## Parque das Neblinas

No Parque das Neblinas foram fundados 43 ninhos em cinco estações de coleta. Deste total em 25 ninhos emergiram 65 indivíduos de quatro espécies de abelhas fundadoras (Tabela 3). No restante registramos mortalidade total dos indivíduos (em 18 ninhos).

Das espécies fundadoras, *Tetrapedia diversipes*, a espécie dominante, correspondeu a 84% das nidificações e 65,7% das emergências.

Além das espécies fundadoras uma espécie cleptoparasita, *Coelioxys* sp.2, ocupou os ninhos (Tabela 11).

**Tabela 3.** Número de ninhos (N) e indivíduos emergentes (I) das espécies de abelhas fundadoras em cada estação de coleta no Parque das Neblinas no período entre fevereiro/07 a março/08.

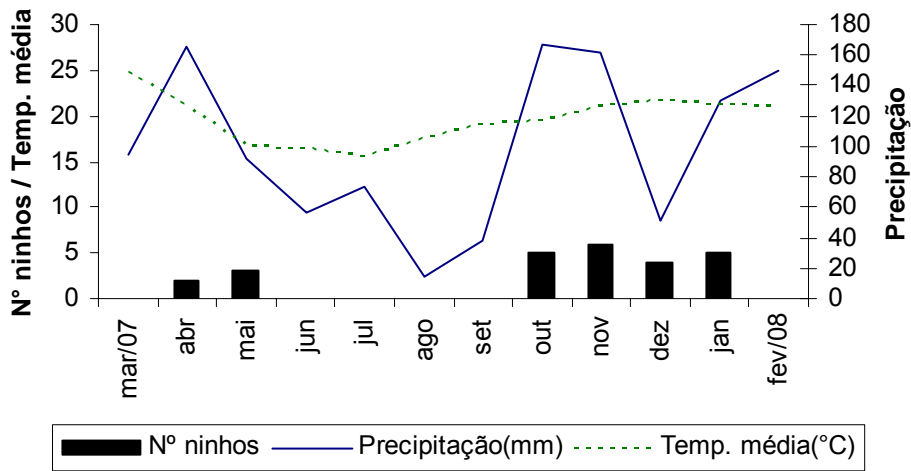
Espécies	Est.1 (N ; I)	Est.2 (N ; I)	Est.3 (N ; I)	Est.4 (N ; I)	Est.5 (N ; I)	TOTAL (N ; I)
<i>Centris tarsata</i>					1 ; 6	1 ; 6
<i>Tetrapedia diversipes</i>		18 ; 37	2 ; 4	1 ; 3		21 ; 44
<i>Megachile (A.) sussurans</i>	1 ; 4	1 ; 6				2 ; 10
<i>Megachile (Ptilosarus) sp.</i>				1 ; 5		1 ; 5
<b>TOTAL (N ; I)</b>	1 ; 4	19 ; 43	2 ; 4	2 ; 8	1 ; 6	<b>25 ; 65</b>

As fundações das abelhas no Parque das Neblinas iniciaram no segundo mês após a instalação das armadilhas. O período com maior número de nidificações correspondeu aos meses com temperaturas elevadas e nos meses com temperatura baixa e pouca chuva, entre junho/07 a setembro/07, não ocorreu nenhuma nidificação (Fig. 10). As nidificações não apresentaram correlação significativa com os valores mensais médios de temperatura em ( $r=0,361$  e  $p=0,248$ ) e com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,546$  e  $p=0,066$ ).

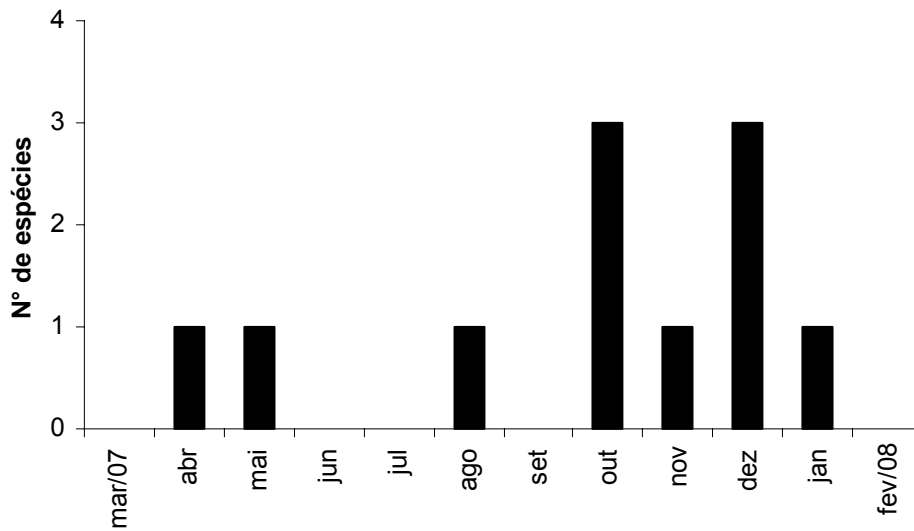
A taxa de ocupação das espécies nos ninhos–armadilha nesta localidade foi de 2,5%. Os meses em que ocorreu o maior número de espécies ocupantes nos ninhos foram outubro/07 e dezembro/07 (Fig. 11).

As abelhas do Parque das Neblinas começaram a emergir em agosto/07 e os últimos indivíduos nasceram em abril/08. As emergências foram mais intensas entre fevereiro/08 e março/08 (Fig. 12). As emergências não apresentaram correlação com

os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,495$  e  $p=0,174$ ) e com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,369$  e  $p=0,327$ ).

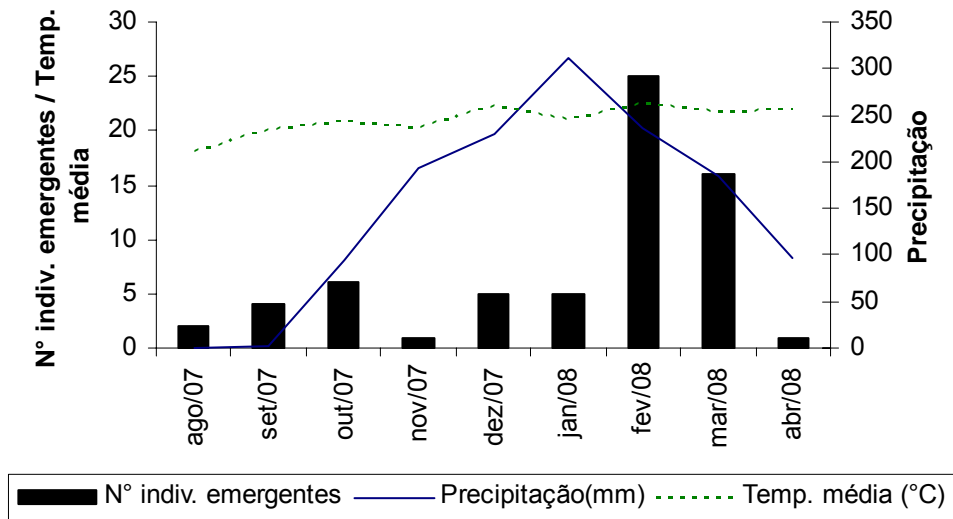


**Fig. 10.** Nidificações no Parque das Neblinas relacionadas com os valores mensais médios de temperatura e com os valores mensais acumulados de precipitação no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 11.** Número de espécies de abelhas (fundadoras e cleptoparasitas) no Parque das Neblinas no período entre março/07 a fevereiro/08.





**Fig. 12.** Indivíduos emergentes dos ninhos provenientes do Parque das Neblinas relacionados com os valores mensais médios de temperatura e valores mensais acumulados de precipitação do campus da Universidade de São Paulo (município de São Paulo), onde os ninhos foram mantidos até a emergência dos indivíduos, no período de janeiro/08 a dezembro/08.

## Parque Estadual da Ilhabela

Em Ilhabela foram fundados 424 ninhos em duas estações de coleta. Na terceira estação de coleta nenhum ninho foi fundado, este fato foi associado ao excessivo sombreamento do local. Deste total em 265 ninhos emergiram 587 indivíduos pertencentes a cinco espécies de abelhas fundadoras (Tabela 4). No restante foi registrada uma mortalidade total dos indivíduos (em 126 ninhos) ou apenas emergências dos parasitas (em 33 ninhos).

*Tetrapedia diversipes* foi a espécie dominante correspondendo a 85,4 % das nidificações e 81,9 % das emergências.

Além das abelhas fundadoras três espécies de abelhas cleptoparasitas ocuparam os ninhos: *Coelioxys* sp. 1, *Mesocheira bicolor* Fabricius e *Coelioxoides waltheriae* Ducke sendo esta última a espécie mais abundante. Os parasitas não-abelhas foram registrados em 47 ninhos, onde *Anthrax hylaios* apresentou o maior número de indivíduos (29) (Tabela 11).

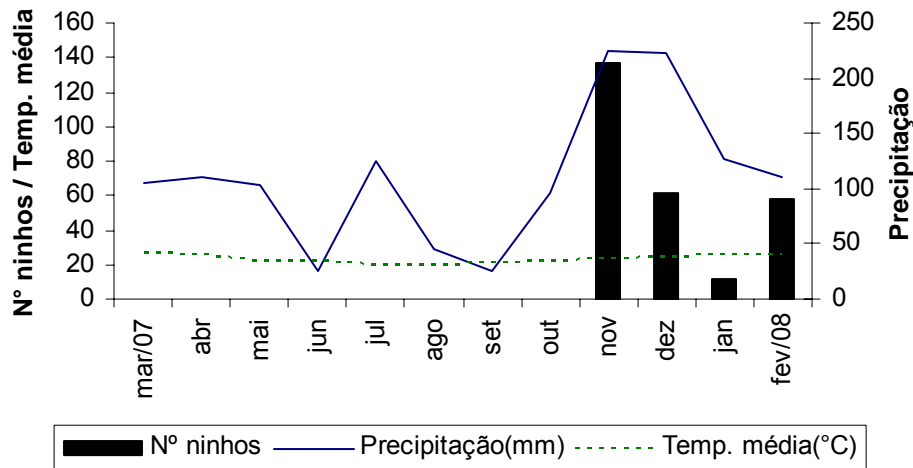
**Tabela 4.** Número de ninhos (N) e indivíduos (I) das espécies de abelhas fundadoras em cada estação de coleta no Parque Estadual da Ilhabela no período entre fevereiro/07 a março/08.

Espécies	Est.1 (N ; I)	Est.2 (N ; I)	Est.3 (N ; I)	TOTAL (N ; I)
<i>Centris tarsata</i>	10 ; 30	22 ; 59		32 ; 89
<i>Tetrapedia diversipes</i>	45 ; 67	182 ; 414		227 ; 481
<i>Hylaeus aff. brachyceratomerus</i>	1 ; 2			1 ; 2
<i>Anthodioctes santosi</i>	1 ; 1			1 ; 1
<i>Megachile (Acentron) sp.</i>	4 ; 13			4 ; 13
<b>TOTAL (N ; I)</b>	<b>60 ; 114</b>	<b>208 ; 473</b>		<b>265 ; 587</b>

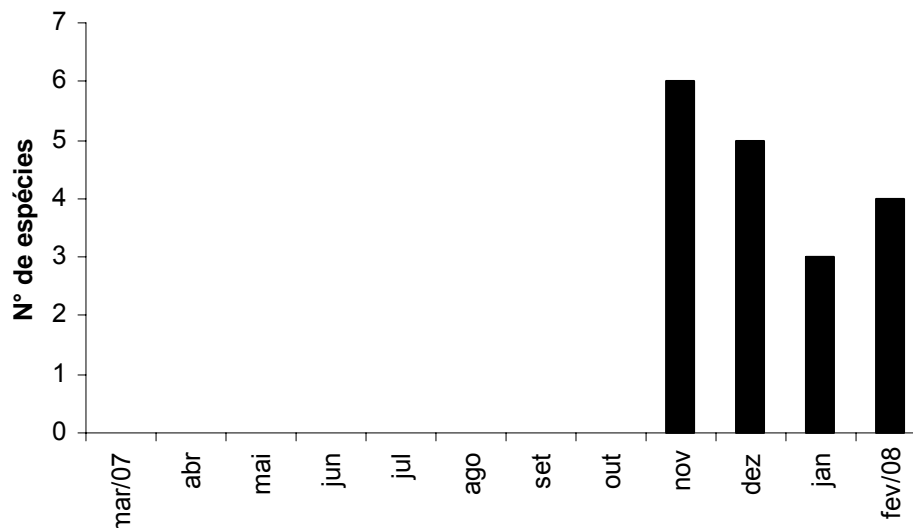
As nidificações das abelhas em Ilhabela começaram somente em novembro/07. O período com maior número de nidificações, novembro/07 a fevereiro/08, correspondeu aos meses mais quentes e chuvosos (Fig. 13). As nidificações não apresentaram correlação significativa com os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,357$  e  $p=0,253$ ), mas tiveram certa correlação com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,786$  e  $p=0,002$ ).

A taxa de ocupação das espécies nos ninhos–armadilha nesta localidade foi de 44,2%. O mês de novembro/07 foi o de maior número de espécies ocupantes nos ninhos (Fig. 14).

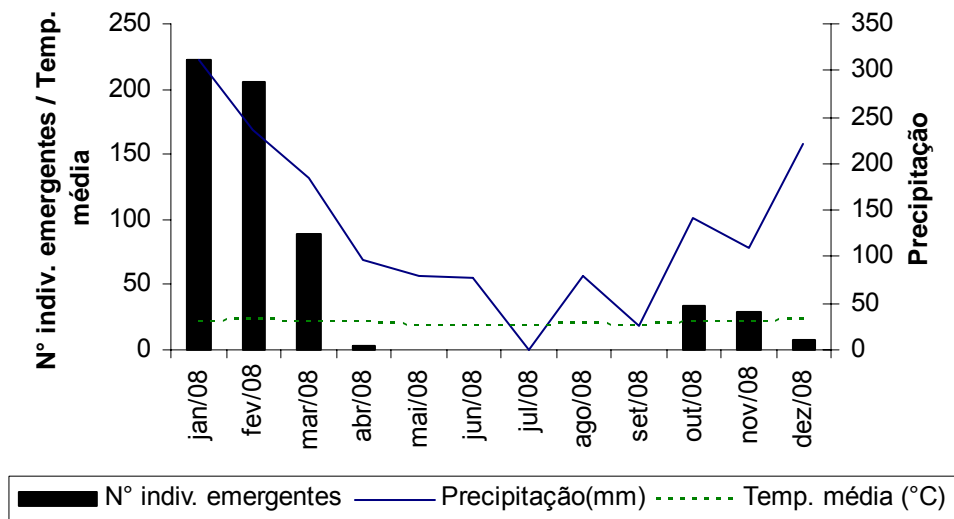
As abelhas de Ilhabela começaram a emergir em janeiro/08 e os últimos indivíduos nasceram em dezembro/08. Os meses com maior intensidade de emergências foram janeiro/08 e fevereiro/08 (Fig. 15). As emergências apresentaram certa correlação com os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,698$  e  $p=0,011$ ) e forte correlação com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,920$  e  $p<0,001$ ).



