



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Tetrapedia curvitaris* FRIESE (APIDAE,
TETRAPEDIINI): FENOLOGIA, ESTRUTURA DOS NINHOS E NICHOS
ALIMENTAR.**

ELIZA SIQUEIRA CAMPOS

2014

ELIZA SIQUEIRA CAMPOS

**BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Tetrapedia curvitaris* FRIESE (APIDAE,
TETRAPEDIINI): FENOLOGIA, ESTRUTURA DOS NINHOS E NICHOS
ALIMENTAR**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para a conclusão de curso, orientado pela professora Dr^a Solange Cristina Augusto e co-orientado pela professora Dr^a Esther Margarida Alves Ferreira Bastos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- C198b Campos, Eliza Siqueira, 1988-
2014 Biologia da nidificação de *Tetrapedia curvitaris* Friese (Apidae, Tetrapediini) : fenologia, estrutura dos ninhos e nicho alimentar / Eliza Siqueira Campos. -- 2014.
42 f. : il.
Orientadora: Solange Cristina Augusto .
Coorientadora: Esther Margarida Alves Ferreira Bastos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
Inclui bibliografia.
1. Ecologia - Teses. 2. Abelha - Ecologia - Teses. 3. Abelha - Ninhos - Teses. 4. Polinização por insetos - Teses. I. Augusto, Solange Cristina. II. Bastos, Esther Margarida Alves Ferreira. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

ELIZA SIQUEIRA CAMPOS

BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Tetrapedia curvitaris* FRIESE (APIDAE, TETRAPEDIINI): FENOLOGIA, ESTRUTURA DOS NINHOS E NICHOS ALIMENTAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Cândida Maria Lima Aguiar
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

Prof^a. Dr^a. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Prof^a. Dr^a. Solange Cristina Augusto
Universidade Federal de Uberlândia – UFU (Orientadora)

UBERLÂNDIA

Fevereiro - 2014

Dedico este trabalho às pessoas que mais amo: meu pai Joél, minha mãe Celma e minha irmã Maria Clara.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de uma parceria, na qual muitos foram os envolvidos, e aqui tenho a oportunidade de agradecê-los:

À Deus, o Ser Supremo que me guia e conduz pelos caminhos corretos da vida. À Ele toda glória e louvor! Obrigada por mais essa conquista!

À minha orientadora, professora Dr^a Solange Cristina Augusto, obrigada pelo apoio, orientação, respeito e tolerância. Obrigada por todos esses anos trabalhando juntas, obrigada pelos momentos de alegria, pelos vários conselhos e, enfim, obrigada por poder compartilhar seu grande conhecimento científico e sabedoria de vida comigo.

À minha co-orientadora Dr^a Esther Margarida Alves Ferreira Basto, pelo auxílio nas análises polínicas.

À professora Dr^a Cândida Maria Lima Aguiar por ter aceitado o convite de participar da banca examinadora dessa dissertação. À professora Dr^a Fernanda Helena Nogueira-Ferreira, pela disponibilidade em participar dessa banca, assim como pelo apoio e respeito à mim concedidos durante esses anos de laboratório.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, por todas as instruções e conhecimentos passados.

Ao professor Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira pela permissão dada para que eu trabalhasse no LAMOVE.

Aos meus colegas de sala e, principalmente, aos meus colegas de sala e amigos de laboratório: Ana Luísa Mello, Isabel Faria, Henrique Lomônaco e Thiago Henrique, obrigada pela paciência, pelas trocas de conhecimentos e pelas constantes ajudas durante esse tempo.

Aos meus colegas de LECA (Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas), obrigada pelos inúmeros momentos de euforia, de risos, de troca de experiências e auxílio nas coletas, medições de abelhas, análises estatísticas. Um agradecimento especial e eterno à minha amiga Laíce Rabelo Souza, por todo auxílio dado. Obrigada pela paciência em ensinar os vários procedimentos, de explicar inúmeras vezes o que eu não compreendia, obrigada por me orientar de manhã, à tarde ou à noite, via internet, telefone ou pessoalmente, muito obrigada por tudo!

A CAPES pela bolsa concedida durante o período do mestrado.

Ao Governo do Estado de Minas Gerais, na pessoa do professor e diretor Vasconcelos Gomes da Cunha, pelo total apoio e incentivo para a realização do curso.

Aos meus grandes amigos, os quais estiveram comigo durante todo esse tempo, me incentivando, dando forças, sugestões e conselhos. Meu obrigado especial à Aline Carla Alves, Árica Cristina Valle, Ana Rita Vasconcelos, Alexandra Maria, Tatiana Lourenço, Míriam Costa, Marcella Moura, Sharita Carvalho, Raphael Pires, Eberton Diego, Heverson Costa, e à todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para mais esse passo em minha vida.

Ao meu grande amor, Isaac Vasconcelos, obrigada pela paciência, companheirismo, carinho e amor incondicional.

