

## BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Xylocopa frontalis* E *Xylocopa grisescens* (HYMENOPTERA, APIDAE, XYLOCOPINI) EM NINHOS-ARMADILHA

Márcio Pereira<sup>1</sup> & Carlos Alberto Garófalo<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Av. Bandeirantes, 3900. Ribeirão Preto, SP, Brasil. CEP: 14040-901.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Av. Bandeirantes, 3900. Ribeirão Preto, SP, Brasil. CEP: 14040-901.

E-mails: marciopr56@yahoo.com.br, garofalo@ffclrp.usp.br

### RESUMO

Algumas espécies do gênero *Xylocopa* são conhecidas como polinizadores efetivos das culturas de maracujá e a falta ou a presença reduzida dessas abelhas nos plantios tem se constituído em um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores. Esse fato decorre de uma série de fatores entre os quais o desmatamento de áreas naturais pode ser considerado como um dos principais problemas, pois além de diminuir a disponibilidade de substratos para a nidificação pelas abelhas diminui os recursos utilizados por elas para sua subsistência e procriação. Esse estudo teve como objetivo avaliar a *performance* da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* em ninhos-armadilha, cavidades alternativas disponibilizadas no campo que poderão facilitar a transferência de ninhos de uma área para outra assim como facilitar o incremento das populações daquelas espécies em áreas de cultivo de maracujá. Como ninhos-armadilha foram disponibilizados gomos de bambu, fechados em uma das extremidades pelo próprio nó e introduzidos em orifícios existentes em tijolos do “tipo baiano” os quais foram colocados em prateleiras sob coberturas construídas no Campus da USP, em Ribeirão Preto, SP. O comprimento dos ninhos-armadilha utilizado por *X. grisescens* variou de 18,8 a 28,8cm e aqueles por *X. frontalis* de 16,1 a 30,6cm, enquanto o diâmetro para a primeira espécie variou de 1,7 a 2,1cm e para a segunda de 1,6 a 2,2cm. A espessura das paredes dos ninhos-armadilha usados por ambas as espécies variou de 3 a 5mm. O comportamento de nidificação das duas espécies foi bastante similar e não diferiu significativamente daqueles descritos por outros autores estudando as mesmas espécies a partir de ninhos naturais ou nidificando em outros tipos de ninhos-armadilha. Os ninhos de *X. grisescens* continham de duas a cinco células e os de *X. frontalis* de uma a seis células. As células possuíam o formato semelhante ao de um barril e aquelas construídas por *X. grisescens* foram significativamente maiores e tiveram as partições celulares mais espessas do que as células de *X. frontalis*. A duração do período de ovo à emergência foi similar entre os sexos das duas espécies e entre as duas espécies. A disposição dos sexos no interior dos ninhos seguiu o padrão apresentado por outras espécies de *Xylocopa* que constroem as células em arranjo linear e a produção de fêmeas foi maior que a de machos corroborando dados de outros autores a partir de ninhos estabelecidos em outros substratos, naturais e alternativos. A mortalidade total dos imaturos foi maior em *X. frontalis* e causas desconhecidas, fungos e *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae) foram os agentes causadores de mortalidade nos ninhos das duas espécies. Os resultados mostraram que *X. frontalis* e *X. grisescens* não apresentaram mudanças significativas em suas atividades de nidificação em gomos de bambu, utilizados como ninhos-armadilha. A comprovação da viabilidade de uma cavidade alternativa para nidificação é um dos passos mais importantes para a seqüência de estudos que devem ser feitos para a utilização daquelas espécies de abelhas em programas de polinização.

**Palavras-chave:** Comportamento; nidificação; ninhos-armadilha; abelhas; *Xylocopa*.

**ABSTRACT**

**NESTING BIOLOGY OF *Xylocopa frontalis* AND *Xylocopa grisescens* (HYMENOPTERA, APIDAE, XYLOCOPINI) IN TRAP-NESTS.** Some species of the genus *Xylocopa* are known as effective pollinators of passion fruit crops and the lack of or the reduced quantity of bees in the plantations has been established as one of the biggest problems faced by producers. This occurs due to a number of factors, which deforestation of natural areas may be considered as a major problem though besides reducing the substrates availability for nesting bees, reduce the resources used by them for their sustenance and procreation. This study aimed to evaluate the performance of the nest of *Xylocopa frontalis* and *Xylocopa grisescens* in trap nests, alternatives cavities provided in the field that may facilitate the transfer of nests from one area to another and facilitate growth of the populations of those species in areas of growing passion fruit as well. As trap-nests were available bamboo canes, closed at one end by the node and put into holes in “baiano type” brick which were placed on shelves under roofs built on the campus of USP, in Ribeirão Preto, Brazil. The length of the trap-nests used by *X. grisescens* ranged from 18.8 to 28.8 cm and those for *X. frontalis* from 16.1 to 30.6 cm, while the diameter for the first species ranged from 1.7 to 2.1 cm and the second from 1.6 to 2.2 cm. The thickness of the walls of the trap-nests used by both species ranged from 3 to 5mm. The nesting behavior of the two species were very similar and did not differ significantly from those reported by others studying the same species from natural nests or nesting in other types of trap-nests. Nests of *X. grisescens* contained two to five cells and *X. frontalis* one to six cells. The cells had the shape similar to a barrel and those built by *X. grisescens* were significantly larger and had the cellular partitions thicker than the cells of *X. frontalis*. The duration of the egg to emergence was similar between the sexes of the two species and between the two species. The provision of the sexes in the nest followed the pattern in other species of *Xylocopa* building cells in linear arrangement and the production of females was higher than that of males corroborating data from other authors from nests laid on other substrates, both natural and alternative. The total mortality of immature individuals was higher in *X. frontalis* and unknown causes, fungi and *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae) were the causative agents of mortality in nests of both species. The results showed that *X. frontalis* and *X. grisescens* showed no significant change in their nesting activities in bamboo canes used as trap nests. The verification of the viability of an alternative cavity to nesting is one of the most important steps in the sequence of studies that should be made to the use of those kinds of bees in pollination programs.

**Key-words:** Behavior; nesting, trap-nests; bees; *Xylocopa*.

**RESUMEN**

**BIOLOGÍA DE LA ANIDACIÓN DE *Xylocopa frontalis* Y *Xylocopa grisescens* (HYMENOPTERA, APIDAE, XYLOCOPINI) EN NIDOS-TRAMPA.** Algunas especies del género *Xylocopa* son conocidas como polinizadores efectivos de los cultivos de maracuyá y la falta o la presencia reducida de estas abejas en las plantaciones se ha convertido en uno de los mayores problemas enfrentados por los productores. Este hecho se deriva de una serie de factores entre los cuales la deforestación de áreas naturales puede ser considerada como uno de los principales problemas, pues además de disminuir la disponibilidad de sustratos para la anidación de las abejas, disminuye los recursos utilizados por ellas para su subsistencia y procreación. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la *performance* de la anidación de *Xylocopa frontalis* y *Xylocopa grisescens* en nidos-trampa, cavidades alternativas colocadas en el campo que podrán facilitar la transferencia de nidos de una área para otra, al mismo tiempo que facilitaría el incremento de las poblaciones de aquellas especies en áreas de cultivo de maracuyá. Junto con los nidos-trampa fueron colocados brotes de bambu, cerrados en una de las extremidades por el propio nudo, e introducidos en orificios existentes en ladrillos del “tipo bahiano” los cuales fueron colocados en estantes bajo coberturas construidas en el Campus de la USP, en Ribeirão Preto, SP. La longitud de los nidos-trampa utilizados por *X. grisescens* varió entre 18,8 a 28,8cm y los usados por *X. frontalis* varió entre 16,1 a 30,6cm, mientras que el diámetro para la primera especie varió entre 1,7 a 2,1cm y para la segunda entre 1,6 a 2,2cm. El grosor de las paredes de los nidos-trampa usados por ambas especies varió entre 3 a 5mm. El comportamiento de anidación de las dos especies fue bastante

similar y no difirió significativamente de lo descrito por otros autores estudiando las mismas especies a partir de nidos naturales, o anidando en otros tipos de nidos-trampa. Los nidos de *X. grisea* contenían de dos a cinco células y los de *X. frontalis* de una a seis células. Las células tenían un formato semejante al de un barril y las construidas por *X. grisea* fueron significativamente mayores y tuvieron las divisiones celulares más gruesas que las células de *X. frontalis*. La duración del período entre el huevo y la emergencia fue similar entre los sexos de las dos especies y entre las dos especies. La disposición de los sexos en el interior de los nidos siguió el patrón presentado por otras especies de *Xylocopa*, que construyen las células en un arreglo lineal. La producción de hembras fue mayor que la de los machos, corroborando datos de otros autores a partir de nidos establecidos en otros sustratos, naturales y alternativos. La mortalidad total de los inmaduros fue mayor en *X. frontalis* y causas desconocidas, hongos y *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae) fueron los agentes causadores de mortalidad en los nidos de las dos especies. Los resultados mostraron que *X. frontalis* y *X. grisea* no presentaron cambios significativos en sus actividades de anidación en brotes de bambu, utilizados como nidos-trampa. La comprobación de la viabilidad de una cavidad alternativa para anidación es uno de los pasos más importantes para la secuencia de estudios que deben ser realizados para la utilización de esas especies de abejas en programas de polinización.