**Fig. 13.** Nidificações no Parque Estadual da Ilhabela relacionadas com os valores mensais médios de temperatura e com os valores mensais acumulados de precipitação no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 14.** Número de espécies de abelhas (fundadoras e cleptoparasitas) no Parque Estadual da Ilhabela no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 15.** Indivíduos emergentes dos ninhos provenientes do Parque Estadual da Ilhabela relacionados com os valores mensais médios de temperatura e valores mensais acumulados de precipitação do campus da Universidade de São Paulo (município de São Paulo), onde os ninhos foram mantidos até a emergência dos indivíduos, no período de janeiro/08 a dezembro/08.

## Parque Estadual da Serra da Cantareira

Na Cantareira foram fundados 133 ninhos em três estações de coleta. Deste total em 87 ninhos emergiram 158 indivíduos de duas espécies fundadoras (Tabela 5). No restante registramos mortalidade total dos indivíduos (em 41 ninhos) ou apenas emergências dos parasitas (em cinco ninhos).

*Tetrapedia diversipes* foi a espécie dominante com 89,6 % das nidificações e 86,1 % das emergências.

Além das espécies fundadoras uma espécie de abelha cleptoparasita, *Coelioxoides waltheriae*, ocupou os ninhos. Uma espécie de parasita não-abelha, *Anthrax hylaios*, foi registrado em sete ninhos de onde emergiram oito indivíduos (Tabela 11).

**Tabela 5.** Número de ninhos (N) e indivíduos (I) das espécies de abelhas fundadoras em cada estação de coleta no Parque Estadual da Serra da Cantareira no período entre fevereiro/07 a março/08. Foram instaladas cinco estações de coleta, por motivo de roubo e vandalismo apenas três estações de coleta foram consideradas.

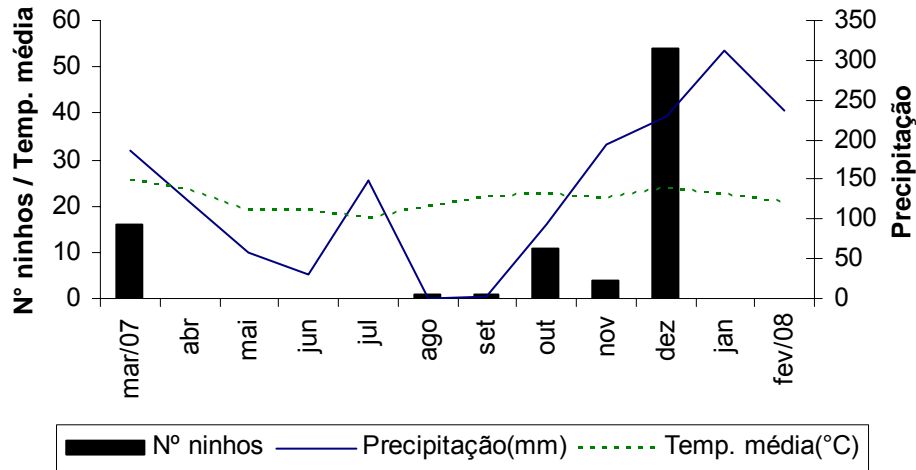
<b>Espécies</b>	<b>Est.1 (N ; I)</b>	<b>Est.2 (N ; I)</b>	<b>Est.3 (N ; I)</b>	<b>TOTAL (N ; I)</b>
<i>Tetrapedia diversipes</i>	3 ; 4	32 ; 47	43 ; 85	78 ; 136
<i>Tetrapedia</i> sp.	1 ; 1	8 ; 21		9 ; 22
<b>TOTAL (N ; I)</b>	<b>4 ; 5</b>	<b>40 ; 68</b>	<b>43 ; 85</b>	<b>87 ; 158</b>

As nidificações das abelhas na Cantareira tiveram início logo no primeiro mês após a instalação das armadilhas. O período com maior número de nidificações correspondeu ao mês de dezembro/07 e entre os meses de abril/07 a julho/07 não ocorreu nidificação (Fig. 16). As nidificações apresentaram fraca correlação com os valores mensais médios de temperatura ( $r=0,612$  e  $p=0,034$ ) e não apresentaram correlação com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,037$  e  $p=0,908$ ).

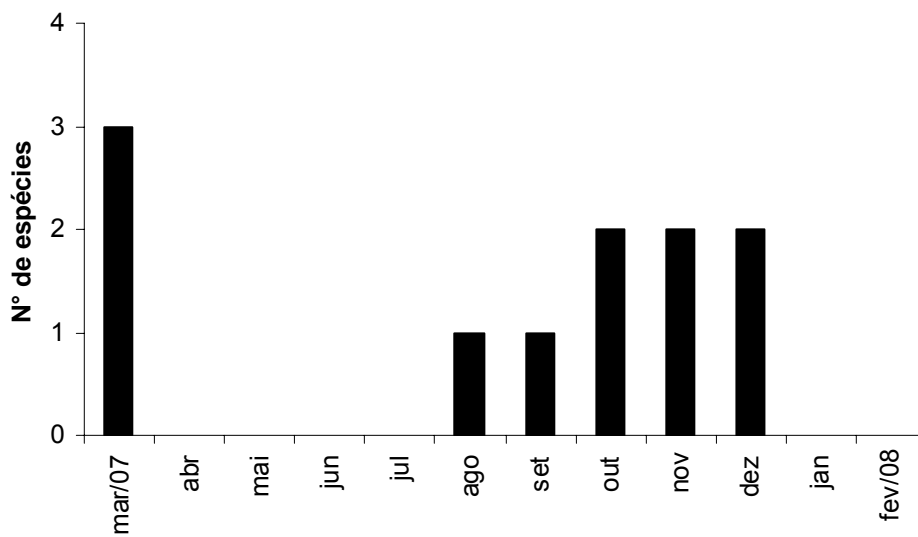
A taxa de ocupação das espécies nos ninhos-armadilha nesta localidade foi de 14,5%. No mês de março/07 as três espécies ocuparam os ninhos (Fig. 17).

As abelhas da Cantareira começaram a emergir em julho/07 e os últimos indivíduos contabilizados nasceram em abril/08. As emergências foram mais intensas em fevereiro/08 (Fig. 18). As emergências não apresentaram correlação com os valores

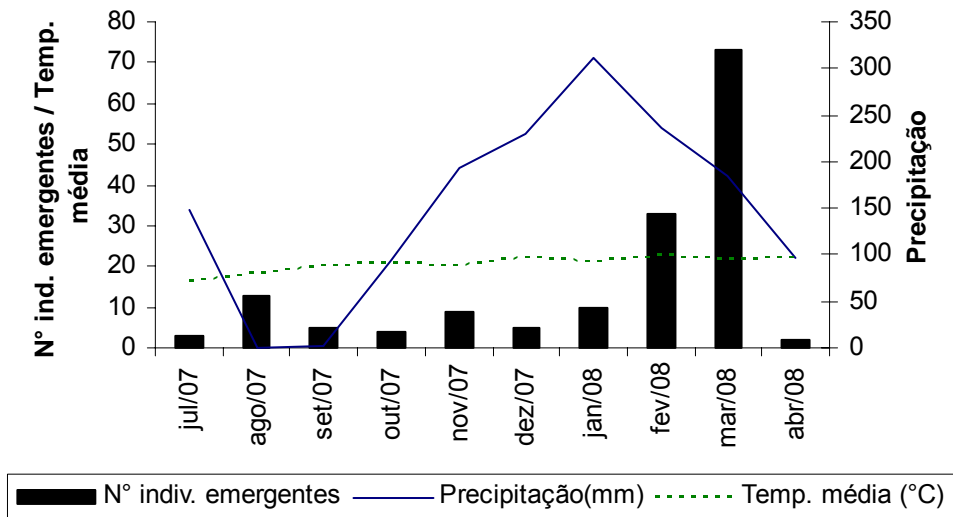
mensais médios de temperatura ( $r=0,224$  e  $p=0,532$ ), tão pouco com os valores mensais acumulados de precipitação ( $r=0,322$  e  $p=0,363$ ).



**Fig. 16.** Nidificações no Parque Estadual da Serra da Cantareira relacionadas com os valores mensais médios de temperatura e com os valores mensais acumulados de precipitação no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 17.** Número de espécies de abelhas (fundadoras e cleptoparasitas) no Parque Estadual da Serra da Cantareira no período entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 18.** Indivíduos emergentes dos ninhos provenientes do Parque Estadual da Serra da Cantareira relacionados com os valores mensais médios de temperatura e valores mensais acumulados de precipitação do campus da Universidade de São Paulo (município de São Paulo), onde os ninhos foram mantidos até a emergência dos indivíduos, no período de julho/07 a abril/08.

## Índices de diversidade, uniformidade e similaridade das áreas de estudo

O Parque das Neblinas apresentou os maiores valores de diversidade nos índices de Simpson e Shannon-Wiener apesar da riqueza de espécies (5) ser menor em comparação a Boracéia (7) e Ilhabela (8), provavelmente devido a proporção com que as espécies estão presentes ( $ED=0,59$  e  $J'=0,68$ ) ser mais equitativa (Tabela 6). Em Boracéia a dominância de *Tetrapedia diversipes* provavelmente influenciou nos baixos valores dos índices de diversidade encontrados para esta localidade (Tabela 6). Ilhabela ficou em segundo lugar quanto aos índices de diversidade, provavelmente devido à dominância de *Tetrapedia diversipes*.

**Tabela 6.** Número total de abelhas (fundadoras e cleptoparasitas) ( $N$ ), riqueza de espécies ( $S$ ), dominância de Simpson ( $c$ ), diversidade de Simpson ( $D$ ), diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitatividade dada pelo índice de Simpson ( $ED$ ) e equitatividade dada pelo índice de Shannon-Wiener ( $J'$ ) das áreas de estudo no período entre fevereiro/07 a março/08.

Áreas de estudo	$N$	$S$	$c$	Índices de diversidade			
				$D$	$H'$	$ED$	$J'$
Boracéia	279	7	0,80	0,20	0,48	0,23	0,25
Parque das Neblinas	67	5	0,47	0,53	1,07	0,59	0,68
Ilhabela	626	8	0,63	0,39	0,81	0,30	0,39
Cantareira	166	3	0,69	0,31	0,58	0,59	0,52

Quanto à similaridade da composição de espécies nas áreas de estudo calculada pelo coeficiente de Sorensen variou entre 0,20 a 0,36 o que significa que menos da metade das espécies são comuns às comunidades. Ilhabela e Cantareira ( $Cs=0,36$ ) se apresentaram como as áreas mais “semelhantes” e Boracéia e Cantareira as mais dissimilares (Tabela 7). A similaridade levando em conta a abundância das espécies, calculado pelo índice Morisita-Horn, variou entre 0,9317 a 0,9839. Neste caso Boracéia e Cantareira foram as áreas mais similares ( $Cmh=0,9839$ ) (Tabela 7). Com isso verifica-se que a composição da comunidade nas áreas é dissimilar, porém a distribuição da abundância relativa das espécies foi mais semelhante.



**Tabela 7.** Similaridade entre as áreas de estudo conforme a composição de espécies (Sorensen) e abundância de indivíduos (Morisita) no período entre março/07 a fevereiro/08.

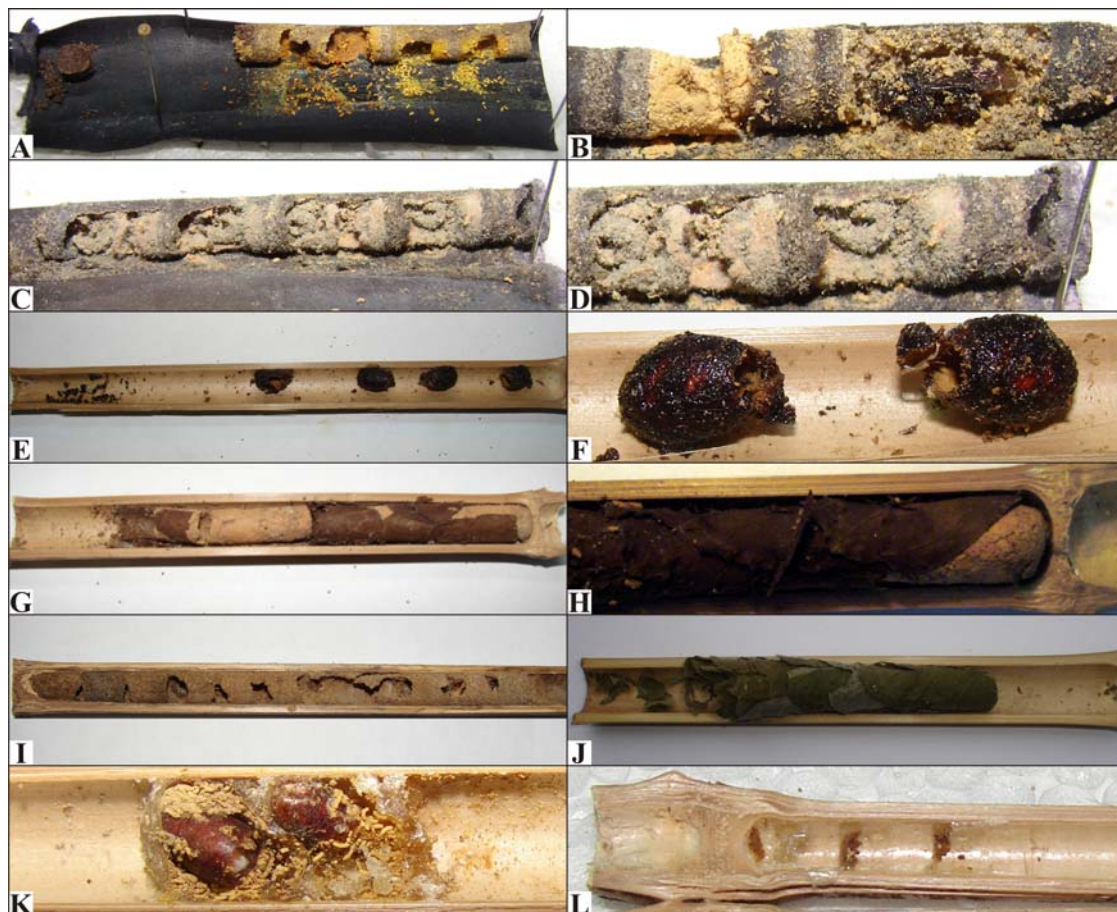
<b>Áreas de estudo</b>	<b>Sorensen</b>	<b>Morisita-Horn</b>
Ilhabela x Cantareira	0,36	0,9704
Boracéia x Pque. das Neblinas	0,33	0,9317
Pque. das Neblinas x Ilhabela	0,31	0,9644
Boracéia x Ilhabela	0,27	0,9728
Pque. das Neblinas x Cantareira	0,25	0,9363
Boracéia x Cantareira	0,20	0,9839

## Tipos de ninhos-armadilha utilizados

Em relação aos tipos de ninhos-armadilha utilizados, os tubos de cartolina foram utilizados em maior número (aproximadamente 90% dos ninhos fundados), no entanto os tubos de bambu foram utilizados por um número maior de espécies (9) (Tabela 8). *Tetrapedia diversipes* nidificou em todos os tipos de ninhos-armadilha, mas mostrou nítida preferência por tubos de cartolina, enquanto que *Centris tarsata* Smith preferiu os tubos de bambu. A espécie de *Hylaeus* e as espécies de *Megachile* e Euglossini fundaram ninhos apenas nos tubos de bambu. Em relação ao diâmetro dos tubos de cartolina os menores (TP1 e TP2) foram os mais utilizados e tanto os tubos curtos como os longos (Tabela 8). Nos tubos de bambu os diâmetros de 0,8 a 1,3 cm foram os mais utilizados, no entanto esta preferência variou conforme a espécie (Tabela 14). A Figura 19 ilustra os tipos de materiais utilizados para a construção dos ninhos. *Megachile (Acentron)* sp. utilizou barro e folhas na elaboração das células, enquanto *Megachile (A.) sussurans* Haliday construiu as células somente com folhas intercaladas (Figura 19).