Aos meus eternos amores, meu pai Joel Martins de Campos, minha mãe Celma Divina Siqueira Campos, minha irmã Maria Clara Siqueira Campos e todos os meus familiares. Obrigada pela força, pelas conversas, pelos incentivos, pelos conhecimentos, pela dedicação e amor de vocês em todos os momentos da minha vida. Com toda certeza, esse título, essa vitória só foi alcançada graças à sabedoria e luta de vocês, meus pais e irmã. Meus eternos agradecimentos!

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS..... | 6 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 6 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDO, ABRIGO DE ABELHAS E NINHOS-ARMADILHA..... | 6 |
| 3.2. PROCEDIMENTOS..... | 7 |
| 3.2.1. FENOLOGIA..... | 7 |
| 3.2.2. MORFOMETRIA DOS NINHOS, NÚMERO DE CÉLULAS DE CRIA E RAZÃO SEXUAL..... | 8 |
| 3.2.3. TAMANHO DOS INDIVÍDUOS..... | 8 |
| 3.2.4. FREQUÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS..... | 9 |
| 3.2.5. NICHOS ALIMENTAR E CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS..... | 9 |
| 3.3. ANÁLISE DOS DADOS..... | 11 |
| 3.3.1. FENOLOGIA, ESTRUTURA DOS NINHOS E BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO..... | 11 |
| 3.3.2. NICHOS ALIMENTAR E CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS..... | 11 |
| 4. RESULTADOS..... | 12 |
| 4.1. FENOLOGIA..... | 12 |
| 4.2. MORFOMETRIA DOS NINHOS E NÚMERO DE CÉLULAS DE CRIA..... | 13 |
| 4.2.1. EMERGÊNCIAS E RAZÃO SEXUAL..... | 14 |
| 4.3. TAMANHO DOS INDIVÍDUOS..... | 17 |
| 4.4. FREQUÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS..... | 19 |
| 4.5. NICHOS ALIMENTAR E CARACTERÍSTICAS POLÍNICAS..... | 20 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 25 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 33 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 41 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - A – Equipamento utilizado para fotografar as abelhas para medidas posteriores; B – Local de medida da distância intertegular; C – Local de medida da largura máxima da cabeça.....9
- Figura 2** - Abundância mensal de ninhos de *Tetrapedia curvitorsis* obtidos no Período 1 (abril de 2009 a março de 2010) e no Período 2 (abril de 2012 a março de 2013), na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....13
- Figura 3** - Número de células de cria produzidas em ninhos de *Tetrapedia curvitorsis* e comprimento dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....14
- Figura 4** - Número de células de cria produzidas em ninhos de *Tetrapedia curvitorsis* e diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....14
- Figura 5** - Número de células de cria produzidas por ninho e o número de indivíduos que emergiram por ninho de *Tetrapedia curvitorsis* no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....16
- Figura 6** – Número de células de cria produzidas por ninho e o número de células com mortalidade em ninhos de *Tetrapedia curvitorsis* no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....16
- Figura 7** - Medida da distância intertegular dada em milímetros (média \pm erro padrão) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitorsis* coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG, entre as estações do ano.....17
- Figura 8** – Correlação entre a distância intertegular (dada em milímetros) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitorsis* e o diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....18
- Figura 9** - Medida da largura máxima da cabeça dada em milímetros (média \pm erro padrão) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitorsis* coletados no período de abril de 2012 a março de

2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG, entre as estações do ano.....18

Figura 10 – Correlação entre a largura máxima da cabeça (dada em milímetros) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitorsis* e o diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....19

Figura 11 - Tipos polínicos usados por *Tetrapedia curvitorsis* no aprovisionamento larval. A- *Kielmeyera* spp. (visão equatorial), B- *Vernonia* sp. (visão polar), C- *Baccharis* spp. (visão polar), D- *Maprounea* spp. (visão equatorial), E- sp. 4 (visão polar), F- sp.2 (visão polar).....22

Figura 12 - Abundância relativa dos tipos polínicos usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitorsis* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), no município de Uberlândia-MG, no período de abril de 2012 a março de 2013. *A categoria outros representa os demais tipos polínicos, os quais possuíram abundância relativa inferior a 5%.....23

Figura 13 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com o tamanho dos grãos de pólen, usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitorsis* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL).....23

Figura 14 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com as classes de tamanho dos grãos de pólen (p- Pequeno, m- Médio, g- Grande e mg- Muito Grande), usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitorsis* ao longo das duas estações na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), Uberlândia-MG. As letras distintas representam diferenças de acordo com o teste de Tukey Type.....24

Figura 15 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com as classes de tamanho dos grãos de pólen (p- Pequeno, m- Médio, g- Grande e mg- Muito Grande), usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitorsis*, de acordo com as estações: A – Seca e B – Úmida, na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), Uberlândia-MG. As letras distintas representam diferenças de acordo com o teste de Tukey Type.....24