**Palabras clave:** Comportamiento; anidación; nidos-trampa; abejas; *Xylocopa*.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um sistema de manejo para a utilização de uma espécie de abelha como polinizador de uma cultura pode ser justificado pela necessidade da presença do agente polinizador para a reprodução vegetal ou pela necessidade de aumentar a produção da referida cultura. Em ambos os casos, para o desenvolvimento do sistema, é necessário o conhecimento da biologia do inseto como também da biologia reprodutiva da cultura em questão (Bosch & Kemp 2002). No caso do maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., cultura economicamente importante para o Brasil, a auto-incompatibilidade de suas flores indica a necessidade de polinização cruzada para a formação de frutos (Akamine & Girolami 1959), o que justifica o desenvolvimento de um sistema de manejo visando a utilização de um agente polinizador eficiente. Embora a associação entre o maracujá e seus agentes polinizadores mais eficientes, espécies de abelhas do gênero *Xylocopa*, seja conhecida de longa data (Ackamine & Girolami 1957, 1959, Nishida 1963, Ruggiero 1973, Ruggiero *et al.* 1976, Camillo 2003), um dos maiores problemas enfrentado pelos produtores de maracujá consiste na falta ou reduzida presença dos polinizadores em seus plantios. Esse fato decorre de uma série de fatores entre os quais o desmatamento de áreas naturais pode ser considerado como um dos principais problemas, pois além de diminuir a disponibilidade de substratos

para a nidificação pelas abelhas diminui os recursos utilizados por elas para sua subsistência e procriação. Por isso, a necessidade de se manter e/ou aumentar a população dos polinizadores nas áreas de cultivo se constitui em outra justificativa para o desenvolvimento de um sistema de manejo daqueles agentes envolvidos com a cultura do maracujá.

*Xylocopa frontalis* (Olivier), *Xylocopa suspecta* (Moure & Camargo) e *Xylocopa grisea* (Lepelletier) têm sido identificadas como os principais agentes polinizadores das culturas de maracujá no Brasil (Camillo 1979, 1996, 2003). A biologia dessas espécies foi estudada por Camillo (1979), Camillo & Garófalo (1982, 1989) e Camillo *et al.* (1986), a partir de nidificações feitas em substratos naturais tais como mourões de madeira, troncos e galhos secos. A partir das informações obtidas a respeito da biologia dessas espécies foram iniciados os estudos visando encontrar meios alternativos para aumentar as populações daquelas abelhas em áreas com plantio de maracujá (Camillo 1978, 1996). Embora a aceitação de ninhos artificiais pelas fêmeas tenha alcançado resultados satisfatórios e a utilização de ninhos-armadilha, consistindo de gomos de bambu, tenha, também, produzido resultados positivos (Camillo 1998a, 1998b), em nenhum dos casos houve um estudo detalhado do comportamento de nidificação das espécies naquelas situações visando adquirir subsídios que pudessem indicá-los como adequados ao manejo delas. Mais recentemente, Freitas &

Oliveira Filho (2001, 2003) e Oliveira Filho & Freitas (2003) desenvolveram um modelo de caixa racional com ninhos móveis para *Xylocopa* e reportaram que tais ninhos tiveram boa aceitação pelas fêmeas de *X. frontalis* e que a biologia reprodutiva da espécie não foi afetada. Também, a introdução de ninhos daquela espécie em área com cultivo de maracujá proporcionou um aumento do número de abelhas visitando as flores e, conseqüentemente, houve um aumento na produtividade da cultura.

Visando o desenvolvimento de metodologias alternativas que possam contribuir para o incremento das populações das espécies de *Xylocopa*, potenciais polinizadores do maracujá, o presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de nidificação de fêmeas de *X. frontalis* e *X. grisescens* ao utilizarem ninhos-armadilha. Além disso, informações sobre o ciclo de vida e fatores de mortalidade dos imaturos, indispensáveis para o desenvolvimento de um sistema de manejo de uma espécie de abelha como polinizador de culturas (Bosch & Kemp 2002), foram também obtidas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no campus da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto (21° 05' - 21° 15' S e 47° 50' - 47° 55' W), estado de São Paulo, Brasil. O relevo apresenta altitudes que variam de 530 a 675m, em uma área de 573ha. O clima possui duas estações bem definidas, uma fria e seca, que se estende de maio a agosto, e uma estação quente e chuvosa, estendendo-se de setembro a abril.

No Campus da USP, pouco resta da vegetação nativa que cobria a área em conseqüência das atividades nela desenvolvidas, como a agricultura, representada pela lavoura cafeeira, depois, por edificações e desmatamentos. Em algumas áreas do Campus foram feitos, em diversos momentos, reflorestamentos com exemplares de espécies brasileiras e exóticas (Corrêa-Franco 1985). A partir de 1998 teve início o projeto de implantação da Floresta da USP/RP cujo objetivo foi reflorestar 75ha com espécies arbóreas nativas da região, com 126000 mudas sendo plantadas no período de 1998 a 2005 (Varanda *et al.* 2005). Próximo ao local onde os ninhos-armadilha ficaram alojados

predomina algumas espécies de árvores frutíferas, tais como bananeiras (*Musa* sp.), goiabeiras (*Psidium guajava*), mangueira (*Mangifera indica*), laranjeira (*Citrus aurantium*), limoeiro (*Citrus limon*), entre outras, além de várias outras plantas introduzidas, como representantes das famílias Bromeliaceae e Orchidaceae. As fêmeas de *X. frontalis* e *X. grisescens*, nidificando na área, exploraram, como fontes de néctar, pólen e pólen/néctar, um total de 16 espécies de plantas, distribuídas por nove famílias, com exemplares presentes no Campus da USP-RP (Pereira 2002).

### NINHOS-ARMADILHA

Foram utilizados como ninhos-armadilha (= NA), gomos de bambu fechados em uma das extremidades pelo próprio nó. No Brasil, a utilização desse tipo de ninho-armadilha para estudos com *Xylocopa* spp. teve início por volta de 1994 e os primeiros resultados foram reportados por Camillo (1996). Foram disponibilizados 949 gomos de bambu com comprimentos variando de 15,2 a 32,4cm e diâmetros variando de 1,2 a 2,6cm, sendo 2,0 e 2,1cm os diâmetros mais freqüentes (29,5% dos casos). A espessura das paredes dos gomos variou de 2 a 6mm, com aqueles de 3mm representando 45% dos casos. Em relação ao comprimento, o menor gomo de bambu tinha 14,8cm e o maior 32,3cm. Os NA foram introduzidos em orifícios existentes em tijolos do “tipo baiano”, colocados, horizontalmente, em prateleiras existentes sob coberturas construídas no campo próximo ao laboratório (Figura 1). As coberturas



**Figura 1.** Gomos de bambu introduzidos em orifícios existentes em tijolos do “tipo baiano” colocados em prateleira sob cobertura construída no campo e disponibilizados para nidificação para as fêmeas de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens*.

**Figure 1.** Bamboo canes placed in holes in “baiano type” brick put on the shelf under roofs built on the field and made available for nesting to females of *Xylocopa frontalis* and *Xylocopa grisescens*.

tinham a finalidade de proteger os ninhos de chuvas e insolação direta. Nas áreas próximas ao local onde os ninhos-armadilha foram colocados, a disponibilidade de substratos naturais para nidificação pelas fêmeas de *Xylocopa* spp. era pequena.

#### ATIVIDADES DE NIDIFICAÇÃO

Fêmeas em atividades de nidificação foram acompanhadas nos meses de outubro a dezembro de 1997, de janeiro a maio e agosto a dezembro de 1998 e 1999, e de janeiro a maio e agosto de 2000, totalizando 870h de observação. Durante as observações foram anotados os horários de início e término das atividades forrageadoras assim como a duração dos vôos para coleta de alimento (pólen e néctar). Os comportamentos no interior do ninho tais como o de construção de células, de deposição de alimento na célula, o de oviposição e o de operculação, foram observados com o auxílio de otoscópio.

#### ARQUITETURA DOS NINHOS

A descrição dos ninhos foi feita mediante a abertura de 37 ninhos de *X. griseus* e 50 ninhos de *X. frontalis* com o objetivo de analisar o formato e tamanho (comprimento e largura) das células, a disposição delas no interior dos ninhos, as características e espessura das partições celulares bem como detalhes do NA (comprimento, diâmetro e espessura da parede).