**Tabela 8.** Número de ninhos fundados e espécies nidificantes nos diferentes tipos de ninhos-armadilha utilizados no período entre março/07 a fevereiro/08.

Espécies nidificantes	TP1	TP2	TG	Bambu
<i>Centris tarsata</i>	1	2	3	28
<i>Euglossa anodorhynchi</i>				2
<i>Euglossa truncata</i>				1
<i>Tetrapedia diversipes</i>	216	212	13	5
<i>Tetrapedia</i> sp.	9			
<i>Hylaeus aff. brachyceratomerus</i>				1
<i>Anthodioctes santosi</i>	1			
<i>Megachile (Acentron)</i> sp.				4
<i>Megachile (A.) sussurans</i>				2
<i>Megachile (M.) maculata</i>				3
<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp.				1
<b>Total de ninhos fundados</b>	227	214	16	47
<b>Total de espécies</b>	4	2	2	9



**Fig. 19.** Ninhos fundados nas áreas estudo no período entre março/07 a fevereiro/08. A - ninho de *Tetrapedia diversipes*; B - ninho de *Tetrapedia diversipes* com detalhe de adulto morto; C - ninho de *Tetrapedia diversipes* com proliferação de fungos; D - ninho de *Tetrapedia diversipes* com detalhe da proliferação de fungos e larva morta; E - ninho de *Euglossa truncata*; F - ninho de *Euglossa truncata* com detalhe das células construídas; G - ninho de *Megachile (Acentron) sp.*; H - ninho de *Megachile (Acentron) sp.* com detalhe dos tipos de materiais utilizados, folha e barro; I - ninho de *Centris tarsata*; J - ninho de *Megachile (A.) sussurans*. K - ninho de espécie fundadora desconhecida com detalhe para os casulos da abelha cleptoparasita *Auostrelis iheringi*; L - ninho de *Hylaeus aff. brachyceratomerus*.

## Período de desenvolvimento e mortalidade

O período de desenvolvimento dos imaturos variou conforme a espécie fundadora e também dentro da mesma espécie (Tabela 9). Em *Centris tarsata* e *Tetrapedia diversipes*, por exemplo, alguns indivíduos emergiram com menos de um mês após a fundação do ninho e outros vários meses depois (5-12 meses). Isso pode indicar um período de diapausa, principalmente para aqueles ninhos fundados (ou células construídas) no outono. Neste caso, os meses de inverno são passados em forma de larva madura (após consumo do alimento).

Como mencionado anteriormente em 254 ninhos fundados nas áreas ocorreu mortalidade total dos indivíduos, dos quais não foi possível conhecer a espécie fundadora.

Em ninhos com mortalidade parcial (262) foram registrados 405 indivíduos mortos em diferentes fases do desenvolvimento (Tabela 10). Em *Tetrapedia diversipes* a mortalidade corresponde a 31,6% das células construídas, sendo principalmente na última fase de desenvolvimento (adultos pré-emergentes). As causas das mortalidades devem-se ao ataque de parasitas, inclusive parasitóides do gênero *Melittobia* e infestação por fungos. Porém, em alguns casos a causa foi desconhecida.

**Tabela 9.** Tempo de desenvolvimento das espécies que fundaram ninhos nas áreas de estudo entre março/07 a fevereiro/08.

Espécies nidificantes	Nº de ninhos	Tempo de desenvolvimento (dias)	
		Min - Max	Média ± desvp
<i>Centris tarsata</i>	34	26 - 149	47,8 ± 19,6
<i>Euglossa anodorhynchi</i>	2	67 - 87	77 ± 14,1
<i>Euglossa truncata</i>	1	61	61
<i>Tetrapedia diversipes</i>	446	21 - 366	100,1 ± 78,9
<i>Tetrapedia</i> sp.	9	91 - 281	147,9 ± 51,5
<i>Hylaeus aff. brachyceratomerus</i>	1	33	33
<i>Anthodioctes santosi</i>	1	264	264
<i>Megachile (Acentron)</i> sp.	4	40 - 336	172,7 ± 154,3
<i>Megachile (A.) sussurans</i>	2	29 - 41	35 ± 8,5
<i>Megachile (M.) maculata</i>	3	26 - 57	39,3 ± 15,9
<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp.	1	43	43

**Tabela 10.** Número de indivíduos mortos das espécies fundadoras nas diferentes fases de desenvolvimento nas áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/08.

<b>Espécies</b>	<b>Indivíduos mortos</b>	<b>Larva</b>	<b>Pupa</b>	<b>Adulto pré-emergente</b>
<i>Centris tarsata</i>	16	2	1	13
<i>Euglossa anodorhynchi</i>	1	-	-	1
<i>Tetrapedia diversipes</i>	379	98	17	264
<i>Megachile (Acentron) sp.</i>	2	-	1	1
<i>Megachile (M.) maculata</i>	2	-	-	1
<i>Megachile (A.) sussurans</i>	4	4	-	-
<i>Megachile (Ptilosarus) sp.</i>	1	-	-	1
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>104</b>	<b>19</b>	<b>281</b>

## Parasitismo

Nas áreas de estudo 131 ninhos foram parasitados por dípteros, coleópteros, himenópteros (vespas e outras abelhas) que correspondem a 17,2% dos ninhos fundados. Entre as abelhas cleptoparasitas *Coelioxoides waltheriae* foi a espécie mais freqüente parasitando ninhos de *Tetrapedia diversipes* na Cantareira e em Ilhabela. Dezesesseis indivíduos de *Coelioxoides waltheriae* emergiram de ninhos nos quais os hospedeiros não nasceram (Tabela 11), porém as características dos ninhos indicam que pertencem ao gênero *Tetrapedia*, como por exemplo, o tamanho da célula e o material utilizado para a construção. *Centris tarsata* foi atacada por parasitas de diferentes grupos: *Anthrax*, Meloidae, *Mesocheira* e *Coelioxys* (Tabela 11). O hospedeiro de *Austrostelis iheringi* não foi conhecido, o ninho parasitado por esta espécie foi construído com resina clara, lembrando ninhos de Anthidiini (Fig.19).

Os parasitas não-abelhas mais frequentes foram as espécies de *Anthrax* (*Anthrax hylaios* e *Anthrax oedipus* Fabricius), muitos nasceram de hospedeiros desconhecidos, mas 37 indivíduos em ninhos de *Tetrapedia diversipes* (Tabela 11).

**Tabela 11.** Espécies parasitas e suas respectivas espécies hospedeiras em ninhos-armadilha nas quatro áreas de estudo fundados no período entre março/07 a fevereiro/08.

<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Espécies parasitas</b>	<b>Indivíduos emergentes</b>	<b>Espécies hospedeiras</b>
Diptera				
	Bombilidae	<i>Anthrax hylaios</i> Marston	24	<i>Tetrapedia diversipes</i>
			4	<i>Centris tarsata</i>
			21	*
		<i>Anthrax oedipus</i> Fabricius	13	<i>Tetrapedia diversipes</i>
			1	<i>Megachile (Acentron)</i> sp.
			7	*
Coleoptera				
	Meloidae	<i>Tetraonyx sexguttatus</i> Olivier	2	<i>Centris tarsata</i>
Hymenoptera				
	Eulophidae	<i>Melittobia</i> sp.	1 <sup>+</sup>	<i>Megachile sussurans</i>
	Leucospidae	<i>Leucospis egaia</i> Walker	7	<i>Megachile maculata</i>
	Apidae	<i>Coelioxoides waltheriae</i> Ducke	22	<i>Tetrapedia diversipes</i>
			16	*
		<i>Mesocheira bicolor</i> Fabricius	1	<i>Centris tarsata</i>
			2	*
	Megachilidae	<i>Austrostelis iheringi</i>	1	*
		<i>Coelioxys</i> sp.1	2	<i>Centris tarsata</i>
			4	*
		<i>Coelioxys</i> sp.2	2	<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp.
		<i>Coelioxys</i> sp.3	1	<i>Megachile maculata</i>

\* Hospedeiro desconhecido; <sup>+</sup> Muitos indivíduos em um ninho.

## Razão sexual em *Tetrapedia diversipes*

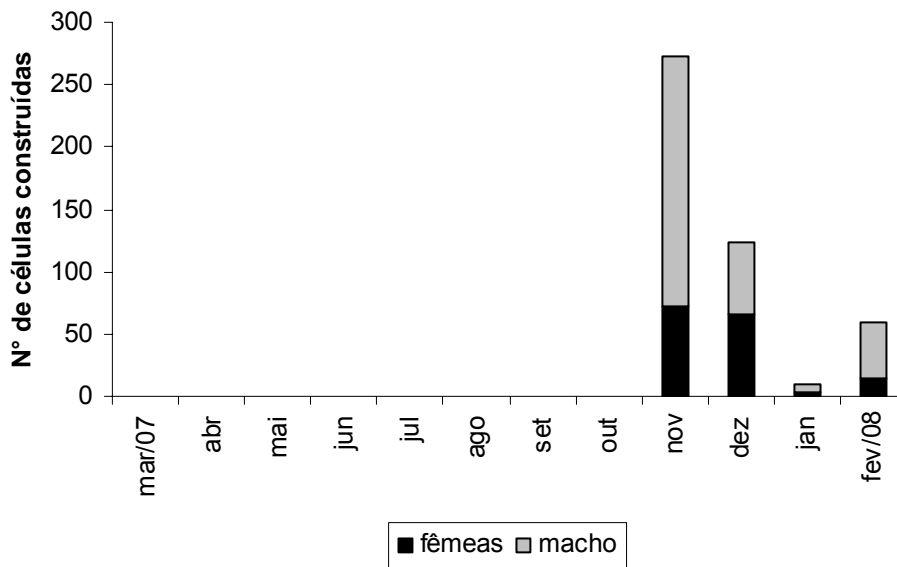
*Tetrapedia diversipes* foi a espécie mais freqüente e ocorreu nas quatro áreas de estudo em quase todos os meses amostrados, exceto em julho/07 (Tabela 13). Em 446 ninhos emergiram 910 indivíduos, sendo 522 machos e 388 fêmeas (Tabela 13). No entanto a razão sexual foi diferente nas quatro localidades: em Boracéia e Neblinas a razão foi de 1:1, na Ilhabela foi de praticamente 2:1 e na Cantareira foi levemente enviesada para fêmea (0,7:1) (Tabela 12).

Foi verificado que nas células construídas no mês de dezembro/07 ocorreu alterações nas razões sexuais em comparação ao mês anterior. Em Ilhabela por exemplo, a razão sexual foi praticamente 1:1 (58 machos e 66 fêmeas) e na Cantareira inverteu drasticamente enviesando para fêmeas (0,4:1) (Fig. 20 e 21). Provavelmente esta alteração está associada à maior disponibilidade de recursos na natureza.

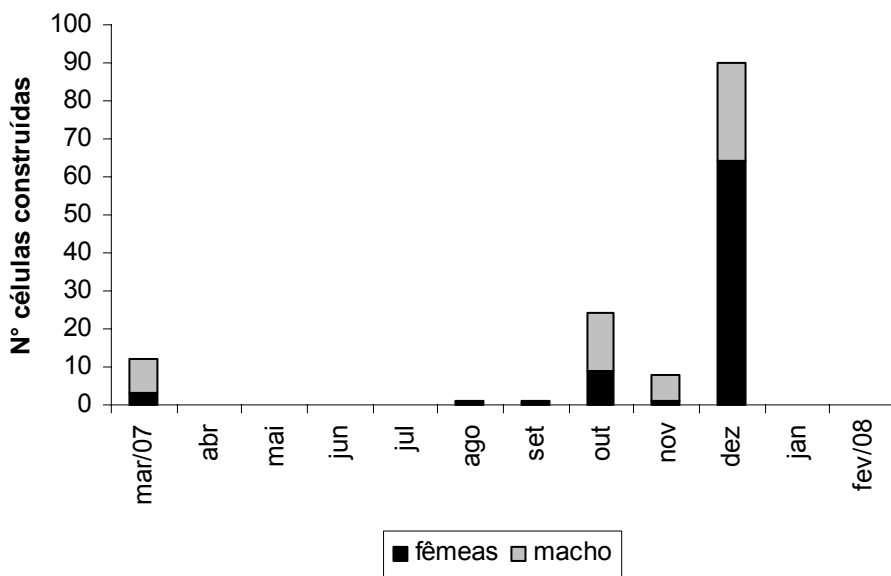
**Tabela 12.** Indivíduos machos e fêmeas de *Tetrapedia diversipes* emergentes nas quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/08.

Áreas de estudo	Machos	Fêmeas	Razão sexual	Células construídas em dezembro/07	
				Macho	Fêmea
Boracéia	124	125	1:1	30	48
Pque. das Neblinas	23	21	1:1	1	3
Ilhabela	318	163	2:1	58	66
Cantareira	57	79	0,7:1	26	64





**Fig. 20.** Células de machos e fêmeas de *Tetrapedia diversipes* construídas na Ilhabela entre março/07 a fevereiro/08.



**Fig. 21.** Células de machos e fêmeas de *Tetrapedia diversipes* construídas na Cantareira entre março/07 a fevereiro/08.

**Tabela 13.** Número de ninhos, número indivíduos machos e fêmeas das espécies fundadoras nas quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/08.

Espécies	Mar/07	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev/08	N° total de ninhos	N° total de indivíduos	♂	♀
<i>Centris tarsata</i>									30	3	1		34	98	75	23
<i>Euglossa anodorhynchi</i>								1	1				2	5	5	0
<i>Euglossa truncata</i>										1			1	3	1	2
<i>Tetrapedia diversipes</i>	8	9	8	1		1	2	24	133	153	38	69	446	910	522	388
<i>Tetrapedia</i> sp.	9												9	22	14	8
<i>Hylaeus aff. brachyceratomerus</i>										1			1	2	2	0
<i>Anthodioctes santosi</i>												1	1	1	1	0
<i>Megachile (Acentron)</i> sp.									2	1		1	4	13	13	1
<i>Megachile (A.) sussurans</i>						1				1			2	10	8	2
<i>Megachile (M.) maculata</i>									2	1			3	17	7	10
<i>Megachile (Ptilosarus)</i> sp.								1					1	5	5	0
<b>Total</b>	17	9	8	1	0	2	2	26	168	161	40	71	505	1085	653	434

**Tabela 14.** Medidas dos ninhos (cm) em tubos de cartolina (TC) e em tubos de bambu (B) das espécies fundadoras nas quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/08.