Figura 16 - Abundância relativa dos tipos polínicos usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitorsis* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), de acordo com a textura dos grãos de pólen dos

gêneros botânicos. Grupo A: grãos com presença de espículos, báculos, clavas e unidades prismáticas; Grupo B: grãos com ausência dessas estruturas.....25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Estação do ano, código do ninho, número de células de cria, número de machos e fêmeas, número de células com indivíduos mortos, número de células vazias e total de indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* produzidos por ninho (em porcentagem) coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....15
- Tabela 2** - Estação do ano, número de ninhos atacados, número de células atacadas e espécies de inimigos naturais nos ninhos de *Tetrapedia curvitaris* coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.....19
- Tabela 3** - Tipos polínicos fontes de pólen para o provisionamento larval de *Tetrapedia curvitaris*. Tamanho dos grãos de pólen (T): P - Pequeno, M - Médio, G - Grande e MG - Muito Grande; Abundância relativa dos grãos de pólen (%) (Ab); e Frequência de Ocorrência das fontes de pólen (%) (FO).....21

RESUMO

Campos, Eliza Siqueira. 2014. Biologia da nidificação de *Tetrapedia curvitaris* Friese (Apidae, Tetrapediini): fenologia, estrutura dos ninhos e nicho alimentar. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 42p.

As abelhas solitárias são um grupo de polinizadores tão importantes quanto às espécies sociais, porém muito pouco se conhece sobre a biologia desses insetos devido à suas distribuições esparsas e, portanto, à dificuldade de localização dos sítios de nidificação. No entanto, a grande abundância dessas abelhas em áreas de Cerrado e a alta atratividade por ninhos-armadilha, permitem obter informações que podem subsidiar ações de conservação e manejo desse grupo. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivos descrever os ninhos de *Tetrapedia curvitaris* quanto à fenologia e parâmetros físicos do ninho e verificar o efeito da sazonalidade na produção de células de cria, razão sexual, tamanho dos indivíduos, incidência de inimigos naturais, amplitude e uniformidade do nicho alimentar e as características morfológicas dos grãos de pólen usados para o aprovisionamento. O estudo foi realizado no período de abril de 2012 a março de 2013, em uma área de Cerrado no município de Uberlândia-MG (Estação Experimental Água Limpa). Fêmeas de *Tetrapedia curvitaris* fundaram seus ninhos ao longo de todo o ano (n= 45 ninhos coletados), não havendo diferença significativa entre as estações (U= 12,50; n₁= 6, n₂= 6; p >0,05). O maior número de células foi verificado em ninhos de maior comprimento e maior diâmetro. O número de células construídas por ninho foi constante entre as estações (t= 0,49; gl= 43; p >0,05). A razão sexual não diferiu significativamente de 1:1 ($\chi^2= 0,46$; gl= 1; p >0,05), indicando alocação sexual igual para ambos os sexos ao longo do ano. O tamanho corporal dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* sofreu um efeito da estação do ano, de modo que machos e fêmeas foram significativamente maiores na estação úmida. As fêmeas foram significativamente maiores que os machos, somente por meio da largura máxima da cabeça. Foi verificada uma baixa frequência de inimigos naturais nos ninhos, prevalecendo a espécie *Coelioxoides* sp. na estação seca e *Anthrax oedipus* na estação úmida. Para 22 ninhos foi feita análise do alimento larval, sendo 11 ninhos aprovisionados na estação seca e 11 na estação úmida. A análise polínica do alimento larval mostrou que *Tetrapedia curvitaris* utilizou 22 tipos polínicos de oito famílias botânicas (Asteraceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae e Sapindaceae) como fontes de pólen, sendo que o tipo polínico *Kielmeyera* foi abundantemente coletado nas duas estações. *Tetrapedia curvitaris* apresentou maior amplitude de nicho alimentar na estação úmida (t= -43,947; gl= 17516; p <0,05) e baixa similaridade (39,05%) no uso das fontes de pólen entre as estações. A espécie utilizou principalmente grãos de pólen de tamanhos médio e grande (H_{0,05, 22, 22, 22, 22}= 42,488; p <0,001) e a coleta de grãos com presença de espículos, báculos, clavas ou unidades prismáticas foi maior na estação seca (U= 99,50; n₁= 11, n₂= 11; p <0,05). Pode-se concluir que *Tetrapedia curvitaris* é ativa ao longo de todo ano, apresenta baixa taxa de parasitismo e que, embora essa espécie explore diferentes fontes alimentares, houve a predominância do tipo polínico *Kielmeyera*, maior uso de grãos de pólen de tamanhos médio e grande e sem espículos, báculos, clavas e unidades prismáticas.

Palavras-chave: sazonalidade; ninhos-armadilha; características polínicas; abelha coletora de óleo.

ABSTRACT

Campos, Eliza Siqueira. 2014. Nesting biology of *Tetrapedia curvitaris* Friese (Apidae, Tetrapediini): phenology, structure of nests and food niche. Dissertation in Ecology and Conservation of Natural Resources. Federal University of Uberlândia. Uberlândia, MG. 42p.