#### DURAÇÃO DO PERÍODO DA OVIPOSIÇÃO À EMERGÊNCIA

Com o objetivo de determinar a duração do período da oviposição à emergência como também a duração dos estágios de desenvolvimento dos imaturos de ambas as espécies, seis ninhos de *X. griseus* (construídos de janeiro a março de 1999) e 12 ninhos de *X. frontalis* (construídos em setembro e novembro de 1997 e de janeiro a março de 1999) foram transferidos para o laboratório após as fêmeas terem terminado suas atividades reprodutivas. No laboratório os ninhos foram abertos e os imaturos encontrados foram acondicionados, individualmente, em pequenas caixas plásticas, transparentes, com tampas, com dimensões de 12,0 x 12,0 x 4,0cm,

as quais permaneceram a temperatura ambiente. O desenvolvimento dos indivíduos (n = 20 para *X. griseus*, e n = 22 para *X. frontalis*) foi acompanhado por observações diárias até a emergência ou a morte deles.

#### ARRANJO DOS SEXOS NOS NINHOS E RAZÃO SEXUAL

De dez a 15 dias após as fêmeas terem terminado suas atividades reprodutivas, sete ninhos de *X. frontalis* e sete ninhos de *X. griseus* foram abertos no laboratório para verificar a partir de quais células as fêmeas e os machos eram produzidos. Os imaturos encontrados nos ninhos foram acondicionados em caixas semelhantes àquelas usadas para verificar a duração dos estágios de desenvolvimento e a coleta das informações seguiu o mesmo procedimento adotado no item anterior. O acompanhamento do desenvolvimento dos imaturos presentes nas células de 35 ninhos de *X. frontalis* e 11 ninhos de *X. griseus*, removidos dos ninhos após as fêmeas terem cessado suas atividades reprodutivas, proporcionou as informações para as análises da razão sexual para as amostras utilizadas. A manutenção dos imaturos no laboratório e a coleta de informações seguiram os procedimentos descritos no item sobre duração do período da oviposição à emergência.

#### CAUSAS DE MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS

O acompanhamento do desenvolvimento dos imaturos presentes nas células dos 35 ninhos de *X. frontalis* e 11 ninhos de *X. griseus*, utilizados para o estudo sobre a razão sexual, permitiram obter as informações a respeito da taxa de mortalidade de cada um dos estágios e, em alguns casos, as causas da mortalidade.

#### ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os testes estatísticos seguiram Zar (1984) e foram feitos com o pacote estatístico SigmaStat for Windows (1994- Jandel Corporation, San Rafael, California). O teste de Mann-Whitney foi usado para comparar o comprimento e diâmetro dos ninhos-armadilha usados pelas duas espécies, comparar o comprimento

e diâmetro das células de cria das duas espécies e comparar o tempo de desenvolvimento de machos e fêmeas da mesma espécie e entre as espécies. O teste do qui-quadrado foi usado para comparar as proporções dos sexos dos indivíduos produzidos nos ninhos. Quando apresentadas, as médias são seguidas pelos valores de desvios padrão.

## RESULTADOS

### SELEÇÃO DE UMA CAVIDADE PARA NIDIFICAÇÃO

Durante a escolha de um local para nidificar, a fêmea inspeciona vários NA. Durante as inspeções, a fêmea entra no NA, dirige-se até o fundo, recua alguns centímetros, vira o corpo, e fica com a cabeça voltada para a entrada. Em seguida, a fêmea dirige-se até a entrada do NA e sem sair dele, vira o corpo e esfrega as pernas posteriores uma na outra para se livrar de materiais (grãos de terra, teias de aranha ou serragem) que ficaram presos nas escopas durante a inspeção da cavidade ( $n=20$ , para diferentes fêmeas). Após isso, a fêmea repete todo o procedimento de inspeção. Caso a fêmea não opte por aquele local, ela o abandona e entra em outro NA onde repetirá o comportamento de inspeção. Quando um NA é selecionado, a fêmea de *X. grisescens* toca a extremidade do abdome na parede inferior do NA várias vezes enquanto caminha em direção à entrada dele. Os locais onde a fêmea toca o abdome ficam umedecidos de tal forma que se pode traçar a trajetória feita por ela dentro da cavidade, deixando o NA com um odor perceptível e desagradável ( $n=8$  observações). A fêmea de *X. frontalis* concentra a marcação próximo da entrada do NA tocando a extremidade do abdome várias vezes na parede inferior, deixando também um odor característico no NA e uma pequena marca, em linha reta, de aproximadamente 1,5cm naquela região ( $n=6$ ). Em alguns ninhos ( $n=4$ ), as fêmeas de *X. grisescens* defecaram várias vezes na entrada deles.

### NINHOS-ARMADILHA SELECIONADOS

O comprimento dos NA utilizados por *X. grisescens* variou de 18,8 a 28,8cm ( $x=21,9 \pm 2,9$ cm;  $n=30$ ), com a maior frequência (30% dos casos) ocorrendo no intervalo de 19,1-20,0cm. No caso de *X. frontalis*,

o comprimento dos NA variou de 16,1 a 30,6cm ( $x=22,6 \pm 3,8$ cm;  $n=50$ ), com as maiores frequências (28% dos casos) ocorrendo nos intervalos de 16,1 a 20,0cm e de 22,1 a 24,0 m. Não houve diferença significativa entre o comprimento dos NA utilizados pelas duas espécies (Mann-Whitney,  $Z=-0,55$ ;  $p>0,05$ ). Os diâmetros dos NA utilizados pelas duas espécies foram muito semelhantes (variação de 1,7 a 2,1cm;  $x=1,9 \pm 0,11$ cm;  $n=30$ , para *X. grisescens*, e de 1,6 a 2,2cm;  $x=1,9 \pm 0,13$ cm;  $n=50$ , para *X. frontalis*), não havendo diferença significativa entre as amostras (Mann-Whitney,  $Z=-0,96$ ;  $p>0,05$ ). Ninhos-armadilha com diâmetros de 1,9 e 2,0cm foram os mais utilizados por ambas as espécies. A espessura dos NA variou de 3 a 5mm, tanto para os ninhos de *X. grisescens* ( $x=3,5 \pm 0,63$ mm;  $n=30$ ) como para aqueles de *X. frontalis* ( $x=3,5 \pm 0,61$ mm;  $n=50$ ), sendo 3mm a espessura mais freqüente para ambas as espécies (53,3% e 56,0% dos casos respectivamente).

### CONSTRUÇÃO DOS NINHOS

Nos dias subseqüentes à escolha do local para nidificação, a fêmea, utilizando suas mandíbulas, começa a escavar a parede do fundo do NA. Depois, as outras paredes internas do NA passam a ser desgastadas ininterruptamente, até a primeira célula adquirir sua forma final. A escavação é um processo contínuo que pode também ser realizada a noite, como observado em 8 ocasiões. Durante a escavação a fêmea fica com a cabeça voltada para o fundo do NA, e realiza movimentos circulares ao redor do próprio eixo do corpo. Conforme a escavação vai sendo feita, a serragem resultante vai ficando acumulada no “assoalho” do ninho. De tempos em tempos, a fêmea interrompe a escavação e começa a afastar-se em direção à entrada do NA, empurrando para fora dele, com o abdome e as pernas posteriores, a serragem acumulada durante a escavação. Terminada essa atividade, a fêmea esfrega uma perna posterior na outra para se livrar da serragem presa nas escopas. A limpeza do ninho geralmente não é completa sendo que em algumas vezes é possível observar um pouco de serragem na entrada dele. Depois de modelar a nova célula, a fêmea passa, inicialmente, a glossa nas áreas desgastadas e, posteriormente, a extremidade do abdome nos mesmos locais. Em ambos os casos, a fêmea gira o corpo em torno de seu próprio eixo

enquanto realiza aquela atividade. Durante o espaço de tempo em que a fêmea trabalha na escavação de seu ninho, ela realiza de dois a quatro vôos por dia para alimentação. Esses vôos ocorreram no período da tarde.

#### APROVISIONAMENTO DAS CÉLULAS

Durante o provisionamento da célula, a fêmea faz numerosos vôos para coletar pólen e néctar, esse último somente a partir do terceiro vôo. Os vôos das fêmeas de *X. frontalis* tiveram uma duração de três a 70 minutos ( $x = 21,7 \pm 17,6$  minutos;  $n = 24$ ), com 58,3% deles ocorrendo nos intervalos de 0-10 e 11-20 minutos; para *X. grisea* os vôos duraram de 5 a 33 minutos ( $x = 11,6 \pm 6,9$  minutos;  $n = 36$ ), com 61,1% deles ocorrendo nos intervalos de 6-10 e 11-15 minutos.

Ao chegar do campo trazendo pólen ou néctar, a fêmea entra no NA e dirige-se até o fundo da célula onde faz a limpeza de seu corpo. Inicialmente, ela come o pólen aderido às suas pernas anteriores. Durante este comportamento é possível que ocorra a queda de alguns grãos de pólen no "assoalho" do NA. Em seguida, a fêmea vira o corpo, mantendo agora a cabeça voltada para a entrada do ninho, e inicia a remoção do pólen aderido em outras partes do corpo. Ela usa as pernas dianteiras para limpar a cabeça e o tórax, e as pernas medianas para limpar também parte do tórax. Após isso, a fêmea apóia-se com as pernas dianteiras nas paredes do NA e com as medianas limpa as pernas posteriores, que também são passadas uma na outra. Estas atividades ocasionam a queda do pólen que é acumulado no fundo da célula.