	Nº de ninhos nos diferentes tipos de substrato	Diâmetro da cavidade mín-máx	Comprimento do ninho mín-máx (média±desvp)	Total de células construídas	Nº de células por ninho min-max (média±desvp)	Comprimento das células mín-máx (média±desvp)
<i>Centris tarsata</i>	TC: 6	0,6-0,8	2,5-3,3 (2,9±0,4)	12	2-3 (2,0±0,6)	0,8-1,2 (1,0±0,16)
	B: 28	0,8-1,3	1,8-13,7 (7,4±3,2)	164	2-11 (5,9±2,5)	0,7-1,7 (1,1±0,28)
<i>Euglossa anodorhynchi</i>	B: 2	1,2-1,4	5,2-5,5 (5,4±0,2)	10	4-6 (5,0±1,4)	0,8-1,3 (0,9±0,17)
<i>Euglossa truncata</i>	B: 1	1,3	10,4	4	4	1,2-1,4 (1,3±0,08)
<i>Tetrapedia diversipes</i>	TC: 441	0,6-0,8	1,1-8,2 (3,5±1,3)	1168	1-6 (2,6±1,1)	0,5-1,8 (0,9±0,19)
	B: 5	0,6-1,2	10,2-13 (11,7±1,3)	31	4-11 (6,2±3,1)	0,6-1,5 (0,9±0,2)
<i>Tetrapedia</i> sp.	TC: 9	0,6	3,4-4,9 (4,4±0,6)	30	2-4 (3,3±0,7)	0,5-1,8 (1,2±0,7)
<i>Hylaeus aff. brachyceratomerus</i>	B: 1	0,6	2,1	2	2	0,9
<i>Anthodioctes santosi</i>	TC: 1	0,6	1,9	2	2	0,8
<i>Megachile (Acentron)</i> sp.	B: 4	0,9-1,2	9-12 (10,45±1,3)	20	1-7 (5,0±3,2)	1-7 (1,2±0,05)
<i>Megachile (A.) sussurans</i>	B: 2	0,7	11-12 (11,5±0,7)	14	7	1,5
<i>Megachile (M.) maculata</i>	B: 3	1-1,2	8-20 (13,5±6,06)	20	1-11 (6,7±5,1)	1,0-1,5 (1,2±0,3)
<i>Megachile(Ptilosarus)</i> sp.	B: 1	0,7	12,1	7	7	1,8

## DISCUSSÃO

Com o resultado das abelhas capturadas no presente estudo acrescentamos quatro espécies à lista de abelhas já registradas em ninhos-armadilhas (Garófalo *et al* 2004), são elas: *Euglossa (Euglossa) anodorhynchi* Nemésio, *Hylaeus* aff. *brachyceratomerus* Moure, *Anthodioctes santosi* Urban, *Megachile (Moureapis) maculata* Smith.

Em um levantamento ao longo de um extenso gradiente latitudinal na Mata Atlântica (07° a 26°S; 17 localidades) utilizando 10 armadilhas do tipo Malaise e 100 pratos-armadilha amarelos (Gonçalves & Brandão 2008) não foram capturadas nenhuma das espécies coletadas com ninhos-armadilha neste estudo, nem mesmo as mais comuns como *T. diversipes* e *C. tarsata*. Isso demonstra a utilidade desta metodologia para complementar inventários faunísticos.

Das quatro áreas estudadas, em duas delas (Boracéia e Cantareira) foram realizados anteriormente levantamentos de abelhas, com coletas com rede entomológica nas flores e iscas aromáticas para abelhas da tribo Euglossini (Wilms 1995, Ramalho 1995). Na Cantareira Ramalho (1995) registrou 169 espécies de abelhas, três das quais foram confirmadas na amostragem com ninhos armadilha. Em Boracéia Wilms (1995) registrou 253 espécies, entre elas três que também foram coletadas no presente estudo (*Tetrapedia diversipes*, *Centris tarsata* e *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure), e uma espécie de *Coelioxys* (*C. sp.3*) que pode corresponder a uma quarta espécie coincidente, porém não foi possível checar e comparar a identidade da morfoespécie coletada em 1995.

Além destas abelhas já conhecidas para Boracéia, com a utilização de ninhos-armadilha registrou-se a ocorrência de três novas espécies: *Euglossa anodorhynchi*, *Austrostelis iheringi* e *Megachile (M.) maculata*, demonstrando novamente o valor desta metodologia complementar.

Mesmo para as espécies já conhecidas para as duas localidades, com a utilização dos ninhos-armadilha, foram obtidas informações adicionais sobre o período de atividade, material utilizado na construção dos ninhos, razão sexual e parasitas associados. Todos estes dados são bastante relevantes para conhecimento desta fauna. Por exemplo, sabemos que nesta localidade os indivíduos de *Centris tarsata* em média levam cerca de 48 dias para completar o desenvolvimento. Para *Euglossa truncata* verificou-se que constroem ninhos em bambu e que o tempo médio de desenvolvimento é de aproximadamente 60 dias. Para *Tetrapedia diversipes* a quantidade de novas informações foi bem maior, pois

em Boracéia capturaram-se 116 ninhos desta espécie, dos quais emergiram 249 indivíduos (124 machos e 125 fêmeas). O período de maior abundância nos ninhos coincide com os meses em que esta espécie foi coletada por Wilms (1995) (outubro-abril). Wilms (1995) coletou 2 machos em flores de Verbenaceae (plantas de néctar) e 11 fêmeas em flores de Asteraceae e Onagraceae (plantas de pólen). Provavelmente as plantas destas famílias são as fontes polínicas para *Tetrapedia diversipes*, entretanto, futuras análises do conteúdo polínico do aprovisionamento poderão confirmar esta hipótese. Foram obtidas também informações sobre os parasitas que atacam *Tetrapedia diversipes* (*Anthrax hylaios*). Para eventual possibilidade de criação desta espécie para fins comerciais, este conhecimento pode ser útil e preventivo.

Para Ilhabela e Parque das Neblinas, localidades nunca antes amostradas sistematicamente quanto as suas apifaunas, este trabalho contribuiu com um conhecimento inédito sobre as espécies que utilizam cavidades pré-existentes. Sobretudo em Ilhabela o número de ninhos fundados foi surpreendente (269). Os dados obtidos para as oito espécies ocupantes já possibilitam estudos populacionais mais direcionados, como por exemplo, dinâmica populacional e flutuação anual de *Tetrapedia diversipes*, a espécie dominante.

As duas áreas menos antropizadas neste estudo, Ilhabela e Boracéia, registraram o maior número de ninhos fundados (269 e 123 respectivamente) e também o maior número de espécies ocupantes (8 e 7 respectivamente). O fato da vegetação dessas localidades estar em bom estado de conservação provavelmente implica na maior disponibilidade de recursos para as abelhas. Porém, deve-se ressaltar que ambientes bem preservados devem dispor de um número maior de cavidades pré-existentes naturais, e dessa forma talvez os ninhos-armadilha não sejam tão atrativos.

No Parque das Neblinas cinco espécies utilizaram os ninhos-armadilha e trata-se de uma área com vegetação composta de plantios de eucaliptos e vegetação nativa em diferentes estágios de sucessão. Certamente este histórico de antropização devido às plantações de eucalipto, influencia na composição da comunidade atual. Tanto nas estações de coleta localizadas nos plantios de eucalipto, quanto naquelas dispostas nas áreas com vegetação secundária o número de ninhos fundados e espécies ocupantes foi baixo. Apesar do Parque das Neblinas apresentar menor riqueza de espécies, obteve os maiores valores para os índices de diversidade influenciados pela maior equidade na abundância das espécies.

Entre as áreas estudadas o Parque Estadual da Cantareira é a localidade que mais sofre influência antrópica, pois está localizada na região metropolitana de São Paulo. Nesta área a riqueza foi menor, com apenas 3 espécies, e mais dissimilar quando comparada com a Boracéia em termos de composição de espécies. Certamente a antropização no entorno do parque da Cantareira deve exercer influência neste resultado contrastante das duas localidades.

O número de espécies capturadas nas quatro áreas estudadas variou entre três a oito, semelhante a outros trabalhos com ninhos-armadilha no estado de São Paulo em fragmentos florestais (Alves-dos-Santos 2003, Marchi & Melo 2008), porém foi menor se comparado aos estudos realizados em áreas de cerrado (Camilo *et al* 1995, Garófalo 2000, Gazola 2003), ou fragmentos florestais em outras regiões do Brasil (Morato & Campos 2000; Buschini 2006). Essas diferenças ocorrem mesmo em habitats semelhantes e é devido a diversos fatores, tais como: potencial de riqueza de espécies na área de estudo, abundância de recursos para a provisão e materiais para a construção dos ninhos (Alves-dos-Santos 2003), disposição dos ninhos-armadilha (Frankie *et al* 1988, Morato 2001b, Ferreira & Martins 2008), tipos de cavidades oferecidas (Bosch 1995), disponibilidade de cavidades naturais pré-existentes (Frankie *et al* 1988, Potts *et al* 2005) e tempo de amostragem.

A estrutura da comunidade das abelhas nidificantes nos ninhos-armadilha revelou que a maioria das espécies foi rara com poucos ninhos. A dominância de poucas espécies de abelhas em ninhos-armadilha também foi demonstrada em outros estudos (Perez-Maluf 1993; Morato & Campos 2000; Aguiar *et al* 2005).

*Tetrapedia diversipes* foi a espécie dominante nas quatro localidades, o que foi verificado também em outros levantamentos no estado de São Paulo (Camilo *et al* 1995, Garófalo 2000, Garófalo 2008). Provavelmente a alta taxa de ocupação desta espécie nos ninhos-armadilhas seja um reflexo do comportamento gregário de *Tetrapedia diversipes*. As cavidades se tornam atrativas à medida que mais fêmeas ocupam o local e ao que tudo indica existe uma alta taxa de reutilização dos indivíduos no local de nascimento. Estas características reforçam o potencial de uso de *Tetrapedia diversipes* em criação comercial.

Em outras regiões do Brasil, espécies de *Centris* foram dominantes na ocupação dos ninhos-armadilhas (Perez-Maluf 1993; Morato & Campos 2000; Viana *et al* 2001, Aguiar & Martins 2002, Aguiar *et al* 2005; Buschini 2006). No presente estudo foi capturada apenas *Centris tarsata*. Autores sugerem que esta espécie tenha preferência por nidificar em áreas quentes e com vegetação aberta ou secundária (Perez-Maluf 1993; Viana *et al*

2001; Aguiar *et al* 2005). Os 32 ninhos fundados por *Centris tarsata* em Ilhabela, foram amostrados nas duas estações de coletas localizadas em área ensolarada e descampada.

Apesar de não encontrar uma clara correlação com a taxa de nidificação e as condições climáticas de temperatura e precipitação, nas áreas de estudo o período com maior frequência de nidificações correspondeu aos meses da estação quente e chuvosa. Isso foi demonstrado em outros estudos no estado de São Paulo (Camilo *et al* 1995, Jesus & Garófalo 2000, Garófalo 2000, Alves-dos-Santos 2003, Marchi & Melo 2008) e também em outras regiões (Thiele 2005, Aguiar *et al* 2005), mesmo para as espécies com ciclos multivoltinos (Aguiar & Garófalo 2004). As baixas temperaturas e umidade relativa provavelmente têm um efeito negativo nas atividades de abelhas solitárias. Segundo Martins *et al* (2001) a diapausa pode ser uma estratégia de sobrevivência em períodos desfavoráveis.

A maior ocupação nos tubos de cartolina foi influenciada pelo alto índice de nidificação de *Tetrapedia diversipes* neste tipo de material. No entanto, os gomos de bambu foram utilizados por um maior espectro de espécies, provavelmente, por estes apresentarem diâmetros variáveis preenchendo os requisitos de escolha de cavidade das fêmeas das diversas espécies, como mencionado por Garófalo (2008). As fêmeas escolhem as cavidades para construir o ninho relacionado com o seu tamanho (Garófalo *et al* 1989, Jesus & Garófalo 2000) e o tipo de material preferencial (Ferreira & Martins 2008).

A arquitetura dos ninhos fundados nas quatro áreas de estudo revela muita semelhança com àqueles descritos na literatura para as seguintes espécies: *Tetrapedia diversipes* (Camillo 2005, Alves-dos-Santos *et al* 2002), *Centris tarsata* (Silva *et al* 2001, Aguiar & Garófalo 2004, Aguiar *et al* 2005), *Anthodiocetes* (Alves-dos-Santos 2004, Camarotti-de-Lima & Martins 2005), *Euglossa truncata* (Garófalo *et al* 1993), *Euglossa anodorhynchi* (Marchi & Melo 2008), principalmente quanto ao tipo de material utilizado, tamanho e disposição das células. Os ninhos de *Megachile (Acentron)* sp. foram construídos de barro com folhas, semelhantes aos ninhos descritos por Zillikens & Steiner (2004) para *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides*. O ninho de *Hylaeus aff. brachyceratomerus* possui características e dimensões parecidas ao ninho de *Hylaeus guaraniticus* (Cordeiro & Alves-dos-Santos 2008).

Segundo Couto & Camillo (2007) a taxa de mortalidade em abelhas que nidificam em cavidades pré-existent varia entre 3,9% a 62,6%, geralmente atribuída a causas desconhecidas. No entanto, muitos trabalhos diagnosticaram a proliferação de fungos

como uma das causas principais da mortalidade dos imaturos (Morato 2001a, Camarotti-de-Lima & Martins 2005). No presente estudo este também parece ser o principal motivo. Mesmo não tendo registro dos dados de umidade relativa do ar nas localidades estudadas, o período de maior atividade das abelhas coincide com altos índices de precipitação na região. Nestas localidades a pluviosidade anual é acima de 1.300 mm e a umidade do ar elevada.

Além dos fungos, parasitas abelhas e não-abelhas foram responsáveis pela mortalidade de muitos indivíduos das espécies fundadoras. Várias espécies cleptoparasitas já conhecidas em outros estudos foram registradas, como: *Coelioxoides waltheriae* (em *Tetrapedia diversipes*), *Coelioxys* spp. (em *Megachile* spp. e *Centris tarsata*) e *Mesocheira bicolor* (em ninhos de *Centris tarsata*) (Krombein 1967, Morato *et al* 1999, Jesus & Garófalo 2000, Aguiar & Martins 2002, Gazola 2003, Zillikens & Steiner 2004, Aguiar *et al* 2005, Aguiar *et al* 2006, Drummond *et al* 2008, Mesquita 2009). Entre os parasitas não-abelhas, bombilídeos do gênero *Anthrax* atacaram ninhos de pelo menos 3 espécies ocupantes. A ação destes dípteros em ninhos de abelhas solitárias foi registrada para espécies de *Centris* (Pereira *et al* 1999, Gazola 2003, Mesquita 2009), Euglossini (Mesquita 2009) e *Tetrapedia* (Camillo 2005, Gazola 2003, Mesquita 2009). Provavelmente a densidade de ninhos e a movimentação das abelhas em atividade exercam influência na atratividade destes parasitas.