Solitary bees comprise a group of pollinators as important as the social species, but little is known about the biology of these insects due to its sparse population and therefore, the difficulty of locating the nesting sites. However, the abundance of these bees in areas of Cerrado and high attractiveness for trap-nests provides information that could support actions of conservation and management of this group. In this sense, the aims of this study were to describe the nests of *Tetrapedia curvitaris* with respect to phenology and physical parameters of the nests and to verify the effect of seasonality in the production of brood cells, sex ratio, size of individuals (intertegular length and maximum head width), incidence of natural enemies, breadth and uniformity of food niche, and morphological characteristics of pollen grains. The study was conducted from April 2012 to March 2013, in an area of Cerrado in Uberlândia-MG (Experimental Station of Água Limpa). Females of *Tetrapedia curvitaris* constructed their nests throughout the year (n= 45 collected nests), with no significant difference between seasons (U=12.50; n₁=6, n₂=6; p>0.05). The highest number of brood cells was observed in nests of greater length and diameter. The number of cells constructed per nest was constant between seasons (t=0.49; df= 43; p>0.05). The sex ratio did not differ significantly from 1:1 ($\chi^2= 0.46$; df= 1; p >0.05), indicating equal sexual allocation for both sexes throughout the year. The size of *Tetrapedia curvitaris* had the effect on the season, i.e. males and females were significantly higher in the wet season. The females were significantly larger than males, only by the maximum head width. A low frequency of natural enemies in the nests was verified, prevailing *Coelioxoides* sp. in the dry season and *Anthrax oedipus* in the wet season. The analysis of larval food was performed for 22 nests, 11 nests provisioned in the dry season and 11 provisioned in the wet season. Pollen analysis of the larval food showed that *Tetrapedia curvitaris* collected 22 pollen type of eight families (Asteraceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae and Sapindaceae) as pollen sources, and used profusely the pollen type *Kielmeyera* in both seasons. *Tetrapedia curvitaris* presented higher food niche breadth in the wet season (t = -43.947, df= 17516, p <0.05) and low similarity (39,05%) in the use of the pollen sources between seasons. The species used mainly pollen grains of medium and large sizes (H_{0,05, 22, 22}, 22, 22= 42.488; p <0.001) and the collection of grains with the presence of spicules, staffs, maces or prismatic units was higher in the dry season (U= 99.50; n₁= 11, n₂= 11; p <0.05). In conclusion, verified that *Tetrapedia curvitaris* is active throughout the year, has low rates of parasitism and that, although it explore different food sources, there was a predominance of pollen type *Kielmeyera* and use of grains from medium to large sizes, without spicules, staffs, maces and prismatic units.

Keywords: seasonality; trap-nest; pollen characteristics; oil-collecting bee.

1. INTRODUÇÃO

As abelhas compreendem o grupo mais importante de polinizadores em todo o mundo, com mais de 20 mil espécies, destacando-se por seu grande potencial ecológico e econômico em comunidades florestais, tanto pela polinização de plantas silvestres e cultivadas, quanto pela sensibilidade aos efeitos das mudanças ambientais (Tylianakis *et al.* 2007; Le Féon *et al.* 2011; Menezes *et al.* 2012). Cerca de 85% das espécies de abelhas constrói e aprovisiona seus ninhos solitariamente, produzindo um número pequeno e variável de descendentes e, geralmente, morre ou deixa seus ninhos antes da emergência de sua prole (Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Garófalo *et al.* 2012; Giannini *et al.* 2012, Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012).

As abelhas solitárias podem percorrer longas distâncias na busca por espécies vegetais específicas, permitindo assim a polinização cruzada (Viana *et al.* 2001). Estas abelhas, bastante diversificadas e amplamente distribuídas nas Américas, são polinizadores tão importantes quanto às espécies sociais, porém pouco se conhece sobre a biologia do grupo, devido à suas distribuições esparsas e, portanto, à dificuldade de localização dos sítios de nidificação (Camillo 2005; Tylianakis *et al.* 2007; Garófalo *et al.* 2012).

A maioria dessas abelhas nidifica no solo, porém algumas espécies podem construir seus ninhos em substratos de madeira, como troncos, tocos, galhos e ramos de árvores (Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Ferreira 2010; Garófalo *et al.* 2012; Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012). Entre as espécies que utilizam cavidades, algumas escavam galerias em substratos de madeira e outras nidificam em cavidades pré-existentes, como orifícios em árvores, galerias escavadas na madeira por outros insetos, orifícios em paredes de alvenaria e ninhos abandonados (Ferreira 2010; Garófalo *et al.* 2012; Giannini *et al.* 2012).

Devido ao fato de nidificarem em cavidades pré-existentes, as fêmeas de espécies solitárias são atraídas por ninhos artificiais ou ninhos-armadilha, como gomos de bambu e tubos de cartolina. A utilização destes é um método simples e de grande eficiência, uma vez que permite a obtenção de importantes informações biológicas a respeito das espécies presentes na área de estudo, como abundância sazonal, frequência e comportamento de nidificação, número de células por ninho, razão sexual, dinâmica populacional, preferência por habitats, fontes de alimento larval, entre outras (Viana *et al.* 2001; Garófalo *et al.* 2012; Martins *et al.* 2012). Além disso, a disponibilidade de ninhos-armadilha pode ser uma estratégia utilizada para aumentar o número de abelhas polinizadoras em cultivos, como já foi observado para os sistemas de maracujá-amarelo/*Xylocopa* spp. (Camillo 2003; Junqueira *et*

al. 2013) e acerola/*Centris analis* Fabricius, 1804 (Magalhães e Freitas 2012), por proporcionar locais para nidificação para estas abelhas.