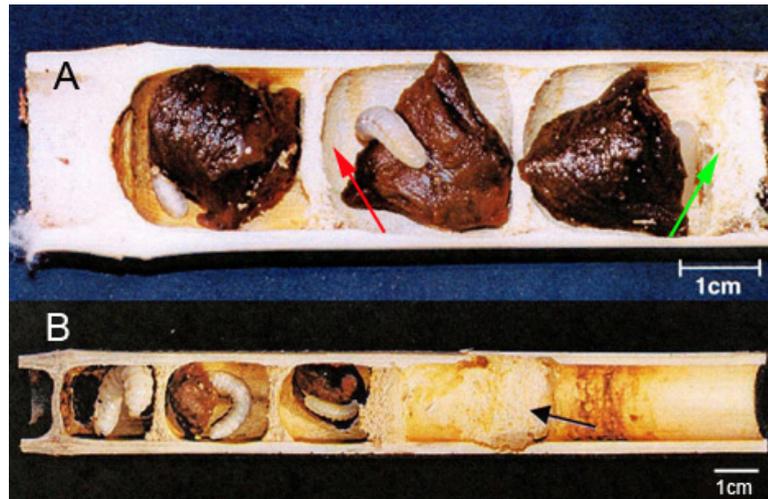
Depois de remover todo o pólen do corpo, a fêmea, utilizando sua cabeça e mandíbulas, compacta no fundo da célula. Quando pelo menos metade do pólen necessário foi coletada, ele é processado em uma massa, a qual fica depositada no fundo da célula. Esta massa apresenta uma superfície cheia de pequenas cavidades e misturada com néctar adquire um aspecto úmido e coloração bege escura, no caso de *X. frontalis*, ou marrom escura, no caso de *X. grisea*. Em ambos os casos a massa é pegajosa e de cheiro agradável. À medida que mais pólen é depositado, é possível distinguir o material recém coletado da massa já trabalhada pela sua coloração mais clara. A provisão torna-se novamente uniforme

e com coloração mais escura quando mais néctar é adicionado a ela. Após todo pólen ser coletado, a fêmea passa a trabalhar a massa de alimento utilizando as mandíbulas e provavelmente as pernas anteriores. Durante esse processo, a fêmea realiza um vôo que pode durar de 8 a 35 minutos ( $x = 12,8 \pm 5,8$  minutos;  $n = 20$ ). Ao retornar ao ninho, a fêmea se dirige até o fundo dele, gira o corpo e caminha até a saída do NA; ali, a fêmea permanece parada e inicia o comportamento de desidratação de néctar, mantendo uma gota de néctar entre as gáleas. Este comportamento pode durar de 5 a 26 minutos ( $x = 10,6 \pm 3,9$  minutos;  $n = 31$ ). Em seguida a fêmea regurgita a gota de néctar sobre a massa de alimento e continua a manipulá-la até ela adquirir um formato de sino (Figura 2A). A massa de alimento exala um odor agradável e característico que permite identificar os ninhos nessa fase de desenvolvimento.

#### OVIPOSIÇÃO E OPERCULAÇÃO DA CÉLULA

Terminada a preparação da massa de pólen e néctar, a fêmea faz a oviposição permanecendo com a cabeça direcionada para a entrada da célula. O ovo é colocado sobre a massa de alimento de forma a ficar pendente sobre a provisão. Em seguida à oviposição, a fêmea sai para o campo, podendo se ausentar por 35 a 75 minutos ( $x = 49,1 \pm 12,3$  minutos;  $n = 8$ ), no caso de *X. frontalis*, e de 29 a 78 minutos ( $x = 54,0 \pm 17,9$  minutos;  $n = 6$ ), no caso de *X. grisea*. Ao retornar, a fêmea inicia o fechamento da célula. Utilizando as mandíbulas e realizando movimentos circulares, a fêmea desgasta as paredes internas do NA obtendo a serragem a ser utilizada na construção do opérculo (Figura 2B). Enquanto realizando essa atividade, ela produz um forte ruído alternado com períodos de baixa intensidade de atividades. O opérculo é construído a partir das paredes do NA em direção ao centro, seguindo um formato espiral. Nessa atividade a fêmea utiliza as mandíbulas, cabeça e pernas anteriores. Conforme o opérculo vai sendo construído, a fêmea adiciona alguma secreção à serragem proporcionando a adesão entre os fragmentos. Terminada a construção da primeira célula, a fêmea repete os mesmos comportamentos durante a construção de outras células.

Fêmeas de *X. frontalis* necessitaram de 2 a 10 dias ( $x = 5,0 \pm 2,2$  dias;  $n = 24$ ) para completarem uma



**Figura 2.** Ninhos de *Xylocopa frontalis*. A) Células contendo massas de alimento larval na forma de sino; seta vermelha indica a superfície lisa e a seta verde, a superfície rugosa das partições celulares. B) Seta indicando o local onde a fêmea desgastou a parede do ninho-armadilha para a obtenção de material utilizado na construção das partições celulares.

**Figure 2.** Nests of *Xylocopa frontalis*. A) Cells containing masses of bell-shaped larval food, the red arrow indicates the smooth surface and the green arrow, the rough surface of the cell partitions. B) Arrow indicates the site where the female wore the wall of the nest-trap for obtaining material used in the construction of the cellular partitions.

célula, mas a utilização de 3 e 5 dias representaram 50% dos casos. Fêmeas de *X. grisescens* demoraram 4, 4, 5 e 6 dias para construir uma célula nos únicos 4 casos observados para esta espécie.

#### ARQUITETURA DOS NINHOS

As células possuíam o formato semelhante ao de um barril, com comprimento maior que o diâmetro, e os diâmetros das extremidades menores que o da região central da célula. As células construídas por *X. grisescens* tinham o comprimento variando de 2,1 a 3,1cm ( $x=2,5 \pm 0,24$ cm;  $n=37$ ), sendo 2,5 e 2,6cm as medidas mais frequentes (51,35% dos casos). Em células de *X. frontalis* a variação do comprimento foi de 1,9 a 3,0cm ( $x=2,4 \pm 0,22$ cm;  $n=105$ ), sendo 2,3cm o comprimento mais frequente. O diâmetro central das células de *X. grisescens* variou de 1,6 a 2,1cm ( $x=1,9 \pm 0,14$ cm;  $n=37$ ), e de 1,6 a 2,5cm ( $x=2,0 \pm 0,15$ cm;  $n=105$ ) em células de *X. frontalis*, sendo 2,0cm (37,8% e 32,4% dos casos respectivamente) o diâmetro mais frequente para ambas as espécies. As células de *X. grisescens* foram significativamente maiores, tanto em comprimento (Mann-Whitney,  $Z=-3,94$ ;  $p>0,01$ ) quanto em diâmetro (Mann-Whitney,  $Z=-2,89$ ;  $p>0,01$ ), que as de *X. frontalis*.

Entre uma célula e outra existe a partição celular construída com serragem. A partição possui uma superfície rugosa e côncava, voltada para o interior da célula operculada, constituída por partículas maiores que se soltam com facilidade quando atritadas; e outra, lisa e convexa, voltada para o exterior ou para o interior da próxima célula, constituída de partículas menores e bem aderidas umas às outras (Figura 2A). As partículas para a construção da parte rugosa da partição foram obtidas a partir de locais mais próximos da entrada do NA enquanto aquelas para a confecção da superfície lisa foram obtidas de um local logo adiante daquele onde a partição estava sendo construída. As partições apresentaram a espessura na sua região central variando de 1 a 4mm ( $x=2,5 \pm 0,87$ mm;  $n=37$ ) em *X. grisescens*, e de 1 a 7mm ( $x=2,0 \pm 1,07$ mm;  $n=105$ ) em *X. frontalis*, sendo 2,0 mm a espessura mais frequente em ambas as espécies (45,9% e 56,2%, respectivamente). As partições construídas por *X. grisescens* foram significativamente mais espessas que as construídas por *X. frontalis* (Mann-Whitney,  $Z=-2,95$ ;  $p<0,01$ ).

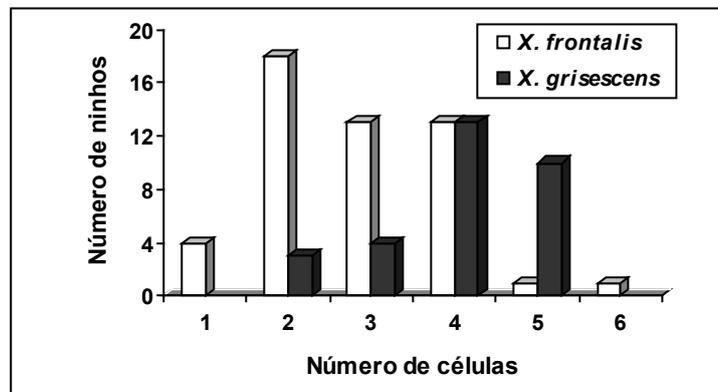
Os ninhos de *X. grisescens* tinham de duas a cinco células ( $n=30$ ) com aqueles com quatro e cinco células representando 76% do total deles. Os ninhos construídos por *X. frontalis* possuíam de

uma a seis células (n=50), sendo os de duas células os mais freqüentes (36% da amostra). Os ninhos de *X. grisescens* apresentaram mais células, em média, do que os de *X. frontalis* (Mann-Whitney, Z= - 4,25; p>0,01)(Figura 3).