Segundo diversos autores a fêmea fundadora dos ninhos tem controle sobre o sexo dos seus descendentes e a escolha pode estar relacionada com a disponibilidade de recursos florais (Gerber & Klostermeyer 1970, Torchio & Tepedino 1980, Frohlich & Tepedino 1986, Kim 1999). Em épocas de maior disponibilidade de recursos a alocação sexual é enviesada para descendentes fêmeas. No presente estudo dos ninhos fundados por *Tetrapedia diversipes* na Ilhabela emergiram mais machos do que fêmeas, resultando numa razão sexual enviesada para machos (2:1). No entanto nos mês de dezembro esta razão sexual foi de 1:1 em Ilhabela e enviesada para fêmeas na Cantareira. Provavelmente isso reflete a maior disponibilidade de alimento na natureza. Uma investigação deveria ser conduzida sobre os recursos florais utilizados por esta espécie durante a construção das células de cria, associando com os recursos disponíveis na região.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar AJC, Martins CF (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Rev. bras. Zoologia*, (1): 101-116.
- Aguiar CML (2002) Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha, em áreas de Caatinga e Floresta estacional semi-decídua do estado da Bahia, Brasil. *Anais do V Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto*, p 53-57.
- Aguiar CML, Garófalo CA (2004) Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool.* 21: 477-486.
- Aguiar CML, Garófalo CA, Almeida GF (2005) Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de floresta semi-decídua e caatinga, Bahia, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 22: 1030-1038.
- Aguiar CML, Garófalo CA, Almeida GF (2006) Nesting biology of *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool.* 23: 323-330.
- Allen-Wardell G, Bernhardt P, Bitner R, Burquez A, Buchmann S, Cane J, Cox PA, Dalton V, Feinsinger P, Inouye D, Ingram M, Jones CE, Kennedy K, Nabham GP, Pavlik B, Tepedino V, Torchio P, Walker S (1998) The potencial consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8-17.
- Almeida, DS (2000) *Recuperação ambiental da Mata Atlântica, Ilhéus, Ba.* Editora Edittus, Ilhéus.
- Alves-dos-Santos I (2002) A vida de uma abelha solitária. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n.179, p. 60-62.
- Alves-dos-Santos I (2003) Trap-nesting bees and wasps on the university campus in Sao Paulo, southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76 (2): 328-334.
- Alves-dos-Santos I, Melo GAR, Rozen JG (2002) Biology and immature stages of the bee tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). *Am. Mus. Novitates* 3377, 1-45.
- Alves-dos-Santos, I (2004) Biologia da nidificação de *Anthodioctes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 739-744.
- Arruda MB (2001) *Ecossistemas Brasileiros*. Brasília-DF, Ed. Ibama, 51p.

- Batra SW (1984) Solitary bees. *Sci. Amer.* 250: 86-93.
- Bawa KS, Perry DR, Beach JH (1985) Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* 72: 331-345.
- Beyer WN, Miller GW, Fleming WJ (1987) Populations of trap-nesting wasps and near major source of fluoride emissions in Western Tennessee. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 89: 478-482.
- Bohart GE (1972) Management of wild bees for the pollination of crops. *Annual Review of Entomology* 17: 287-312.
- Bosch J, & Kemp W (2001) How to Manage the Blue Orchard Bee. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD.
- Buschini MLT (2006) Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37: 58-66.
- Camarotti-de-Lima MF, Martins CF (2005) Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodiocetes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotropical entomology* 34(3): 375-380.
- Camillo E (2000) Biologia de *Tetrapedia curvitaris* em Ninhos-Armadilha (Hymenoptera, Apidae, Tetrapedini). *Anais do IV Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto*, p 103-110.
- Camillo E (2003) Polinização do Maracujá. Ribeirão Preto, Holo Editora, 44p.
- Camillo E (2005) Nesting biology of four *Tetrapedia* species in trap-nests (Hymenoptera, Apidae, Tetrapediini). *Rev. Biol. Trop.* 53: 175-186
- Camillo E, Garófalo CA, Serrano JC, Mucilo G (1995) Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. bras. Ent.* 39: 459-470.
- Campos LAO, Silveira FA, Oliveira ML, Abrantes CMV, Morato EF, Melo GAR (1989) Utilização de armadilhas para captura de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* 6(4): 621-626.
- Cane JH (1996) Lifetime monetary value of individual pollinators: the bee *Habropoda laboriosa* at rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). *Proceedings of the Sixth International Symposium on Vaccinium Culture, Orono, Maine, USA, August 12-17, 1996. Acta Horticulturae* 446: 67-70.
- Cordeiro GD, Alves-dos-Santos I (2008) Biologia de nidificação em *Hylaeus* (Colletidae). In: *Anais do VIII Encontro sobre Abelhas*: 192-197.

- Couto RM, Camilo E (2007) Influence of temperature on the immatures mortality of *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). (Influência da temperatura na mortalidade de imaturos de *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Iheringia Ser. Zool.* 97: 51-55.
- Drummont P, Silva FO, Viana BF (2008) Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em Fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, BA. *Neotropical Entomology* 37(3):239-246.
- Ferreira PF, Martins CF (2008) A Orientação e o Sombreamento dos Ninhos-Armadilha Influenciam as Taxas de Captura? Anais do VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, p 186-191.
- Frankie GW, Vinson SB, Newstrom L, Barthell JF (1988) Nest site and habitat preferences of *Centris* bees in the Costa Rican dry forest. *Biotropica* 20:301 – 310.
- Freitas BM, Oliveira-Filho JH (2003) Rational nesting box to carpenter bees (*Xylocopa frontalis*) in the pollination of passionfruit (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural* 33 (6): 1135-1139.
- Freitas BM, Paxton RJ (1998) A comparison of two pollinators: the introduced honey bee (*Apis mellifera*) and a indigenous bee (*Centris tarsata*) on cashew (*Anacardium occidentale* L.) in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology* 35 (1): 109-121.
- Frohlich DR, Tepedino VJ (1986) Sex ratio, parental investment, and interparent variability in nesting success in a solitary bee. *Evolution*, 40, 142-151.
- Garófalo CA (2000) Comunidades de Abelhas (Hymenoptera:Apoidea) que utilizam Ninhos-Armadilhas em fragmentos de matas do estado de São Paulo. Anais do IV Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, p 121-128.
- Garófalo CA (2008) Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em Ninhos-Armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. Anais do VIII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, p 208-217.
- Garófalo CA, Camillo E, Serrano JC (1989) Espécies de abelhas do gênero *Centris* (Hymenoptera, Anthophoridae) nidificando em ninhos-armadilha. *Ci.Cult.* 41: 799.
- Garófalo CA, Camillo E, Serrano JC, Rebêlo JMM (1993) Utilization of trap nest by Euglossini species (Hymenoptera: Apidae). *Rev. Bras. Biol.* 53:177-187.

- Garófalo CA, Martins CF, Alves-dos-Santos I (2004) The Brazilian solitary bee species caught in trap nests In: International Workshop on solitary bees and their role in pollination, Beberibe, CE. Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária. p.77 – 84.
- Gazola AL (2003) Ecologia de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual no Estado de São Paulo. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.
- Gerber HS, Klostermeyer EC (1970) Sex control by bees: a voluntary act of sex fertilization during oviposition. *Science* 167: 82–84.
- Gonçalves RB, Brandão CRF (2008) Diversidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae) ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, v. 8, p. 51-61.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analyses. *Paleontologia eletrônica* 4.
- I.F. - Instituto Florestal (2005) Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo. São Paulo. SMA/IF/Imprensa Oficial, 2005.200p.
- Jesus BMV, Garófalo CA (2000) Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 31: 503-515.
- Kageyama PY, Gandara FB (2000) Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F., Matas ciliares (conservação e recuperação). São Paulo: EDUSP; FAPESP. p.249-269.
- Kevan PG, & Phillips TP (2001) The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5(1): 8.
- Kevan PG, Imperatriz-Fonseca, V.L. (2000) Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 313p.
- Kim JY (1999) Influence of resource level on maternal investment in a leaf-cutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). *Behavioral Ecology*, 10, 552-556.
- Krombein KV (1967) Trap-nesting wasps and bees: life, histories, nests and associates. Washington, DC, Smithsonian Press, 570p.
- Krug C, Alves-dos-Santos I (2008) O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea), um estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology* 37 (3): 265-278.

- Leite PF, Klein RM (1990) Geografia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia; Estatística. Diretoria de Geociência. Rio de Janeiro: IBGE, 420p.
- Marchi P (2008) Biologia da nidificação de abelhas solitárias em áreas de Mata Atlântica. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas (Entomologia) - Universidade Federal do Paraná. 89 pp.
- Martins RP, Guerra STM, Barretos MS (2001) Variability in egg-to-adult development time in the bee *Ptilothrix plumata* and its parasitoids. *Ecological entomology*, Oxford, 26: 609-616.
- Mesquita TMS (2009) Diversidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de Cerrado, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 42 p.
- Michener CD (2000) The bees of the world. Johns Hopkins Univ. Press. Baltimore & London.
- Morato EF (2001a) Biologia e ecologia de *Anthodioctes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 18 (3): 729-736.
- Morato EF (2001b) Efeitos da fragmentação florestal sobre abelhas e vespas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. *Revta Brasil. Zool.* 18: 737-747.
- Morato EF, Campos LAO (2000) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Rev. bras. Zoologia.* 17 (2): 429-444.
- Morato EF, Garcia MVB, Campos LAO (1999) Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentadas na Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* 16: 1213-1222.
- Morisita M (1959) Measuring of interespecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser E (Biol.)*, 3: 65-80.
- Olesen JM, Jain SK (1994) Fragmented plant populations and their lost interactions. In V. Loeschcke, J. Tomiuk & Jain, S. K. (Eds.) *Conservation genetics*. BirkhŠuser, Basel. Pp. 417-426.
- Oliveira R, Schlindwein C (2009) Searching for a Manageable Pollinator for Acerola Orchards: The Solitary Oil-Collecting Bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) *J. Econ. Entomol.* 102(1): 265-273.

- Pedro SEM, Camargo JMF (2000) Apoidea Apiformes. In: Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. Vol 5, Eds: Brandão CRF, Cancellato EM-Liv.: Inv. Terrestres, São Paulo – FAPESP, Ribeirão Preto, p. 197-211.
- Pereira M, Garófalo CA, Camillo E, Serrano JC (1999) Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepelletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 30:1-12.
- Pérez-Maluf R (1993) Biologia de vespas e abelhas solitárias, em ninhos-armadilhas, em Viçosa - MG. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 87p.
- Pinheiro-Machado C, Silveira FA (2006) Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields, p.25-37. In V.L.I.Fonseca, A.M. Saraiva, & D.D. Jong, (eds.). Bees as pollinators in Brazil: Assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto, Holos, 96p.
- Potts SG, Vulliamy B, Roberts S, O'Toole C, Dafni A, Ne'eman, G, Willmer P (2005) Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology* 30 (1), 78–85.
- Ramalho M (1995) A diversidade de abelhas (Apoidea, Hymenoptera) em um remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- S.M.A. – Secretaria do Meio Ambiente (1996) Atlas das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. Parte 1. Litoral. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Energia, CESP. 30 p. 7 mapas.
- Sakagami SF, Laroca S, Moure JS (1967) Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil - preliminary report. *Journal of the Faculty of Science Hokkaido University (Ser. 6, Zoology)*. 19:253-91.
- Schafer WB, Prochnow M (2002) A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: APREMAVI.
- Serrano JC, Garófalo CA (1978) Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico de abelhas e vespas solitárias. *Ciência e Cultura* 30: 597.
- Silva FO, Viana BF, Neves EL (2001) Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Neotrop. Entomol.* 30: 541-545.

- Steffan-Dewenter I (2002) Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology*, 27: 631-637.
- Steffan-Dewenter, I., A.M. Klein, V. Gaebele, T. Alfert & T. Tschardt. 2006. Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes, p.387-407. In N.M. Wasser & J. Ollerton, *Plant-pollinator interaction from specialization to generalization*. The University of Chicago Press, Chicago, 488p.
- Thiele R (2005) Phenology and nest site preferences of wood-nesting bees in a Neotropical lowland rain Forest. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 40: 39-48.
- Torchio PF, Tepedino VJ (1980) Sex ratio, body size and seasonality in a solitary bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Evolution* 34: 993-1003.
- Tschardt T, Gathmann A, Dewenter IS (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, v. 35, p. 708-719.
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA (1991) *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE. 123 p.
- Viana BF, Silva FO, Kleinert AMP (2001) Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no nordeste do Brasil. *Neotrop. Entomol.*, vol.30, no.2, p.245-251.
- Vilhena, AMGF, Augusto, SC (2007) Polinizadores da aceloreira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Triângulo Mineiro. *Uberlândia. Bioscience Journal* 23(1): 14-23.
- Wilms W (1995) *Die Bienenfauna im Küstenregenwald Brasiliens und ihre Beziehungen zu Blütenpflanzen: Fallstudie Boracéia, São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Zillikens A, Steiner J (2004). Nest Architecture, life cycle and cleptoparasite of the Neotropical leaf-cutting bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 77: 193-202.

## Capítulo 2

### **Ácaros foréticos (Acari: Chaetodactylidae) em associação com *Tetrapedia diversipes* Klug (Apidae: Tetrapediini) \***

\* Manuscrito preparado para submissão para a revista Neotropical Entomology.

Em co-autoria com:

Mariana Taniguchi, Isabel Alves dos Santos e Carlos Flechtmann



**Ácaros foréticos (Acari: Chaetodactylidae) em associação com *Tetrapedia diversipes* Klug (Apidae: Tetrapediini).**

**Resumo**

Ninhos de *Tetrapedia diversipes* foram obtidos através da instalação de ninhos-armadilha em quatro áreas de estudo: Estação Biológica de Boracéia, Parque das Neblinas, Parque Estadual de Ilhabela e Parque Estadual da Serra da Cantareira durante dois anos, no período entre março/07 a fevereiro/09. De 650 ninhos fundados, 118 estavam infestados com ácaros (*Roubikia* sp., Chaetodactylidae). Os objetivos desse trabalho foram quantificar a infestação de ácaros nos ninhos de *Tetrapedia diversipes* e investigar sobre a associação entre eles. Dos ninhos infestados emergiram 176 indivíduos com ácaros no corpo (142 machos e 34 fêmeas) e também seis indivíduos de *Coelioxoides waltheriae*, abelha cleptoparasita especializada em *T. diversipes*. Em média 78 ácaros foram registrados sobre os indivíduos, aderidos principalmente nas regiões do mesossoma (escutelo e propódeo). A taxa de mortalidade nos ninhos tende a ser inversamente relacionada à infestação por ácaros, levantando a hipótese de uma relação mutualista, onde os ácaros removeriam os fungos dos ninhos e as abelhas promoveriam o transporte, a dispersão e abrigo para os ácaros.

**Palavras-chave:** abelha solitária, foresia, ninhos-armadilha, Mata Atlântica.

## Abstract

Nests of *Tetrapedia diversipes* were obtained from trap-nests placed in four localities: Estação Biológica de Boracéia, Parque das Neblinas, Parque Estadual de Ilhabela and Parque Estadual da Serra da Cantareira during two years, between March/07 and February/09. From a total of 650 nests founded, 118 were infested with mites (*Roubikia* sp., Chaetodactylidae). In this work we quantify the amount of mites in the nests and individuals of *Tetrapedia diversipes* and investigate the interaction between these groups. From the infested nests 176 individuals emerged with mites on the body (142 males and 34 females) and also six individuals of *Coelioxoides waltheriae*, a cleptoparasite bee specialized in *T. diversipes*. On average of 78 mites were counted on the bees, attached mainly to the mesosoma (scutellum and propodium). The nests mortality rate tends to be inversely related to the degree of mite infestation, bringing the hypothesis of a mutualism interaction, where the mites remove the fungi from the nests and the bees promote their transport, dispersion and shelter.