Este método, também pode ser utilizado em estudos de monitoramento em programas de conservação ambiental (Roubik 1995; Garófalo *et al.* 2004; Mendes e Rêgo 2007). Dentre as espécies mais comumente amostradas em levantamento utilizando-se ninhos-armadilha estão *Centris analis*, *Centris tarsata* Smith, 1874, *Tetrapedia curvitaris* Friese, 1899, *Tetrapedia diversipes* Klug, 1810, *Euglossa cordata* Linnaeus, 1758, *Euglossa townsendi* Cockerell, 1904, *Xylocopa frontalis* Olivier 1789 e *Xylocopa grisescens* Lepeletier, 1841 (Camillo 2000; Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Garófalo *et al.* 2004; Camillo 2005; Pereira e Garófalo 2010; Mesquita e Augusto 2011; Martins *et al.* 2012; Giannini *et al.* 2012).

As abelhas pertencentes às tribos Centridini, Tetrapediini e Tapinotaspidini são caracterizadas pelo comportamento de coleta de óleos florais (Simpson e Neff 1981; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Giannini *et al.* 2012; Martins *et al.* 2013). As fêmeas destas abelhas possuem adaptações morfológicas nas pernas posteriores para coleta, manuseio e transporte do óleo floral (Machado 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Giannini *et al.* 2012). Tais adaptações consistem em uma fileira de cerdas modificadas formando um pente e localizados nos basitarsos anteriores em *Tetrapedia* e *Paratetrapedia*, nos basitarsos médios em *Tapinotaspis* e nos anteriores e médios em *Centris* e *Monoeca*. Em *Tetrapedia* os pelos estão voltados para região distal, diferentemente dos demais grupos de abelhas, os quais apresentam os pelos voltados para a região proximal (Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Essas adaptações permitem a coleta de óleos florais em diferentes tipos de elaióforos (estruturas secretoras dos óleos), os quais são raspados pela abelha e o óleo transferido para as escopas das pernas posteriores para o transporte até os ninhos (Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Os óleos florais são utilizados pelas abelhas para diversos fins (Simpson e Neff 1981; Machado 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Giannini *et al.* 2012; Martins *et al.* 2013). Eles são usados como fonte alimentar altamente energética para o provisionamento larval (Thorp 1979; Simpson e Neff 1981; Machado, 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Giannini *et al.* 2012; Martins *et al.* 2013). Normalmente, o óleo é utilizado misturado ao pólen e ao néctar, como já observado para *Centris vittata* Lepeletier, 1841 ou coletado em cargas mistas de óleo e pólen em abelhas do gênero *Epicharis* (Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Os óleos florais podem também ser usados pelos machos como atrativo sexual, pois são utilizados na produção de feromônios (Thorp 1979; Simpson e Neff 1981). Além disso, os óleos florais são substâncias adesivas que facilitam o transporte de grãos de pólen e areia até o ninho (Simpson e Neff 1981; Machado 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Giannini *et al.* 2012; Martins *et al.* 2013).

O óleo é comumente usado como material para a construção dos ninhos, pois juntamente com areia confere as células de cria um aspecto resistente, semelhante a um cimento natural (Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Além disso, o óleo é uma substância impermeabilizante, o qual protege os ninhos contra a dessecação e umidade excessiva (Simpson e Neff 1981; Alves-dos-Santos *et al.* 2007). As abelhas utilizam o óleo preso à suas escopas para transportar, colar e cimentar pedaços de madeira, solo e grãos de areia que serão usados na construção do ninho (Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Já foi relatado o comportamento de fêmeas de *Tetrapedia diversipes* pousando sobre o solo e provocando, com o batimento das asas, uma nuvem de partículas de areia, que aderiram ao óleo de suas escopas (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Desse modo, as fêmeas de abelhas coletoras de óleo são responsáveis pela coleta, além de óleos florais, dos materiais de revestimento interno dos ninhos, tais como areia, terra, barro, restos vegetais, ceras ou resinas (Alves-dos-Santos 2002; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Ferreira 2010). A manipulação desses materiais no interior do ninho formará um conjunto de espaços ou unidades, denominados de células de cria, onde um único indivíduo se desenvolverá a partir do alimento provisionado pela fêmea-fundadora, o qual é constituído de uma massa de pólen, néctar e óleo (Alves-dos-Santos 2002; Michener 2007). A mistura de solo ou areia ao óleo servirá para revestir as células de cria, garantindo maior proteção aos indivíduos até a eclosão, para a construção das partições entre as células de cria e para construção do opérculo de fechamento do ninho (Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Fêmeas de *Tetrapedia* constroem ninhos lineares, com células com formato arredondado ou ovalado, com ápice pontiagudo (opérculo). Geralmente as fêmeas deixam um espaço, denominado célula vestibular, entre a última célula construída e o opérculo, como forma de proteção contra seus principais inimigos naturais, como *Coelioxoides*, *Coelioxys*, *Anthrax*, *Leucospis* e coleópteros meloídeos (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Camillo 2005; Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Garófalo 2008; Mesquita e Augusto 2011). Além disso, as células que possuem machos são dispostas na porção distal do