**DURAÇÃO DO PERÍODO ENTRE A OVIPOSIÇÃO E A EMERGÊNCIA**

O período de ovo a emergência para fêmeas de *X. grisescens* variou de 37 a 74 dias (x= 52,6 ± 12,9 dias; n=14) enquanto para os machos a variação foi de 45 e 68 dias (x= 53,3 ± 12,7 dias; n= 6). Para fêmeas de *X. frontalis*, a variação observada foi de

40 a 86 dias (x= 55,0 ± 13,1 dias; n= 16), enquanto para os machos ela foi de 44 a 49 dias (x=46,3 ± 2,5 dias; n=6). Não houve diferença significativa entre os tempos de desenvolvimento de machos e fêmeas tanto de *X. grisescens* (Mann-Whitney, Z= - 0,19; p>0,05) como de *X. frontalis* (Mann-Whitney, Z= - 1,12; p>0,05). O período de ovo-larva para machos e fêmeas das duas espécies foi muito similar e teve pequena variação, enquanto que aqueles de larva-pupa e pupa-imago foram muito mais variáveis com os menores valores entre os tempos mínimo e máximo para cada um daqueles períodos sendo observados para os machos de ambas as espécies (Tabelas 1 e 2). Não foram encontradas diferenças significativas nos



**Figura 3.** Freqüência de ninhos e número de células em ninhos de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* estabelecidos em ninhos-armadilha.  
**Figure 3.** Neste frequency and number of cells in nests of *Xylocopa frontalis* and *Xylocopa grisescens* established in trap nests.

**Tabela 1.** Duração (em dias) dos estágios de desenvolvimento de *Xylocopa grisescens* presentes em seis ninhos construídos no período de janeiro a março de 1999, no campus da USP, em Ribeirão Preto, SP.

**Table 1.** Developmental stages duration (days) for *Xylocopa grisescens* present in six nests built in the period from January to March 1999 on the campus of USP, in Ribeirão Preto, Brazil.

Estágios de desenvolvimento	Fêmeas (n = 14)			Machos (n = 6)		
	Tempo mínimo	Tempo máximo	X ± DP (dias)	Tempo mínimo	Tempo máximo	X ± DP (dias)
Ovo – Larva	3	5	3,8 ± 0,80	3	5	4,0 ± 1,0
Larva – Pupa	13	26	18,9 ± 4,55	16	24	19,0 ± 4,35
Pupa - Imago	19	38	27,1 ± 6,54	23	35	28,0 ± 6,24

**Tabela 2.** Duração (em dias) dos estágios de desenvolvimento de *Xylocopa frontalis* presentes em 12 ninhos construídos em setembro e novembro de 1997 e de janeiro a março de 1999, no campus da USP, em Ribeirão Preto, SP.

**Table 2.** Developmental stages duration (days) of *Xylocopa frontalis* present in 12 nests built in September and November 1997 and January to March 1999 on the campus of USP, in Ribeirão Preto, Brazil.

Estágios de desenvolvimento	Fêmeas (n = 16)			Machos (n = 6)		
	Tempo mínimo	Tempo máximo	X ± DP (dias)	Tempo mínimo	Tempo máximo	X ± DP (dias)
Ovo – Larva	3	5	3,7 ± 0,70	3	4	3,7 ± 0,58
Larva – Pupa	14	25	18,9 ± 3,62	17	20	18,3 ± 1,52
Pupa - Imago	21	61	31,4 ± 12,56	22	27	24,0 ± 2,64

tempos de desenvolvimento entre as espécies (Mann-Whitney,  $Z = -0,36$ ;  $p > 0,05$ ).

#### ARRANJO DOS SEXOS NOS NINHOS E RAZÃO SEXUAL

Ninhos de *X. frontalis* com três células ( $n = 2$ ) só produziram fêmeas e naqueles com quatro células ( $n = 5$ ) a primeira delas (as células foram numeradas a partir do fundo do bambu) produziu exclusivamente fêmea e nas demais o percentual de fêmeas diminuiu gradativamente de 80 a 40%. Em ninhos de *X. grisescens* com três ( $n = 1$ ) e quatro células ( $n = 4$ ), as duas primeiras produziram unicamente fêmeas e o percentual de indivíduos desse sexo diminuiu para 50% e 25% na terceira e quarta células, respectivamente, nos ninhos com quatro células. Nos dois ninhos de *X. grisescens* com 5 células, as três primeiras produziram 100% de fêmeas enquanto na quarta célula aquele percentual diminuiu para 50%.

De 44 células provenientes de 11 ninhos de *X. grisescens*, estabelecidos durante o período de setembro a novembro/97, emergiram 33 fêmeas e 7 machos o que indica, para a amostra utilizada uma razão sexual de 1 fêmea: 0,21 machos, proporção essa significativamente diferente de 1:1 ( $X^2 = 15,6$ ;  $P < 0,05$ ). Para *X. frontalis*, de uma amostra de 98 células provenientes de ninhos estabelecidos em setembro/97 ( $n = 3$ ), janeiro a março/98 ( $n = 10$ ), setembro/98 ( $n = 2$ ) e fevereiro e março/99 ( $n = 20$ ), emergiram 64 fêmeas

e 5 machos indicando uma proporção de 1 fêmea: 0,08 machos, proporção essa também significativamente diferente de 1:1 ( $X^2 = 24,4$ ;  $P < 0,05$ ).

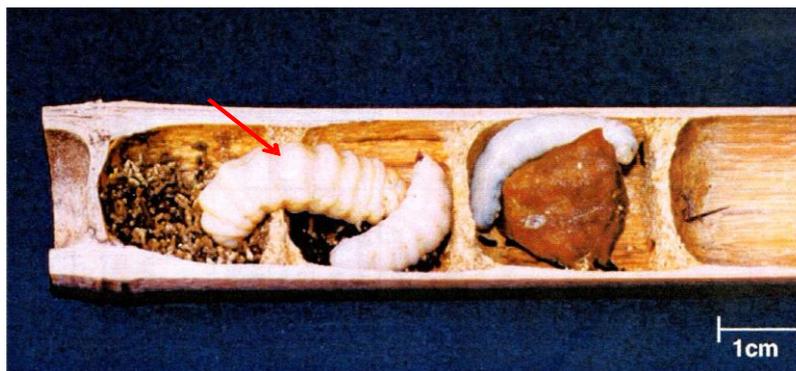
#### MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS

Do total de 44 células provenientes de 11 ninhos estabelecidos por *X. grisescens*, 40 (90,9%) produziram adultos (75% de fêmeas e 15,9% de machos), enquanto que das 98 células existentes em 35 ninhos de *X. frontalis*, 69 (70,4%) indivíduos (65,3% de fêmeas e 5,1% de machos) emergiram (Tabela 3). O estágio larval foi o que apresentou maior porcentagem de mortalidade nos ninhos estabelecidos por *X. frontalis*, enquanto que naqueles de *X. grisescens* só foram encontrados indivíduos mortos nos estágios de ovo e larva (Tabela 3). Foi observada maior incidência de parasitismo em *X. frontalis* do que em *X. grisescens*. Em todos os casos, as células foram parasitadas por *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae) (Figura 4). Os fungos foram responsáveis pela morte de dois indivíduos de *X. grisescens* e nove de *X. frontalis*. Em 17 casos (1 em *X. grisescens* e 16 em *X. frontalis*) a mortalidade ocorreu por fatores desconhecidos (Tabela 3). Coleópteros da família Meloidae foram encontrados em ninhos de *X. frontalis* construídos em fevereiro/98 e fevereiro e março/99, e em ninhos de *X. grisescens* em setembro/97. As células atacadas por fungos ocorreram em ninhos de *X. frontalis* estabelecidos em setembro e novembro/97, e em

**Tabela 3.** Porcentagem de sobrevivência e causas de mortalidade de imaturos de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* presentes em ninhos estabelecidos em ninhos-armadilha no Campus da USP, em Ribeirão Preto, SP.

**Table 3.** Percentage of survival and mortality causes of immature *Xylocopa frontalis* and *Xylocopa grisescens* present in nests laid in trap-nests on the campus of USP, in Ribeirão Preto, SP.