**Keywords:** solitary bee, foresia, trapnest, Atlantic Rainforest.

## Introdução

Ácaros e abelhas coexistem desde o período Cretáceo e estudos indicam proximidade entre alguns táxons, resultado de possíveis processos coevolutivos (Klimov *et al* 2007a). Uma associação amplamente estudada é o parasitismo de *Varroa* (Acari: Varroidae) em *Apis mellifera* (Apidae), espécie de grande importância econômica (De Jong *et al* 1982, Sammataro *et al* 2000). Neste caso, as fêmeas dos ácaros invadem as células de cria, onde se alimentam da hemolinfa das larvas e ovipositam na parede das células. Todo o ciclo acontece no interior das células e os ácaros mantêm a hospedeira viva até sua emergência, quando são liberados para invadir outras células (Donzé & Guerin 1994). Em muitos casos, o alto índice de infestação pode levar ao colapso da colônia (Oldroyd 1999).

Outras associações entre ácaros e abelhas das famílias Halictidae, Andrenidae, Colletidae também foram relatados (Eickwort 1994). Porém, dentre as 30 linhagens de ácaros já descritas em associação com abelhas, a maioria tem como hospedeiras espécies

de Apidae e Megachilidae (Eickwort 1994, Klimov *et al* 2007a). Estes ácaros pertencem à família Chaetodactylidae (Acari: Astigmata). Associações com linhagens basais de Megachilidae (Lithurgini) e Apidae (Xylocopini) sugerem que os chaetodactídeos podem ter se estabelecido no mesmo período em que ocorreu a separação dessas duas famílias durante o Cretáceo Inferior (Engel 2001). Outra hipótese seria da origem num período mais tardio, durante o Eoceno, quando teriam ocorrido muitas trocas entre hospedeiros simultaneamente à dispersão destes entre os continentes (Klimov & OConnor 2007).

Chaetodactylidae comporta mais de 200 espécies pertencentes a cinco gêneros distribuídas por todo mundo, exceto Antártica (Klimov & OConnor 2008). As fases ativas iniciais (larva e ninfa) foram descritas para 85 espécies. Nessas fases os ácaros vivem no interior dos ninhos e se alimentam de materiais presentes nas células, podendo atuar como mutualistas (consumindo resíduos do ninho), parasitóides (matando o ovo ou a larva), comensais ou cleptoparasitas (consumindo o alimento larval e impedindo o desenvolvimento da larva) (Krombein 1962, Roubik 1987, Qu *et al* 2002). A maioria das espécies é encontrada em associação com abelhas na fase de deutoninfa ou hipopus foréticos posicionados sobre o corpo das hospedeiras (Fain 1981). Neste estágio de dispersão, o ácaro pára de se alimentar e praticamente não se move, sendo transportado pelo hospedeiro para o próximo local onde iniciará um novo ciclo (Baker *et al* 1987). Os hipopus possuem morfologia completamente adaptada para esta fase da vida: não apresentam peças bucais nem tubo digestivo, possuem carapaça extremamente esclerotizada, prevenindo contra dessecação, e apresentam robustas garras pré-tarsais e ventosas caudoventrais para se prender ao hospedeiro (Houck & OConnor 1991). Na maioria dos casos ocorre certo sincronismo entre os ciclos de vida de ambos associados (Klimov & OConnor 2007).

Algumas espécies de abelhas apresentam regiões especializadas no corpo onde os ácaros ficam alojados, denominadas acarínarias (OConnor & Klompen 1999). Essas estruturas ocorrem em muitas famílias de himenópteros aculeados (vespas e abelhas) (Eickwort 1994, OConnor & Klompen 1999) e são evidências da forte reciprocidade que essas interações vêm apresentando ao longo do tempo. Entre as abelhas da família Apidae, ocorrem acarínarias em espécies de *Xylocopa*, *Ceratina* e *Tetrapedia* (OConnor 1993, Okabe & Makino 2002). Porém esses traços nem sempre são resultado de associações mutualísticas (Klimov *et al* 2007b). Segundo OConnor (1993a), existem poucos casos que suportam essa hipótese. Acarínarias normalmente se caracterizam como pequenas cavidades, às vezes cobertas com cerdas, que facilitam aos ácaros se prenderem no corpo

da abelha ficando protegidos durante o transporte. No entanto, nem todas as abelhas com ácaros associados apresentam acarínárias desenvolvidas e estes podem se distribuir, portanto, aleatoriamente sobre o corpo do hospedeiro (Klimov *et al* 2007b).

Apesar de existirem especificidades dentro das associações, mudanças de hospedeiros podem ocorrer. Em alguns casos podem acontecer por engano, como em ácaros que ficam nas flores (ex. *Sennertia*) e se aderem em diferentes abelhas, ou ácaros que ficam entremeados à areia e partículas de solo coletadas por certas abelhas (ex. *Roubikia*) (Roubik 1987; Vicidomini 1996). Muitas vezes ocorrem mudanças entre táxons relativamente próximos e freqüentemente dentro de um mesmo gênero (Klimov *et al* 2007), como no caso de ácaros do gênero *Sennertia* e abelhas carpinteiras do gênero *Xylocopa*, uma associação bem conhecida. Aproximadamente 170 espécies de *Sennertia* são associadas a 469 espécies de *Xylocopa* (Michener 2000, Klimov & OConnor 2007).

Dentre as abelhas solitárias o gênero *Tetrapedia* (Apidae, Tetrapediini), grupo de abelhas coletoras de óleo, foi relatado em associação específica com ácaros do gênero *Roubikia* (Roubik 1987, Klimov & OConnor 2007, Klimov *et al* 2007a, Klimov *et al* 2007b). Espécies descritas de *Roubikia* têm como hospedeiros exclusivos abelhas *Tetrapedia* e suas espécies cleptoparasitas específicas *Coelioxoides* (Apidae: Tetrapediini) (Klimov *et al* 2007a). Até o momento sabe-se que a interação entre *Roubikia* e *Tetrapedia* é comensal, onde os ácaros se alimentam da provisão larval e de materiais do ninho sem causar nenhum dano para os imaturos (Klimov *et al* 2007b). A associação está restrita à região neotropical, área de ocorrência de ambos os grupos. *Roubikia* faz parte de uma das linhagens recentemente derivadas da família Chaetodactylidae (Klimov & OConnor 2007). O gênero foi descrito por OConnor (1993b), a partir de *Chaetodactylus panamensis*, espécie descrita por Baker *et al* (1987).

A biologia de nidificação e arquitetura dos ninhos de *Tetrapedia diversipes* foi estudada por Alves-dos-Santos *et al* (2002) e Camillo (2005). A espécie possui ciclo bivoltino, sendo a primeira geração ativa durante a primavera enquanto a segunda está ativa no verão. As fêmeas nidificam em substratos de madeira e freqüentemente ocupam cavidades pré-existentes feitas por besouros em troncos de árvores, sendo assim, passíveis de captura em ninhos-armadilha. Freqüentemente ninhos antigos são reutilizados. O óleo coletado pelas fêmeas é utilizado na construção dos ninhos, compactado com partículas de areia, e misturado ao alimento larval juntamente com pólen e néctar. As larvas de *Tetrapedia* se desenvolvem no interior das células e não tecem casulos. *Coelioxoides waltheriae* é a espécie cleptoparasita específica de *T. diversipes*.

Os objetivos desse trabalho foram quantificar a infestação de ácaros *Roubikia* nos ninhos e indivíduos emergentes de *Tetrapedia diversipes* e investigar sobre a interação entre eles.

### **Materiais e Métodos**

Os ninhos de *Tetrapedia diversipes* foram obtidos através da instalação de ninhos-armadilha. Essa metodologia é bem difundida para captura de abelhas solitárias e consiste na oferta de cavidades artificiais através de tubos de cartolina alojados em blocos de madeira perfurados e/ou gomos de bambu (Camilo *et al* 1995).

O estudo foi realizado durante dois anos entre março/07 a fevereiro/09 em quatro áreas de domínio de Floresta Ombrófila Densa de Mata Atlântica do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Ilhabela (PIB) (23°45'S/45°27'W) no município de São Sebastião, Parque Estadual da Serra da Cantareira (PSC) (23°30'S/46°45'W) no município de São Paulo, Parque das Neblinas (PN) (23°45'S/46°09'W) no município de Mogi das Cruzes e Estação Biológica de Boracéia (EBB) (23° 38'S/45° 52'W) no município de Salesópolis. Material adicional de ninhos foi proveniente do Laboratório de Abelhas, no campus da Universidade de São Paulo (23°33'S, 46°43'W) no município de São Paulo. No Parque Estadual da Serra da Cantareira a amostragem foi feita durante um ano, entre março/07 a fevereiro/08.

Os ninhos-armadilha foram vistoriados mensalmente. Ninhos fundados foram retirados do local e levados para laboratório onde permaneciam acondicionados em tubos de ensaio individualizados e fechados com rolha de cortiça. Os indivíduos emergentes foram sacrificados com acetato de etila e preparados para depósito em coleção. Por fim os ninhos foram abertos para exame interno das células e registro da mortalidade.

Todos os indivíduos emergentes foram analisados minuciosamente com auxílio de lupa para triagem das abelhas com ácaros no corpo. Os ácaros nas abelhas foram contabilizados de acordo com o local de adesão no corpo.

Três ninhos infestados provenientes do campus da USP foram separados após a emergência das abelhas a fim de se investigar o conteúdo interno. Os ninhos foram abertos e acondicionados em placas de Petri mantidas em ambiente escuro. Para cada ninho, foram separados alguns ovos em outras placas para acompanhamento da eclosão e desenvolvimento. As observações foram feitas sob lupa durante nove dias.

Flores de manjeriço (*Ocimum basilicum*, Lamiaceae) do jardim do Laboratório de Abelhas da USP, frequentemente visitadas por *Tetrapedia diversipes*, foram coletadas e examinadas para verificar a presença de ácaros. As abelhas também foram coletadas nas flores para verificar a ocorrência de ácaros e local de deposição destes no corpo das abelhas em atividade.

Imagens dos ácaros foram registradas com câmera acoplada à lupa (Leica - MZ16, software IM50). Para maiores detalhes foram feitas imagens em MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) no Laboratório NAP/MEPA da ESALQ. Para isso, exemplares secos foram colados em *stubs* com fita adesiva dupla face na posição desejada e submetidos à metalização com ouro.

A identificação dos hipopus foi feita com base no trabalho e chave de identificação de OConnor (1993b) e Klimov *et al* (2007b), sendo *Roubikia* o único gênero relatado em associação com abelhas do gênero *Tetrapedia*.

Todo material examinado foi depositado na Coleção Entomológica Paulo Nogueira Neto (CEPANN) do Instituto de Biociências da USP em São Paulo.

## Resultados

*Tetrapedia diversipes* fundou 913 ninhos nas quatro áreas. Deste total, 650 ninhos tiveram emergência de seus ocupantes, sendo que 118 (18,1%) estavam infestados com ácaros (Tabela 1). Nos 263 ninhos restantes foi registrada mortalidade total dos ocupantes em diferentes fases do desenvolvimento (larva, pupa e adulto pré-emergente). A principal causa diagnosticada para a mortalidade dos imaturos foi a presença de fungos.

Nos ninhos infestados com ácaros emergiram 176 indivíduos de *T. diversipes* (142 machos e 34 fêmeas) portando ácaros sobre o corpo, o que corresponde a cerca de 81% das abelhas destes ninhos (Figura 4A). Em 91% dos ninhos infestados todos os indivíduos carregavam ácaros. A taxa de infestação de ácaros no total de indivíduos emergentes foi de 14,3 % (Tabela 2).

Também emergiram seis indivíduos de *Coelioxoides waltheriae* (espécie cleptoparasita específica de *T. diversipes*) com ácaros aderidos (Figura 4B), um de cada ninho infestado. Porém em outros dois ninhos infestados estes parasitas não apresentaram ácaros no corpo. Indivíduos de *Anthrax*, espécies parasitas, que emergiram dos ninhos infestados não continham ácaros aderidos ao corpo.

Nas áreas de Ilhabela e Boracéia a ocorrência de ninhos com ácaros foi maior em relação ao Parque das Neblinas e Cantareira (Tabela 1). A taxa de infestação dos indivíduos no Parque Estadual da Serra da Cantareira foi a mais baixa (Tabela 2).

A infestação nos machos de *T. diversipes* foi maior em todas localidades (Tabela 2). Na Ilhabela esta tendência seria esperada já que a razão sexual nesta localidade é claramente enviesada para os machos ( $\text{Chi}^2 = 105,606$ ;  $p = 8,99$ ). Porém, nas localidades onde a razão sexual não tem diferença significativa (Boracéia  $\text{Chi}^2=0,0708$ ;  $p=0,79$  e Neblinas  $\text{Chi}^2=0,969$ ,  $p = 0,325$ ), ou até mesmo onde é enviesada para as fêmeas (Cantareira  $\text{Chi}^2=3,93$ ,  $p = 0,04$ ) a proporção de machos infestados é maior.

A época de maior ocorrência de ácaros coincide com a maior frequência de nidificação e emergência de *Tetrapedia diversipes* (Fig. 1 e 2). Ao longo do período estudado o maior índice de infestação dos ácaros nos ninhos coincide com a maior taxa de nidificação, durante a primavera e o verão, principalmente nos meses de novembro/07 e fevereiro/08, picos que correspondem provavelmente às duas gerações anuais de *T. diversipes* (Fig. 1). Da mesma forma, a proporção de indivíduos com ácaros entre os emergentes é maior nessas duas estações do ano (Fig. 2).

O número de ácaros presentes no corpo das abelhas resultou em média de  $77,8 \pm 69$  ácaros por indivíduo (n=97). Porém, registramos espécimes carregando 385 indivíduos de ácaros e outros com apenas dois indivíduos (Tabela 3). A região do corpo preferencial para aderência dos ácaros foi o dorso do mesossoma, principalmente nas regiões do escutelo, propódeo e pronoto (Fig. 3, 4 e 5). Porém também foram encontrados ácaros aderidos em outras partes do corpo das abelhas como no mesepisterno, metassoma (tergos e esternos) e pernas. A figura 6 mostra um exemplar de hipopus de *Roubikia* em detalhe. Em *Coelioxoides waltheriae* o principal local de adesão também corresponde à região em torno do pecíolo (escutelo, propódeo e 1º tergo abdominal) e também no mesossoma ventral (Fig. 4C-D).

Nas flores de manjeriço examinadas não foram encontrados os ácaros, no entanto algumas fêmeas coletadas durante a visita nas flores continham ácaros aderidos ao corpo, principalmente nas laterais do mesepisterno e alguns nos tergos.

Nos ninhos infestados não foi registrada taxa de mortalidade, ou seja, os ácaros não imprimiram mortalidade aos indivíduos de *Tetrapedia diversipes*. No entanto, nos ninhos não infestados a mortalidade foi total em 28,8% dos ninhos fundados e parcial em 16,8%.