ninho, sendo os primeiros a emergirem, pois apresentam um período de desenvolvimento menor do que as fêmeas (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Esse processo de construção e a arquitetura dos ninhos são semelhantes entre cinco espécies da tribo Tetrapediini: *Tetrapedia curvitaris*, *Tetrapedia diversipes*, *Tetrapedia garofalo* Moure, 1999, *Tetrapedia maura* Cresson, 1878 e *Tetrapedia rugulosa* Friese, 1899 (Alves dos santos *et al.* 2002; Camillo 2005; Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Essas espécies apresentam mais de uma geração por ano, com indivíduos ativos, principalmente, na estação úmida e sendo, relativamente comum, o reuso dos ninhos pelas gerações subsequentes (Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Além desses aspectos sobre a biologia de nidificação é possível obter informações a respeito do nicho alimentar dessas abelhas, pois amostras do alimento larval retiradas de ninhos podem ser usadas para a identificação dos grãos de pólen por elas coletados (Martins *et al.* 2012; Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012). A investigação das fontes de recursos florais utilizados pelas abelhas pode ser uma grande ferramenta capaz de assegurar a preservação e a manutenção tanto das abelhas como das plantas (Zanoni 2009).

A fidelidade das abelhas por determinadas plantas, está relacionada a fatores como: disponibilidade das fontes alimentares, facilidade de acesso aos recursos e adaptações morfológicas, fisiológicas ou comportamentais para coleta de recursos específicos (Zanoni 2009). Nesse sentido, as abelhas coletoras de óleos florais dos gêneros *Centris* e *Tetrapedia* são consideradas espécies potencialmente manejáveis para a utilização em programas de polinização visando à produção agrícola, pois possuem adaptações à visita das flores de acerola (*Malpighia emarginata*), murici (*Byrsonima* spp.), caju (*Anacardium occidentale*), tamarindo (*Tamarindus indica*) e goiaba (*Psidium guajava*), como descrito para espécies de *Centris*, e da espécie nativa *Ludwigia* por *Tetrapedia* (Garófalo *et al.* 2004; Gaglianone *et al.* 2010; Garófalo *et al.* 2012; Menezes *et al.* 2012; Giannini *et al.* 2012). A presença dessas abelhas em cultivos agrícolas é fundamental para a maior produção de frutos, além de diminuir a má-formação destes (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012).

As abelhas pertencentes à tribo Tetrapediini possuem forte associação com plantas da família Malpighiaceae, devido à coleta de óleo e pólen (Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Entretanto, trabalhos utilizando análise do alimento larval em ninhos-armadilha de *Tetrapedia* destacaram a presença de grãos de pólen de plantas do gênero *Croton* (Euphorbiaceae), Asteraceae, Cactaceae, além de indivíduos da subtribo Oncidiinae (Orchidaceae). Outros

estudos mostraram alta abundância de *Ludwigia* sp. (Onagraceae) e *Dalechampia* sp. (Euphorbiaceae) no alimento larval, porém *Tetrapedia* foi considerada polinizador efetivo apenas de *Ludwigia* sp. (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Menezes *et al.* 2012).

Nesse sentido, a análise polínica é uma ferramenta importante para identificar as principais fontes de recursos florais utilizados pelas abelhas, uma vez que os grãos de pólen são marcadores naturais distinguíveis e de difícil deterioração (Jones e Jones 2001). Essa análise permite ainda compreender as redes de interações estabelecidas entre abelhas e plantas (Jones e Jones 2001; Silva 2009). Estas informações fornecem subsídios para elaboração de planos de manejo e conservação para os indivíduos envolvidos (Jones e Jones 2001; Silva 2009; Dórea *et al.* 2010; Imperatriz-Fonseca *et al.* 2012).

Outras características importantes que devem ser consideradas na análise do alimento larval, além das espécies de plantas visitadas pelas abelhas são o tamanho e a ornamentação dos grãos de pólen utilizados. Os grãos de pólen podem variar no tamanho, entre 2 µm e 300 µm, na forma e na ornamentação da exina (Barth e Melhem 1988). O uso diferenciado das fontes polínicas está associado a diversos fatores, tais como o valor nutricional do grão de acordo com seu tamanho, a coleta de grãos com ornamentações diferentes devido às modificações na densidade dos pelos na escopa e ao comportamento de transporte de pólen pelas abelhas (Thorp 1979). Em estudo realizado em área de Floresta Atlântica Ombrófila com ninhos de *Tetrapedia diversipes* sugere que essa espécie utiliza principalmente grãos de pólen de tamanho grande (Menezes *et al.* 2012).

Tetrapedia curvitaris é uma abelha que pouco se conhece sobre a biologia de nidificação e nicho alimentar. No entanto, é sabido que esta espécie coleta areia e óleos florais para a construção das células de cria em cargas separadas para, posteriormente, serem misturados dentro do ninho (Camillo 2000). As cargas que contem apenas óleo são aplicadas diretamente na parede do ninho ou são misturadas ao pólen para alimentação (Camillo 2000). Após a coleta dos materiais para construção do ninho, a fêmea inicia a coleta de pólen utilizado no alimento larval e, em seguida, ovipõe dentro da célula, totalmente preenchida por pólen (Camillo 2000; Camillo 2005).