	<i>X. frontalis</i>	<i>X. grisescens</i>
No. de ninhos	35	11
No. de células com imaturos	98	44
No. de adultos que emergiram	69 (70,4%)	40 (90,9%)
fêmeas	62	33
machos	7	7
Imaturos mortos por fungos (=f) ou causas desconhecidas (=d)		
ovo	3 (f)	2 (f)
larva	3 (f) + 7 (d)	1 (d)
pupa	3 (f) + 4 (d)	0
imagos	5 (d)	0
Total	25 (25,5%)	3 (6,8%)
No. de células parasitadas por		
<i>Cissites</i> sp.	4 (4,1%)	1 (2,3%)



**Figura 4.** Larva de *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae)(indicada pela seta) atacando larva presente na segunda célula de um ninho de *Xylocopa frontalis*, após terminar de se alimentar em sua célula.

**Figure 4.** Larvae *Cissites* sp (Coleoptera: Meloidae) (indicated by arrow) attacking larvae present in the second cell of a nest of *Xylocopa frontalis*, after it finished eating in its cell.

ninhos de *X. griseescens* estabelecidos em dezembro/98 e de janeiro a março/99.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Com exceção de algumas particularidades de cada espécie, em linhas gerais, o comportamento de nidificação apresentado por *X. frontalis* e *X. griseescens* em NA foi similar ao descrito por outros autores estudando outras espécies (Vicidomini 1996a, 1996b, Watmough 1974, Iwata 1976, Anzenberger 1977, 1986, Gerling & Hermann 1978, Ben Mordechai *et al.* 1978, Gerling *et al.* 1981, 1983, Velthuis & Gerling 1983, Camillo *et al.* 1986) ou trabalhando com as mesmas espécies (Camillo & Garófalo 1982, 1989, Oliveira Filho & Freitas 2003). Basicamente, do início da construção até a operculação da célula, as fêmeas exibiram uma seqüência comportamental de cinco estágios, semelhante ao identificado por Michener (1964): 1. Desgaste das paredes internas do ninho, do NA, no presente estudo, até a célula adquirir sua forma final; 2. Acúmulo de pólen no fundo da célula; 3. Preparação do alimento larval; 4. Oviposição; e 5. Construção do opérculo ou partição celular, que parece ser padrão para as espécies de *Xylocopa* conhecidas, presentes em todas as células construídas em um ninho.

As atividades de nidificação de uma fêmea incluem, inicialmente, a procura por um local adequado para a construção do ninho. Fêmeas jovens, tanto de abelhas (Vieira de Jesus & Garófalo 2000) como de vespas (Ribeiro 2006), inspecionam vários locais antes de optarem por algum deles, uma vez que a cavidade adequada para nidificação não deve

ser somente atrativa para a fêmea, mas também deve oferecer proteção contra luz, calor e umidade excessivos, parasitas e predadores (Bosch & Kemp 2002). Em *Xylocopa*, por exemplo, indivíduos de uma mesma espécie podem escolher entre um material tenro e fácil de escavar, onde poderão fazer um ninho menos durável, ou um material mais duro que oferecerá melhor proteção (Watmough 1974, Freitas & Oliveira Filho 2001). No presente estudo, as fêmeas nidificaram apenas em NAs sem rachaduras ou frestas, o que mostra a necessidade de oferecer a elas cavidades com aquela característica.

Outro fator importante para as abelhas é a dimensão da cavidade uma vez que esse parâmetro pode também afetar o sucesso da nidificação. No presente estudo, fêmeas de ambas as espécies selecionaram NA com diâmetros semelhantes. Esses diâmetros foram semelhantes àqueles da entrada das galerias escavadas pelas fêmeas ao estabelecerem seus ninhos em troncos de madeira, conforme reportado por Camillo (1979) e Camillo & Garófalo (1982). Considerando que as fêmeas tendem a selecionar o diâmetro da cavidade em função de seu próprio tamanho (Krombein 1967, Vicens *et al.* 1993, Strickler *et al.* 1996, Pereira *et al.* 1999, Bosch & Kemp 2002), certamente as fêmeas de *X. frontalis* e *X. griseescens* possuem tamanhos similares. Dessa forma é preciso evitar o uso de NA que não apresentem diâmetros dentro da faixa de tamanho relatada nesse trabalho.

O comprimento dos NA é outro parâmetro relevante, pois, conforme reportado por Torchio (1989), Tepedino & Torchio (1989), Bosch (1994a, 1994b) e Bosch & Kemp (2002), NA com pequeno comprimento pode causar desequilíbrio em favor

dos machos na relação macho/fêmea tanto em *Osmia lignaria propinqua* Cresson como *Osmia cornuta* (Latreille). Outro aspecto importante é que a nidificação em NA, como gomos de bambu, limita a arquitetura dos ninhos e o número máximo de células em cada um deles. Como nesse tipo de cavidade as células são dispostas em apenas uma série linear, o comprimento da cavidade seria um fator limitante, ao contrário do observado por Camillo (1979), Camillo & Garófalo (1982) e Camillo *et al.* (1986) em ninhos construídos em troncos de madeira morta, e por Oliveira Filho (2001) para colméias racionais, que apresentam arquiteturas bem diferentes da observada em ninhos feitos em gomos de bambu. Os ninhos em troncos são sempre construídos na posição vertical e as fêmeas podem fazer várias galerias, o que permite que mais células possam ser adicionadas com o tempo. Quando o substrato permite, o ninho pode ter uma arquitetura tridimensional. Nas colméias racionais, os ninhos são predominantemente horizontais e construídos em um único plano devido às limitações impostas pela placa de madeira e as lâminas de vidro, mas mesmo assim esses ninhos podem conter várias galerias. De acordo com essas considerações, o número de células por ninho depende, inclusive, do local que a fêmea escolheu para nidificar.

Outro fator limitante na escolha dos NA é a espessura das paredes deles. Como o material usado na construção das partições celulares é obtido pela fêmea de um único ponto ou ao longo da parede do gomo de bambu, como também reportado por Camillo & Garófalo (1982) para ninhos construídos em troncos de madeira, aqueles com paredes pouco espessas não seriam adequados para a nidificação, uma vez que não forneceriam material em quantidade adequada para a construção das partições.

A substância odorífera depositada pelas fêmeas de *X. frontalis* e *X. griseescens* nas paredes internas do NA selecionado deve ser produto da glândula de Dufor. Essa hipótese baseia-se no fato de que fêmeas de *Xylocopa caffra* (Linnaeus) (Skaife 1952), *Xylocopa flavorufa* (DeGeer), *Xylocopa imitator* Smith e *Xylocopa torrida* (Westwood) marcam a entrada de seus ninhos com produto daquela glândula (Anzenberger 1986) e o comportamento exibido por elas durante a marcação da entrada e paredes internas dos ninhos é similar àquele apresentado pelas fêmeas das duas espécies aqui estudadas. O odor

exalado por aquele produto glandular serviria para o reconhecimento do seu ninho pela fêmea nidificante além de, provavelmente, desencorajar a entrada de invasoras (Anzenberger 1986, Hefetz 1992). Durante o presente estudo foi observado em várias ocasiões fêmeas entrarem e saírem rapidamente de ninhos de outras fêmeas sugerindo que elas reconheciam que as cavidades eram ocupadas por outras fêmeas. O comportamento de defecar na entrada do ninho, apresentado por algumas fêmeas de *X. griseescens*, pode também ter a função de indicar para outras fêmeas que aquela cavidade já está ocupada, conforme também sugerido por Kapil & Dhaliwal (1968), para *X. fenestrata* (Fabricius), e Gimenes *et al.* (2006), para *X. subcyanea* Perez.

O revestimento interno do NA com secreções glandulares parece ter a função de proteger o conteúdo das células contra ressecamento ou umidade excessiva, conforme sugerido por Gerling *et al.* (1989). Ainda segundo estes autores, o revestimento parece conter antibióticos para prevenir o desenvolvimento de microorganismos.

A realização de alguns vôos por dia, de curta duração, provavelmente para alimentação própria, durante a fase de construção de células, o tempo gasto para a coleta de alimento larval (pólen e néctar), os comportamentos de deposição daquele material no ninho, da preparação da massa de alimento larval, assim como o comportamento de desidratação de néctar, reportados para as duas espécies aqui estudadas foram, de maneira geral, semelhantes aos descritos por outros autores (Kapil & Dhaliwal 1968, Watmough 1974, Anzenberger 1977, Camillo 1979, Wittmann & Scholtz 1989, Vicidomini 1996a, 1996b) para outras espécies sugerindo tratarem-se de comportamentos característicos do gênero.

O comportamento da fêmea de sair do ninho por longos períodos de tempo após a oviposição expõe o ovo ao ataque de parasitas e predadores colocando a perder o enorme investimento realizado por ela para a construção e aprovisionamento da célula. Entretanto, a pequena incidência de parasitismo dos imaturos, observada no presente estudo, indica que aquele comportamento não acarretou um grande risco à integridade deles como poderia ser esperado.