Em ninhos infestados mantidos nas placas de Petri foram observadas diversas fases de desenvolvimento dos ácaros. A presença de ovos foi detectada desde o primeiro até o sexto dia, sendo uma maior quantidade observada nos três primeiros dias. Os ovos são diminutos (aproximadamente 0,1mm), ovalados e de aparência esbranquiçada translúcida. Nas placas com ovos foi observada mudança na aparência dos ovos a partir do segundo dia. Estes apresentavam coloração opaca e textura granulosa. A partir do terceiro dia alguns ovos começaram a eclodir. As larvas saem por uma fenda longitudinal e imediatamente começam se locomover. Os ovos eclodiram principalmente no terceiro e durante o quinto ao sétimo dia. No nono dia não foi observado nenhum ovo inteiro, todos já haviam eclodido. Do mesmo modo, nos ninhos, foram observados ovos de aparência opaca e ovos eclodidos a partir do segundo dia. Em todos os dias foram observadas larvas e ninfas se locomovendo pelo ninho. Estas se concentravam ao redor e por entre a massa de pólen misturada com muitas exúvias, partículas de areia e fezes da larva hospedeira. Também foram observados alguns hipopus em menor quantidade andando pelo ninho.



## Discussão

Estudos previamente realizados sobre a associação entre ácaros *Roubikia* e abelhas *Tetrapedia* (Baker *et al* 1987, Roubik 1987) apontam essa interação como sendo comensal. Os ácaros aparentemente ingerem restos do alimento larval e materiais do ninho sem causar nenhum dano aos imaturos (Klimov *et al* 2007a). Roubik (1987) propôs que possivelmente os ácaros devem consumir também os óleos florais presentes na provisão, além do pólen. A presença de grande quantidade de ninfas se locomovendo sobre a massa de pólen nos ninhos abertos para observação sugere que estas poderiam estar se alimentando de restos do alimento previamente consumido pelas larvas das abelhas. Outra evidência para esta afirmação é a presença de muitas exúvias junto à massa de pólen. Além disso, outros materiais presentes no ninho também poderiam ser consumidos, como as fezes da larva, que se encontravam soltas dentro das células já que a espécie não constrói casulo, além de fungos, partes da exúvia da larva da abelha, entre outros.

A mortalidade nos ninhos apresentou uma nítida tendência de correlação negativa com a taxa de infestação nos mesmos por *Roubikia* (Tab. 1; fig. 7), sugerindo que há um benefício das abelhas com a presença dos ácaros. Nos ninhos infestados, nenhum fungo foi encontrado e a taxa de mortalidade foi nula. Flechtmann & Camargo (1974) observaram interação mutualística de ácaros *Neotydeolus* (Tydeidae) em colônias de *Scaptotrigona postica* (Apidae), onde a proliferação de fungos ocasionava morte da cria. Após a introdução dos ácaros nas colônias a propagação dos fungos diminuiu rapidamente, cessando a mortalidade nos favos. Além disso, OConnor (1979) registrou ancestrais fungívoros para ácaros de Astigmata. Recentemente, Biani *et al* (2009) demonstraram o papel mutualístico dos ácaros *Laelaspoides* (Laelapidae) em ninhos de *Megalopta* (Halictidae) onde estes eliminam os fungos que proliferam nos ninhos.

Estudos com abelhas solitárias apontam a presença de fungos como a principal causa da mortalidade nos ninhos (Morato 2001, Camarotti-de-Lima & Martins 2005). *T. diversipes* é uma espécie de ampla distribuição, porém os ninhos estudados são provenientes de áreas de domínio de Mata Atlântica, com altos índices pluviométricos, principalmente no verão, o que contribui para o aparecimento dos fungos. A possibilidade de ácaros de *Roubikia* estarem atuando na eliminação dos fungos nos ninhos de *T. diversipes* é levantada já que nenhuma abelha morreu nos ninhos infestados.

Estudos feitos com espécies de *Chaetodactylus* (Chaetodactylidae) relataram que o tipo de interação pode variar de acordo com a densidade dos ácaros; em quantidades

pequenas a interação seria comensal, enquanto em quantidades maiores (>50 ácaros por célula) a interação passaria a ser negativa (Qu *et al* 2002). Em nosso estudo, mesmo as abelhas que carregavam mais de 300 ácaros sobre o corpo emergiram, ou seja, mesmo em grandes quantidades os ácaros não apresentaram risco de morte às abelhas.

As regiões do corpo de *Tetrapedia diversipes* com maior concentração de ácaros (pronoto, escutelo e propódeo) não se caracterizaram como acarinárias e sim como depressões do mesossoma onde os ácaros permanecem menos expostos e vulneráveis durante o transporte. A aderência em outros locais do corpo, como nos espaços existentes entre os tergos, na região ventral entre as coxas ou presos às cerdas dos esternos, provavelmente ocorre pelo mesmo motivo. Nas abelhas observadas, essa distribuição generalizada ocorria em indivíduos com grande quantidade de ácaros no mesossoma, e os ácaros provavelmente se espalhavam devido à intensa aglomeração. Além disso, todas essas regiões são dificilmente alcançadas durante o *self grooming* das abelhas ou por outros indivíduos. Conforme Krombein (1962) os ácaros de Chaetodactylidae podem se fixar ao corpo das abelhas com as garras e/ou por ventosas localizadas ventralmente. Em *Tetrapedia diversipes*, nas depressões do mesossoma desprovidas de muitas cerdas (pronoto, escutelo, propódeo, tergos e mesepisterno ventral) os ácaros devem se aderir principalmente pelas ventosas, e nas regiões com muitas cerdas (esternos, mesepisterno lateral e pernas) prender-se com as garras. Klimov *et al* (2007a) observaram uma acarinária incipiente em uma espécie de *Tetrapedia* coletada no Peru, localizada na porção mais baixa do primeiro tergo metassomal com ácaros de *Roubikia latebrosa*. Porém não encontraram essa estrutura em nenhuma das outras espécies de *Tetrapedia* examinadas no estudo.

Foram observadas todas as fases de desenvolvimento - ovos, larvas, ninfas e inclusive alguns hipopus - ocorrendo simultaneamente no interior dos ninhos provenientes do campus da USP, de onde as abelhas já haviam emergido. Trouessart (1904) observou a ocorrência de dois tipos de hipopus em *Chaetodactylus osmiae*, espécie associada à *Osmia cornuta* (Apidae), uma forma forética e outra encistada (Fain 1966). Segundo o autor, a forma forética teria função dispersora enquanto a forma encistada, presente em maior número, permanecia no ninho em estado quiescente. Os hipopus observados nos ninhos de *T. diversipes* possivelmente estariam encistados, esperando o aparecimento de outra fêmea hospedeira, no caso do ninho ser reutilizado. Essa estratégia é adotada por diversas espécies de ácaros (Krombein 1962). Enquanto as condições ambientais são favoráveis e ainda há oferta de alimento no ninho os ácaros continuam a se desenvolver e se reproduzir.

A transformação em hipopus se dá de diferentes formas entre as espécies de ácaros, mas geralmente ocorre por fatores limitantes como escassez de alimento, mudança nas condições ambientais (temperaturas extremas e/ou baixa umidade), ou é ativada conforme o amadurecimento do hospedeiro em adulto. Essa sincronia se dá possivelmente por substâncias químicas (secreções e hormônios) liberadas pelo hospedeiro e detectadas pelos ácaros (Houck & OConnor 1991). Os ácaros de *Roubikia* observados neste estudo se aderiram somente às abelhas, tanto as hospedeiras (*T. diversipes*) quanto as cleptoparasitas (*Coelioxoides waltheriae*), e não aos dípteros parasitas (*Anthrax* sp.) possivelmente por diferenças químicas percebidas pelos ácaros.

A fase de hipopus se caracteriza por apresentar extrema resistência, podendo durar dias, semanas e até meses (Houck & OConnor 1991). Schwarz & Huck (1997) registraram algumas espécies de ácaros, nas quais os hipopus permaneciam em torno 24 horas nas flores esperando por abelhas *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) para dispersar entre ninhos. Em *Roubikia*, segundo o presente estudo, parecem ocorrer ambas rotas de desenvolvimento, os ácaros dão continuidade aos ciclos enquanto há comida disponível, e outros se transformam em hipopus e sobem na abelha prestes a emergir ou permanecem no ninho encistados. Diferentemente de Trouessart (1904), foi observada uma maior quantidade de hipopus foréticos em relação aos encistados.

Conforme estudos com outros ácaros de Chaetodactylidae (Krombein 1962, Park *et al* 2009), a dispersão dos hipopus aderidos na fêmea hospedeira se dá no momento em que esta aprovisiona as células com o material coletado (pólen, néctar e/ou óleo). Os hipopus descem para o novo ninho, sofrem muda para o estágio adulto e se reproduzem dando início à próxima geração (Qu *et al* 2002). As fêmeas de *Tetrapedia* coletadas nas flores de manjeriço (*Ocimum basilicum*) apresentaram ácaros aderidos principalmente nas laterais do mesepisterno, além de alguns nos tergos, diferente das abelhas recém-emergidas que continham ácaros concentrados mais dorsalmente, no escutelo e propódeo. Essa distribuição corrobora com o comportamento de dispersão dos hipopus anteriormente mencionado. Pois, já que as fêmeas estão construindo ninhos os ácaros poderiam já estar posicionados para descida no ninho. Outra possibilidade seria a de que estariam concentrados nessas regiões para descer nas flores, ou por terem passado destas para as abelhas, corroborando com a hipótese da dispersão pelas flores.

Porém, deve-se lembrar que as flores visitadas por *T. diversipes* no jardim da USP foram examinadas e não detectaram presença de ácaros.

Além disso, deve-se lembrar também que a taxa de infestação foi maior nos machos de *T. diversipes* em todas as localidades, mesmo onde houve um enviesamento da razão sexual para fêmeas (Cantareira). Neste caso, uma possível estratégia seria a contaminação ou dispersão entre os próprios ninhos. Os ninhos de *T. diversipes* capturados em ninhos armadilhas são agregados, com poucos centímetros de distância entre eles. As células mais externas geralmente são destinadas aos machos. Krombein (1962) também registrou maior infestação por *Chaetodactulus krombeini* em machos de *Osmia lignaria* (Megachilidae).

De qualquer modo ainda não é claro como se completa o ciclo de dispersão dos ácaros. Segundo Park *et al* (2009) os ácaros carregados pelos machos estariam comprometidos a menos que fossem transferidos para novas fêmeas durante a cópula. Estudos mais detalhados são necessários para investigar o tipo de interação entre *Tetrapedia* e *Roubikia*, bem como a estratégia de dispersão do ácaro.

## **Agradecimentos:**

Ao Laboratório de Imagens NAP/MEPA da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da USP, pelo auxílio com as imagens em MEV. Ao Dr. Carlos H. W. Flechtmann, pelo auxílio na identificação dos ácaros e suporte bibliográfico. A Heber Couto, responsável pelas coletas e supervisão dos ninhos-armadilha do Parque Estadual da Serra da Cantareira. Ao professor Roberto Shimizu pela ajuda nas análises dos dados. À Fapesp, pelo apoio financeiro (Processo: 07/51911-2).

## **Referências**

- Alves-dos-Santos I, Melo GAR, Rozen JG (2002) Biology and immature stages of the bee tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). *Am. Mus. Novitates* 3377, 1-45.
- Baker EW, Roubik DW, Delfinado-Baker M (1987) The developmental stages and dimorphic males of *Chaetodactylus panamensis*, n. sp. (Acari: Chaetodactylidae) associated with solitary bee (Apoidea: Anthophoridae). *Int. J. Acarol.* 13, 65–73.
- Camarotti-de-Lima MF, Martins CF (2005) Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotrop. entomol.* 34(3): 375-380.
- Camillo E, Garófalo CA, Serrano JC, Mucilo G (1995) Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. bras. Ent.*, 39: 459-470.
- Camillo E (2005) Nesting biology of four *Tetrapedia* species in trap-nests (Hymenoptera, Apidae, Tetrapediini). *Rev. Biol. Trop.* 53: 175-186.
- De Jong D, Morse RA, Eickwort GC (1982) Mite pests of honey bees. *Annu. Rev. Entomol.* 27: 229-252.
- Donzé G, Guerin PM (1994) Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mites parasitizing honey bee brood. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 34: 305-319.
- Eickwort GC (1994) Evolution and life-history patterns of mites associated with bees, p. 218–251. In Houck MA (1994) *Mites: Ecological and Evolutionary Analyses of Life- History Patterns*, New York, Chapman & Hall, 357p .
- Engel MS (2001) A monograph of the Baltic amber bees and evolution of the Apoidea (Hymenoptera). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 259, 1–192.

- Fain A (1966) Notes sur la biologie des acariens du genre *Chaetodactylus* et en particulier de *C. osmiae*, parasite des abeilles solitaires *Osmia rufa* et *O. cornuta* en Belgique (Sarcoptiformes: Chaetodactylidae). Bull. Annl. Soc. R. Belge Ent. 102, 249–261.
- Fain A (1981) Notes on the hypopi of the genus *Chaetodactylus* Rondani, 1866 (Acari, Chaetodactylidae). Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belg. Entomol. 53:1–9.
- Flechtmann CHW, Camargo CA (1974) Acari associated with stingless bees (Meliponidae, Hymenoptera) from Brazil, p. 315–319. In Piffel E (1979) Proc. 4th Int. Congr. Acarol. Budapest, Akadémiai Kiadó, 752p.
- Houck MA, OConnor BM (1991) Ecological and evolutionary significance of phoresy in the Astigmata. Annu. Rev. Entomol. 36, 611–636.
- Klimov PB, OConnor BM (2007) Ancestral area analysis of chaetodactylid mites (Acari: Chaetodactylidae), with description of new early derivative genus and six new species from the Neotropics. Ann. Entomol. Soc. Am. 100: 810-829.
- Klimov PB, OConnor BM, Knowles LL (2007a) Museum specimens and phylogenies elucidate ecology's role in coevolutionary associations between mites and their bee hosts. Evolution 61: 1368-1379.
- Klimov PB, Vinson SB, OConnor BM (2007b) Acarinaria in associations of apid bees (Hymenoptera) and chaetodactylid mites (Acari). Inverteb. Syst. 21:109–136.
- Klimov PB, OConnor BM (2008) Morphology, Evolution, and Host Associations of Bee-Associated Mites of the Family Chaetodactylidae (Acari: Astigmata), with a monographic revision of North American taxa. Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan 199: 1-243.
- Krombein KV (1962) Natural history of Plummers Island, Maryland. XVI. Biological notes on *Chaetodactylus krombeini* Baker, a parasitic mite of the megachilid bee, *Osmia (Osmia) lignaria* Say (Acarina, Chaetodactylidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 75: 237–250.
- Michener CD (2000) The Bees of the World. Baltimore, The John Hopkins University Press, 913p.
- Morato EF (2001) Biologia e ecologia de *Anthodioctes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. Rev. Bras. Zool. 18 (3): 729-736.
- OConnor BM, Klompen JSH (1999) Phylogenetic perspectives on mite-insect associations: the evolution of acarinarium, p. 63-71. In Needham, GR, Mitchell R, R.,

- Horn DJ, Welbourn WC (eds.) Acarology IX, vol. 2, Symposia. Columbus, Ohio, Ohio Biological Survey, 507p.
- OConnor BM (1993a) The mite community associated with *Xylocopa latipes* (Hymenoptera: Anthophoridae: Xylocopinae) with description of a new type of acarinarium. Int. J. Acarol. 19: 159–166.
- OConnor, B. M. (1993b). Generic relationships in the Chaetodactylidae (Acari: Astigmata) with description of a new genus. Acarologia 34: 345–362.
- Oldroyd BP (1999) Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees. Trends. Ecol. Evol. 14: 312–315.
- Okabe K, Makino Sh (2002) Phoretic mite fauna on the large carpenter bee *Xylocopa appendiculata circumvolans* (Hymenoptera: Apidae) with descriptions of its acarinaria on both sexes. J. Acarol. Soc. Jpn 11: 73–84.
- Qu D, Maeta Y, Goubara M, Nakatsuka KJ, Kozo J, Kenji K (2002) Reproductive strategy in the two species of cleptoparasitic astigmatid mites, *Chaetodactylus nipponicus* and *Tortonia* sp. (Acari: Chaetodactylidae and Suidasiidae), infesting *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae). I. Invasion/infestation patterns and partial use of the host food. Jpn J. Entomol. 5: 121–141.
- Roubik DW (1987) Notes on the biology of anthophorid bee *Tetrapedia* and the mite *Chaetodactylus panamensis* Baker, Roubik and Delfinado- Baker (Acari: Chaetodactylidae). Int. J. Acarol. 13: 75–76.
- Sammataro D, Gerson U, Needham G (2000) Parasitic mites of honey bees: life history, implications and impact. Annu. Rev. Entomol., 45, 519-548.
- Schwarz HH, Huck K (1997) Phoretic mites use flowers to transfer between foraging bumblebees. Insect. Soc. 44: 303–310.
- Trouessart EL (1904) Sur la coexistence de deux formes d'Hypopes dans une même espèce, chez la Acariens du genre Trichotarsus. Compt. Rend. Soc. Biol. 56: 234-237.
- Vicidomini S (1996) Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L., 1758) (Hymenoptera: Apidae): interazione con *Sennertia (Sennertia) cerambycina* (Acari Chaetodactylidae). Boll. Zool. Agr. Bachic. 28: 71–76.