As maiores frequências de nidificação de *Tetrapedia curvitaris* ocorrem, normalmente, nos meses da estação úmida (Camillo 2000). Além disso, essa espécie apresenta razão sexual próxima de 1:1, mostrando que a quantidade de fêmeas geradas por ninho é equivalente ao número de machos (Camillo 2000; Camillo 2005). Contudo, apesar da alocação sexual ser praticamente igual nessa espécie, os indivíduos diferem quanto ao

tamanho corporal, sendo os machos geralmente menores que as fêmeas, devido à maior quantidade de alimento provisionado nas células contendo fêmeas (Camillo 2000; Peruquetti e Del Lama 2003; Camillo 2005; Ferreira 2010; Carvalho 2011).

Assim, considerando que espécies do gênero *Tetrapedia* são facilmente atraídas por ninhos-armadilha e abundantes em áreas de Cerrado, informações referentes à fenologia, estrutura dos ninhos e nicho alimentar dessas abelhas fornecerão subsídios para projetos de conservação de abelhas solitárias no bioma, e para o possível manejo de *Tetrapedia curvitaris* visando à polinização de espécies cultivadas.

2. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O estudo teve como objetivo geral descrever os ninhos de *Tetrapedia curvitaris* quanto à fenologia dos ninhos, parâmetros físicos e biológicos.

Como objetivos específicos, foram verificados:

- a) Diferenças na frequência de nidificação entre as estações do ano;
- b) A relação entre a morfometria do ninho (diâmetro e comprimento) e o número de células de cria produzidas;
- c) O efeito da sazonalidade no número de células de cria produzidas, na razão sexual e no tamanho dos indivíduos;
- d) A porcentagem de emergência e a frequência de inimigos naturais;
- e) A amplitude e uniformidade do nicho alimentar, de acordo com as estações do ano.
- f) O uso dos recursos alimentares, de acordo com as características dos tipos polínicos (tamanho e ornamentação).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Área de estudo, abrigo de abelhas e ninhos-armadilha

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Água Limpa (EEAL) (19°05'48"S e 48°21'05"W) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, situada no município de Uberlândia, Minas Gerais. A área abrange um sistema misto com 104 hectares de áreas naturais do bioma Cerrado e 194,72 hectares de pastos, cultivos e pomares (Neto 2008). A

região apresenta duas estações, uma quente e úmida (compreendendo os meses de outubro a março), e uma fria e seca (de abril a setembro) (Rosa *et al.* 1991).

Na área de estudo foram instalados, próximos à vegetação, dois abrigos para criação das abelhas, construídos com caibros e prateleiras de madeira cobertos por lona plástica. Nos caibros de sustentação dos ranchos foi utilizado Tanglefoot, substância isolante que evita o ataque de formigas.

Nesses abrigos foram disponibilizados ninhos-armadilha do tipo gomo de bambu. Esses ninhos consistiram de varas de bambu, comercialmente vendidas para pesca, as quais são envernizadas, garantindo maior resistência ao ninho. As varas de pesca foram cortadas, produzindo gomos com uma das extremidades fechada pelo próprio nó do bambu. Os gomos apresentaram comprimentos entre 8,0 cm a 20,1 cm, e diâmetros entre 0,45 cm a 1,0 cm. Os ninhos foram organizados dentro de tijolos de construção civil, colocados, horizontalmente, a 1,00 m e 1,40 m do chão, em prateleiras de madeira nos abrigos.

3.2 - Procedimentos

3.2.1 - Fenologia

Os ninhos utilizados para análise da fenologia foram coletados em dois períodos, de abril de 2009 a março de 2010 (Período 1) e de abril de 2012 a março de 2013 (Período 2). Os dados (não publicados) obtidos no Período 1 foram coletados mensalmente na Estação Experimental Água Limpa pela Ms. Sharita Miranda Carvalho, durante um estudo sobre comunidades de abelhas e vespas que nidificam em ninhos-armadilha, em diferentes fitofisionomias de Cerrado. Nesse período, todos os ninhos operculados presentes no abrigo de abelhas foram levados ao laboratório.

No Período 2, os ninhos foram obtidos a partir de visitas quinzenais à área de estudo nas quais foram coletados aproximadamente 50% do total de ninhos operculados de *Tetrapedia curvitaris* presentes nos abrigos, que foram levados para o Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (LECA-InBio/UFU) e codificados. Esses ninhos e os indivíduos que emergiram deles foram utilizados nas análises da morfometria dos ninhos e das abelhas, número e conteúdo das células de cria, razão sexual, inimigos naturais e nicho alimentar, descritas abaixo. Alguns indivíduos que emergiram dos ninhos foram sacrificados, alfinetados, identificados e incorporados à coleção de abelhas mantida no LECA-InBio/UFU.

3.2.2 - Morfometria dos ninhos, número de células de cria e razão sexual

Após a emergência dos indivíduos foram aferidos o comprimento e o diâmetro interno de cada ninho com o auxílio de um paquímetro. Os ninhos foram abertos e o número e os conteúdos das células de cria foram analisados quanto à presença de: parasitas, indivíduos mortos e células vazias.