Células com formato de barril e operculadas por partições celulares são características apresentadas pela maioria das espécies de *Xylocopa* com estrutura de

ninhos conhecida (Sakagami & Laroca 1971, Camillo & Garófalo 1982, Gimenes *et al.* 2006, Bernardino & Gaglianone 2008). As diferentes texturas observadas nas partições, uma rugosa, do lado interno à célula, e uma lisa, do lado externo à célula operculada, são indicativas, para o jovem adulto, da direção da saída da célula (Hurd & Moure 1960), fato comprovado experimentalmente por Anzenberger (1977). Segundo esse autor, a superfície rugosa é mais apropriada para o trabalho das mandíbulas da abelha no momento de romper a estrutura.

O tempo requerido para aprovisionar, ovipositar e opercular uma célula é muito variável entre as espécies de *Xylocopa*, mas tanto as fêmeas de *X. frontalis* como aquelas de *X. griseescens*, quando comparadas com outras espécies tais como *X. orpifex* Smith (Anzenberger 1977), *X. sulcatipes* Maa (Velthuis *et al.* 1984), *X. pubescens* Spinola (Van der Blom & Velthuis 1988) e *X. violacea* (Linnaeus) (Vicidomini 1996a), foram as que necessitaram de mais tempo para completarem aquelas atividades. Entre os fatores que podem influenciar o tempo utilizado para completar uma célula podem ser destacados as condições climáticas, a disponibilidade de recursos e a localização das fontes de recursos em relação ao local de nidificação.

Embora o tempo total de desenvolvimento de ovo a adulto em espécies do gênero *Xylocopa* seja bastante variável, os resultados obtidos nesse trabalho são similares àqueles reportados por Camillo (1979), para as mesmas espécies aqui estudadas, e não diferem significativamente daqueles relatados por Oliveira Filho & Freitas (2003) para *X. frontalis* a partir de colonizações em ninhos racionais. Esses resultados já eram esperados porque tal aspecto da biologia das espécies pode ser influenciado pelas condições climáticas, mas não pelo tipo de cavidade utilizada para nidificação.

O arranjo dos sexos no interior dos ninhos nas duas espécies aqui estudadas seguiu o padrão que tem sido observado em espécies de *Xylocopa* que apresentam as células em arranjo linear, como *X. ciliata* e *X. artifex* (Sakagami & Laroca 1971), *X. sulcatipes* (Velthuis *et al.* 1984, Stark 1992), *X. pubescens* (Velthuis *et al.* 1984, Van der Blom & Velthuis 1988), *X. violacea* (Vicidomini 1996a), e em várias outras espécies de abelhas solitárias (Krombein 1967, Pereira *et al.* 1999, Vieira de Jesus & Garófalo 2000) nidificando em NA.

Tal padrão, contudo, não foi observado em ninhos de *X. abbreviata*, onde machos e fêmeas são produzidos em posições aleatórias (Ramalho *et al.* 2004). Segundo aqueles autores, na ausência de diferentes tempos de desenvolvimento dos estágios imaturos, a solução foi a redução do número de células por galeria.

A razão sexual observada nos ninhos aqui estudados mostra uma proporção bem menor de machos do que as proporções reportadas por Camillo & Garófalo (1982), para ninhos naturais de *X. frontalis* e *X. griseescens*, e por Oliveira Filho (2001), para *X. frontalis* nidificando em ninhos racionais. Apesar das diferenças, em todos os casos a razão sexual é desviada a favor das fêmeas. Esta tendência tem sido descrita para várias outras espécies de *Xylocopa* (Nishida 1963, Anzenberger 1977, Watmough 1983, Stark 1992, Sihag 1993) e é uma característica importante, pois tais espécies podem aumentar sua população de maneira bem rápida em áreas em que forem introduzidas visando, principalmente, a atividade polinizadora delas.

Gerling *et al.* (1989) sugerem que o hábito de estocar alimento rico em energia e proteína faz das abelhas, como *Xylocopa*, um alvo atrativo para inimigos naturais. Watmough (1983) relatou que a mortalidade causada por parasitas em populações naturais de *Xylocopa* pode chegar a um valor médio de 20,1% em espécies multivoltinas e de 7,2% em populações de espécies univoltinas. Apesar de ser sabido que parasitas podem ser responsáveis por uma substancial perda de produtividade em abelhas (Wcislo 1990), e que o número de parasitas e predadores pode diferir significativamente entre as regiões (Gerling *et al.* 1989), provavelmente refletindo diferenças faunísticas (Watmough 1974, Hurd 1978), os valores obtidos nesse trabalho mostram uma pequena taxa de parasitismo tanto em *X. frontalis* como *X. griseescens*. Esses resultados sugerem que se a taxa de parasitismo da cria em outras condições de nidificação for similar àquela aqui observada, tal fator não consistirá em problema importante para programas de incremento das populações de *X. frontalis* e *X. griseescens*. Fungos e causas desconhecidas foram os outros dois fatores de mortalidade dos imaturos das duas espécies de *Xylocopa* aqui estudadas. Segundo Roubik (1989), os fungos são um dos maiores inimigos naturais de abelhas solitárias durante o período de nidificação podendo causar altas taxas de mortalidade. Como as atividades de nidificação na região onde esse estudo

foi realizado ocorrem em sua maior intensidade na estação quente-chuvosa, a ação de fungos pode ser facilitada por essas condições climáticas, ideais para o desenvolvimento de muitos deles. Contudo, é difícil determinar se a presença dos fungos nas células é a causa ou é o resultado do não desenvolvimento dos imaturos. Como no presente estudo o desenvolvimento dos estágios imaturos foi acompanhado por observações diárias, foi possível constatar que os fungos foram a causa de mortalidade e não produtos da morte dos indivíduos. Independente de ser causa ou resultado e independente de estar entre os fatores que ocasionaram maior mortalidade, a perda total de imaturos tanto nos ninhos de *X. frontalis* como nos de *X. griseescens* foi relativamente baixa.

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que *X. frontalis* e *X. griseescens* não apresentaram mudanças significativas em suas atividades de nidificação em gomos de bambu, utilizados como ninhos-armadilha. A comprovação da viabilidade desse material alternativo para nidificação é um dos passos mais importantes para a seqüência de estudos que devem ser feitos para a utilização daquelas espécies de abelhas em programas de polinização. Assim, nessa seqüência, um dos procedimentos seria disponibilizar ninhos-armadilhas em cultivos de maracujá-amarelo e acompanhar a ocupação deles pelas fêmeas que visitam a cultura em busca de recursos alimentares. Outro passo não menos importante seria a disponibilização de recursos alimentares às abelhas no período em que a cultura não estiver em floração para que não haja necessidade de abandonar o sítio em busca de outro mais favorável à sobrevivência. Nesse sentido, informações disponíveis na literatura podem indicar espécies vegetais de fácil trato, com crescimento e floração rápidos e contínuos, que deveriam ser disponibilizadas na área do cultivo do maracujá ou próximo a ela. E, o desenvolvimento de uma metodologia de duplicação de ninhos utilizando imaturos que já terminaram a fase de alimentação ou adultos recém emergidos seria um avanço significativo para o sucesso no incremento populacional e no manejo daqueles polinizadores.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem José C. Serrano pelo auxílio técnico e Evandro Camillo pelas sugestões.

## REFERÊNCIAS

- AKAMINE, E.K. & GIROLAMI, G. 1957. Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm Science*, 14: 3-4.
- AKAMINE, E.K. & GIROLAMI, G. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station. *Technical Bulletin* 39. 44p.
- ANZENBERGER, G. 1977. Ethological study of African Carpenter bees of the Genus *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 44: 337-374.
- ANZENBERGER, G. 1986. How do carpenter bees recognize the entrance of their nest? An experimental investigation in a natural habitat. *Ethology*, 71: 54-62.
- BEN MORDECHAI, Y.; COHEN, R.; GERLING, D. & MOSCOVITZ, E. 1978. The biology of *Xylocopa pubescens* (Spinola) (Hymenoptera: Anthophoridae) in Israel. *Israel Journal of Entomology*, 12: 107-121.
- BERNARDINO, A.S. & GAGLIANONE, M.C. 2008. Nest distribution and nesting habits of *Xylocopa ordinaria* Smith (Hymenoptera, Apidae) in a restinga area in the northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 434- 440.
- BOSCH, J. 1994a. Improvement of field management of *Osmia cornuta* (Latreille) (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie*, 25: 71-83.
- BOSCH, J. 1994b. The nesting behavior of the mason bee *Osmia cornuta* (Latr.) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie*, 25: 84-93.
- BOSCH, J. & KEMP, W.P. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, 92: 3-16.
- CAMILLO, E. 1978. Estudos sobre o incremento da população de polinizadores do maracujá (Hymenoptera, Anthophoridae). *Ciência e Cultura*, 30(7): 594.
- CAMILLO, E. 1979. *Aspectos ecológicos e evolutivos de abelhas do gênero Xylocopa (Hymenoptera, Anthophoridae)*. Dissertação de Mestrado. UFSCar, São Carlos, SP, Brasil. 173p.
- CAMILLO, E. 1996. Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá-