**Tabela 1.** Ninhos fundados por *Tetrapedia diversipes* nas quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/09, e infestação por ácaros nos ninhos com emergência.

Áreas de estudo	Ninhos fundados	Ninhos com mortalidade total	Ninhos com emergências	Ninhos infestados com ácaros	% de ninhos infestados
Ilhabela	501	141	360	76	21,1
Boracéia	228	50	178	36	20,2
Pque. das Neblinas	51	17	34	4	11,8
Cantareira	133	55	78	2	2,6
<b>Total</b>	<b>913</b>	<b>263</b>	<b>650</b>	<b>118</b>	<b>18,1</b>

\* No Parque Estadual da Serra da Cantareira a amostragem foi de apenas um ano.

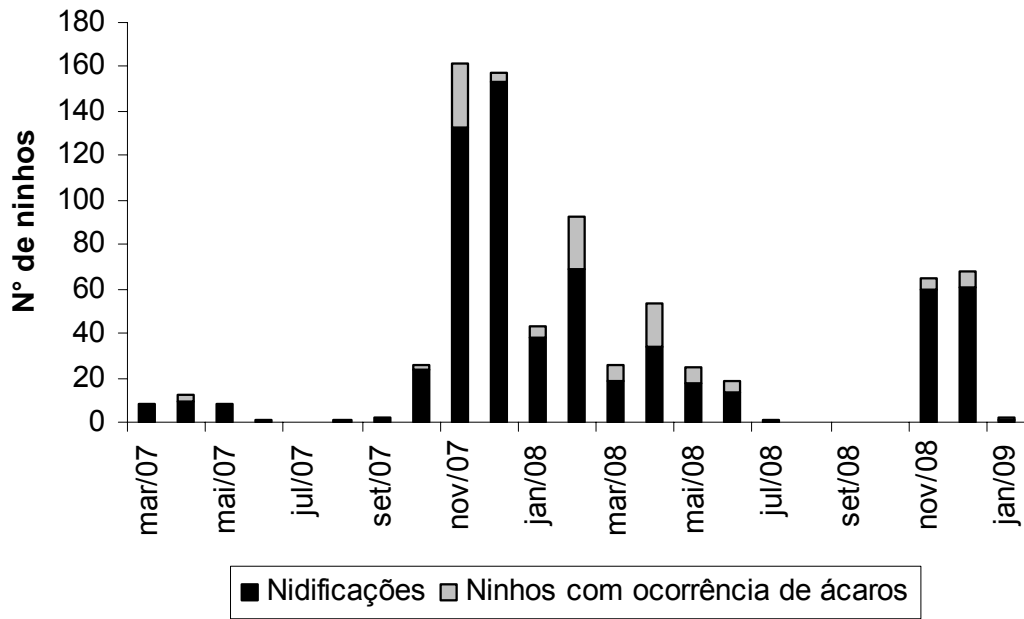
**Tabela 2:** Indivíduos emergentes e indivíduos com ácaros de *Tetrapedia diversipes* das quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/09.

Áreas de estudo	Indivíduos emergentes	♂	♀	Indivíduos com ácaros	% ind.com ácaros	♂ com ácaros	♀ com ácaros
Ilhabela	650	456	194	97	14,9	85	12
Boracéia	353	179	174	64	18,1	42	22
Pque. das Neblinas	66	37	29	9	13,6	9	0
Cantareira	159	67	92	6	3,8	6	0
<b>Total</b>	<b>1228</b>	<b>739</b>	<b>489</b>	<b>176</b>	<b>14,3</b>	<b>142</b>	<b>34</b>

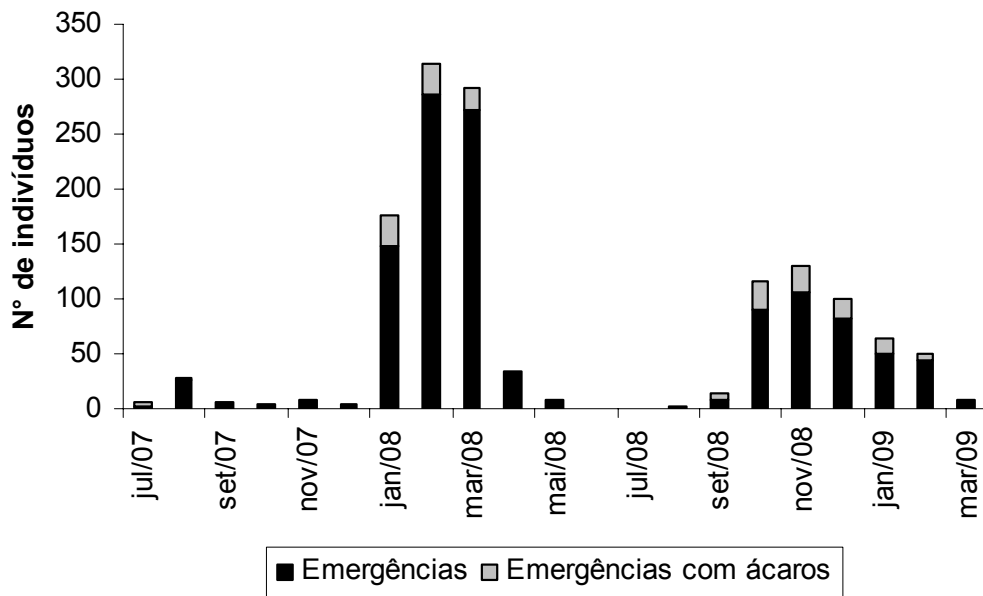
**Tabela 3:** Contagem de ácaros de indivíduos de *Tetrapedia diversipes* das quatro áreas de estudo no período entre março/07 a fevereiro/09.

Áreas de estudo	Ácaros por indivíduo média ± desvpadr (min - max)	Nº indivíduos examinados (N)
Ilhabela	47,4 ± 70 (2 - 385)	53
Boracéia	132,3 ± 58 (5 - 270)	27
Pque. das Neblinas	98,7 ± 72 (15 - 177)	9
Cantareira	72,6 ± 64 (22 - 234)	8
<b>Total</b>	<b>77,8 ± 69 (2 - 385)</b>	<b>97</b>

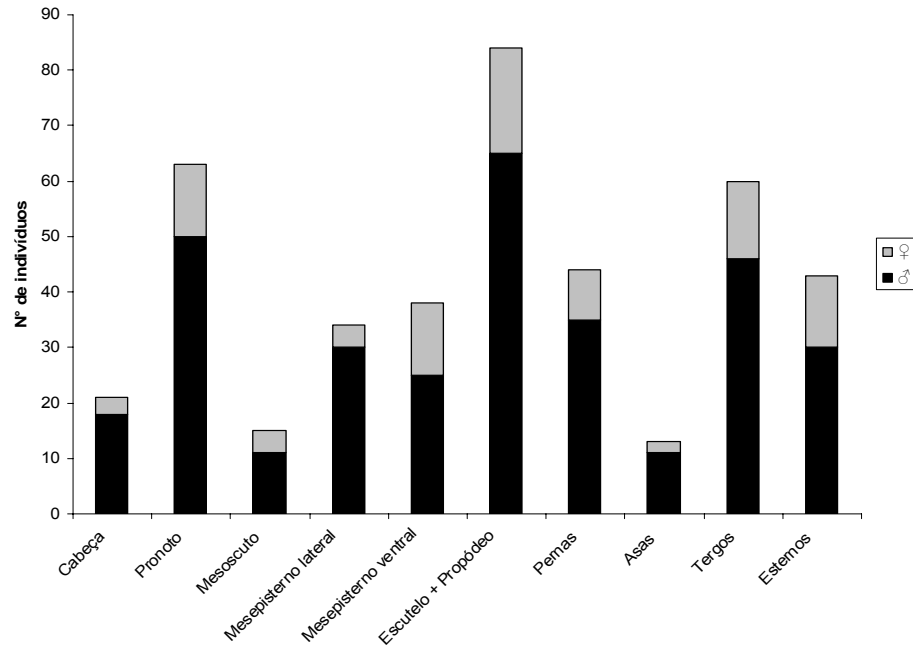




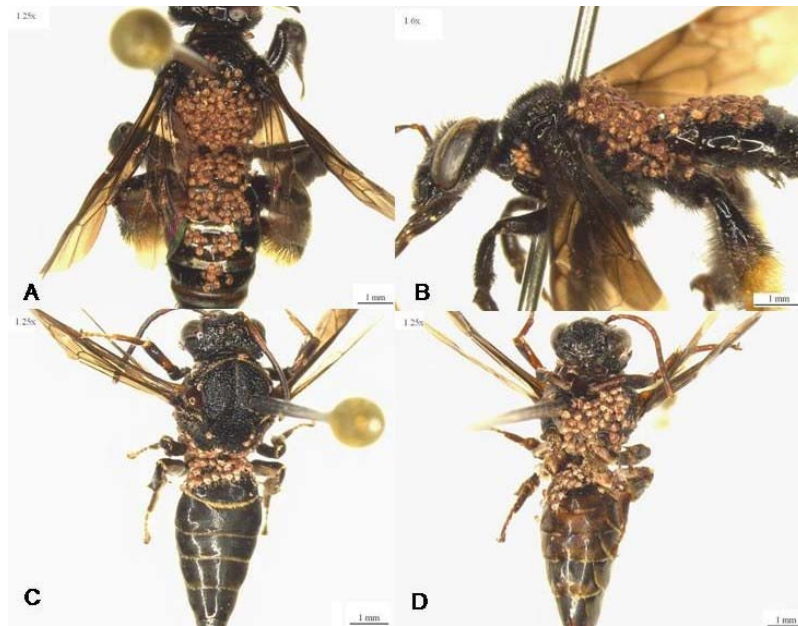
**Figura 1.** Nidificações de *Tetrapedia diversipes* e ninhos com ocorrência de ácaros no período entre março/07 a fevereiro/09 nas quatro áreas de estudo.



**Figura 2.** Indivíduos emergentes e indivíduos com ácaros de *Tetrapedia diversipes* no período entre março/07 a fevereiro/09.



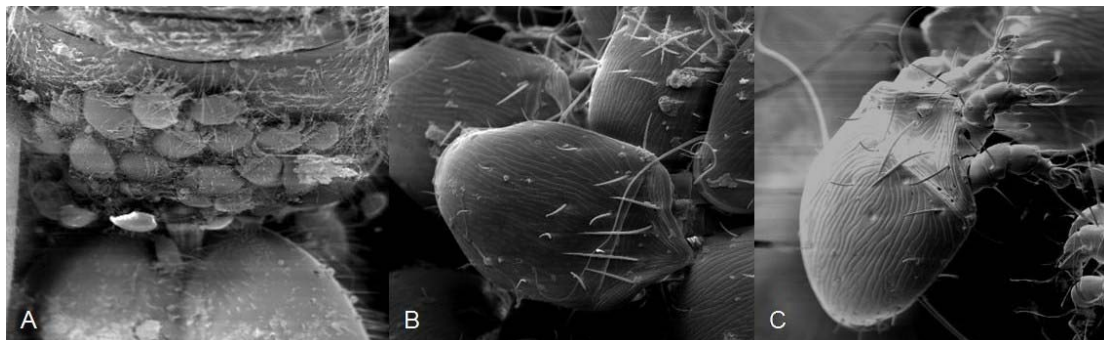
**Figura 3.** Número de indivíduos machos e fêmeas examinados (n=97) de *Tetrapedia diversipes* com ácaros aderidos em diferentes partes do corpo.



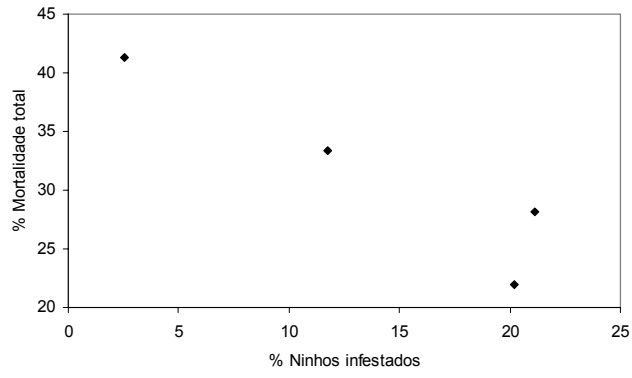
**Figura 4.** A e B. Macho de *Tetrapedia diversipes* com ácaros aderidos em vista dorsal e vista lateral. C e D. *Coelioxoides waltheriae* com ácaros aderidos em vista dorsal e vista ventral.



**Figura 5.** Vista das regiões de maior concentração de ácaros. A e B. Região do propódeo e escutelo com ácaros presentes e ausentes; C e D. Região do pronoto com ácaros presentes e ausentes.



**Figura 6.** Imagens em MEV de indivíduo de *Tetrapedia diversipes* com ácaros aderidos. A. Detalhe dos ácaros sobre mesossoma; B e C. Indivíduos de *Roubikia* sp.



**Figura 7.** Correlação entre taxa de mortalidade total nos ninhos de *Tetrapedia diversipes* e porcentagem de infestação por ácaros nos ninhos.