- amarelo. Pp. 141-146. *In: Anais do II Encontro sobre Abelhas*. Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- CAMILLO, E. 1998a. Estudos sobre o incremento dos polinizadores (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Pp. 134-137. *In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Apicultura*. Salvador, BA, Brasil.
- CAMILLO, E. 1998b. Nidificação de *Xylocopa frontalis* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. Pp. 242. *In: Anais do III Encontro sobre Abelhas*, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- CAMILLO, E. 2003. *Polinização do maracujá*. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 44p.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa griseescens* (Lepelletier) in southern Brazil. I. Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Biologia*, 42: 571-582.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A. & MUCCILLO, G. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) in southern Brazil: nest construction and biological cycle (Hymenoptera, Anthophoridae). *Revista Brasileira de Biologia*, 46: 383-393.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1989. Social organization in reactivated nests of three species of *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) in southeaster Brazil. *Insectes Sociaux*, 36: 92-105.
- CORRÊA-FRANCO, G.A.D. 1985. *Inventário das Angiospermas arbóreas do Campus USP de Ribeirão Preto*. Monografia em Ciências Biológicas. FFCLRP-USP, Ribeirão Preto, SP. 154p.
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA FILHO, J.H. 2001. *Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas*. Banco do Nordeste, Fortaleza, CE. 96p.
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA FILHO, J.H. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, 33: 1135-1139.
- GERLING, D. & HERMANN, H.R. 1978. Biology and mating behaviour of *Xylocopa virginica* L. (Hymenoptera: Anthophoridae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3: 99-111.
- GERLING, D.; HURD, P.D.Jr. & HEFETZ, A. 1981. In-nest behavior of the carpenter bee, *Xylocopa pubescens* Spinola (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54: 209-218.
- GERLING, D.; HURD, P.D.Jr. & HEFETZ, A. 1983. Comparative behavioral biology of two Middle East species of carpenter bees (*Xylocopa* Latreille) (Hymenoptera: Apoidea). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 369: 1-33.
- GERLING, D.; VELTHUIS, H.H.W. & HEFETZ, A. 1989. Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa*. *Annual Review of Entomology*, 34: 163-190.
- GIMENES, M.; FIGUEIREDO, N.A. & SANTOS, A.H.P. 2006. Atividades relacionadas à construção e provisionamento de ninhos de *Xylocopa subcyanea* (Hymenoptera, Apidae) em uma área de restinga na Bahia, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 96: 299-304.
- HEFETZ, A. 1992. Individual scent marking of the nest entrance as a mechanism for nest recognition in *Xylocopa pubescens* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of Insect Behaviour*, 5: 763-772.
- HURD, P.D. 1978. *An annotated catalog of the carpenter bees (Genus Xylocopa Latreille) of the Western Hemisphere (Hymenoptera, Anthophoridae)*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 196p.
- HURD, P.D. & MOURE, J.S. 1960. A new world subgenus of bamboo-nesting carpenter bees belonging to the genus *Xylocopa* Latreille (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America*, 53: 809-821.
- IWATA, K. 1976. *Evolution of Instinct. Comparative Ethology of Hymenoptera*. Amerind Publishing Company, New Delhi, India. 535p.
- KAPIL, R.P. & DHALIWAL, J.S. 1968. Defense of nest by the female of *X. fenestrata* Fab. (Xylocopinae, Hymenoptera). *Insectes Sociaux*, 15: 419-422.
- KROMBEIN, K.V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees. Life histories, nests and associates*. Smithsonian Press. Washington, DC. 570p.
- MICHENER, C.D. 1964. Evolution of the nests of bees. *American Zoologist*, 4: 227-239.

- NISHIDA, T. 1963. Ecology of the pollinators of passion fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station. *Technical Bulletin 55*. University of Hawaii, Honolulu. 38p.
- OLIVEIRA FILHO, J. H. 2001. Avaliação de um modelo de colméia racional para a abelha mamangava (*Xylocopa* spp.): aceitação, biologia reprodutiva e uso para polinização. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil. 65p.
- OLIVEIRA FILHO, J.H. & FREITAS, B.M. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. *Ciência Rural*, 33: 693-697.
- PEREIRA, M. 2002. Biologia da nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 125p.
- PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E. & SERRANO, J.C. 1999. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie*, 30: 327-338.
- RAMALHO, M.; BATISTA, M.A. & SILVA, M. 2004. *Xylocopa (Monoxylocopa) abbreviata* Hurd & Moure (Hymenoptera: Apidae) e *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae): Uma associação estreita no semi-árido do Brasil Tropical. *Neotropical Entomology*, 33: 417-425.
- RIBEIRO, F. 2006. Comportamento de *Podium denticulatum* F. Smith, 1856 (Hymenoptera, Sphecidae) em ninhos-armadilha. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 67p.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and Natural History of the tropical bees*. Cambridge University Press, New York. 514p.
- RUGGIERO, C. 1973. Estudos sobre a floração e polinização do maracujá-amarelo. *Tese de Doutorado*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Jaboticabal, SP, Brasil. 92p.
- RUGGIERO, C.; LAM-SANCHES, A. & CARVALHO, R.P.L. 1976. Ocorrência de diversos tipos de flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). *Científica*, 4: 82-86.
- SAKAGAMI, S.F. & LAROCCA, S. 1971. Observations on the bionomics of the some neotropical Xylocopinae bees, with comparative and biofaunistic notes (Hymenoptera, Anthophoridae). *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Serie VI Zoology*, 18: 57-127.
- SIHAG, R.C. 1993. Behaviour and ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 8. Life cycle, seasonal mortality, parasites and sex ratio. *Journal of Apicultural Research*, 32: 109-114.
- SKAIFE, S.H. 1952. The yellow-banded carpenter bee, *Mesotrichia caffra* Linn. and its symbiotic mite *Dinogamasus braunsi* Vitzhun. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 15: 63-76.
- STARK, R.E. 1992. Sex ratio and maternal investment in the multivoltine large carpenter bee *Xylocopa sulcatipes* (Apoidea: Anthophoridae). *Ecological Entomology*, 17: 160-166.
- STRICKLER, K.; SCOTT, V.L. & FISHER, R.L. 1996. Comparative nesting ecology of two sympatric leafcutting bees that differ in body size (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 69: 26-44.
- TEPEDINO, V.J. & TORCHIO, P.F. 1989. The influence of nest-hole selection on sex ratio and progeny size in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 82: 355-360.
- TORCHIO, P.F. 1989. In-nest biologies and development of immature stages of three *Osmia* species (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 82: 599-615.
- VAN DER BLOM, J. & VELTHUIS, H.H.W. 1988. Social behavior of the carpenter bee *Xylocopa pubescens* Spinola. *Ethology*, 79: 281-294.
- VARANDA, E. M.; OLIVEIRA, C. & BAROSELA, J. R. 2005. Restauração de processos ecológicos no Projeto Floresta da USP-RP: um projeto coletivo. In: Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, MG. (CD-ROM).
- VELTHUIS, H.H.W. & GERLING, D. 1983. At brink of sociality: interactions between adults of the carpenter bee *Xylocopa pubescens* Spinola. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 12: 209-214.
- VELTHUIS, H.H.W.; YVONNE, W. & GERLING, D. 1984. Provisioning and preparation of the brood cell in two carpenter bees, *Xylocopa sulcatipes* Maa and *Xylocopa pubescens* Spinola (Hymenoptera: Anthophoridae). *Israel Journal of Entomology*, 18: 39-51

VICENS, N.; BOSCH, J. & BLAS, M. 1993. Análisis de los nidos de algunas *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae) nidificantes en cavidades preestabelecidas. *Orsis*, 8: 41-52.

VICIDOMINI, S. 1996a. Biology of *Xylocopa violacea* (Hymenoptera): in-nest ethology. *Italian Journal of Zoology*, 63: 237-242.

VICIDOMINI, S. 1996b. Biology of *Xylocopa* (*Xylocopa*) *violacea* (L., 1758)(Hymenoptera: Apidae): pollen paste preparation ethology and biochemical composition. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia*, 47: 211-220.

VIEIRA-DE-JESUS, B.M. & GARÓFALO, C.A. 2000. Nesting behaviour of *Centris* (*Heterocentris*)  *analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie*, 31: 503-515.

WATMOUGH, R.H. 1974. Biology and behaviour of carpenter bees in Southern Africa. *Journal of the Entomological Society of South Africa*, 37: 261-281.

WATMOUGH, R.H. 1983. Mortality, sex ratio, and fecundity in natural populations of large carpenter bees (*Xylocopa*). *Journal of Animal Ecology*, 52: 111-125.

WCISLO, W.T. 1990. Parasitic and courtship behavior of *Phalacrotophora halictorum* (Diptera: Phoridae) at a nesting site of *Lasioglossum figueresi* (Hymenoptera: Halictidae). *Revista de Biologia Tropical*, 38: 205-209.

WITTMANN, D. & SCHOLZ, E. 1989. Nectar dehydration by male carpenter bees as preparation for mating flights. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25: 387-391.

ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 663p.

Submetido em 08/06/2009

Aceito em 08/11/2009