Para determinar a razão sexual, os ninhos foram mantidos com a extremidade fechada com tubos acrílicos para a captura dos indivíduos emergentes que foram identificados como machos e fêmeas. Para cada ninho, pelo menos um casal de *Tetrapedia curvitaris* foi alfinetado e acondicionado na coleção, e os demais indivíduos foram soltos no campus da Universidade Federal de Uberlândia.

3.2.3 - Tamanho dos indivíduos

Todos os indivíduos alfinetados de *Tetrapedia curvitaris* foram medidos. O tamanho de machos e fêmeas foi determinado a partir da distância intertegular (em milímetros) (Cane 1987) e da largura máxima da cabeça (em milímetros) utilizando o programa ImageJ 1.44p (Rasband 1997-2011). Para isso, todos os indivíduos foram fotografados utilizando uma câmera digital sem aumento, posicionada paralelamente à estrutura que seria aferida (cabeça ou tórax). O programa foi calibrado utilizando a escala de 10 milímetros presente em cada foto. Foram aferidas a distância entre as tégulas (Figura 1B) e a largura máxima da cabeça (Figura 1C) de cada indivíduo.

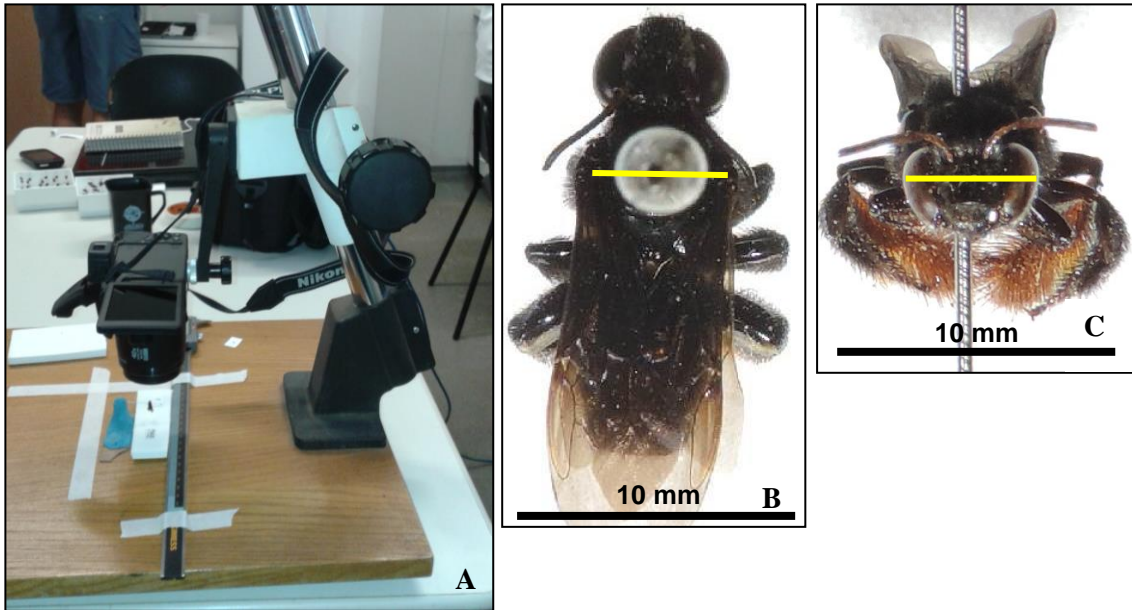


Figura 1 - **A** – Equipamento utilizado para fotografar as abelhas para medidas posteriores; **B** – Local de medida da distância intertegular; **C** – Local de medida da largura máxima da cabeça.

3.2.4 - Frequência de inimigos naturais

Todos os inimigos naturais que emergiram dos ninhos foram mortos, montados com alfinete entomológico e depositados na coleção do laboratório, para posterior identificação.

3.2.5 - Nicho alimentar e características polínicas

Para análise do alimento larval, uma amostra de massa polínica foi retirada diretamente de apenas uma célula de cada ninho ($n= 22$ ninhos), sendo 11 provisionados na estação seca e 11 provisionados na estação úmida.

Os ninhos foram abertos e, posteriormente, a amostra do alimento larval foi retirada utilizando coletores feitos com palitos de madeira e alfinetes. O pólen coletado abrangeu todos os estratos do alimento larval. Posteriormente, essa massa polínica foi acondicionada em tubos para centrífuga de 15mL, em uma solução de 2mL de álcool 70% para, em seguida, ser processada usando o método de acetólise (Salgado-Labouriau 1973).

O método de acetólise consiste em reagir a esporopolenina (de que é constituída a membrana externa do grão) com anidrido acético em meio ácido. Por meio desse processo a membrana externa (exina) fica transparente e a intina (membrana interna de celulose) e o conteúdo celular do grão são destruídos, o que resulta na exposição das características

morfológicas do grão de pólen, tais como forma, abertura e ornamentação (Salgado-Labouriau 1973).

Para cada amostra foram confeccionadas três lâminas, as quais foram depositadas no Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA-InBio/UFU). Os grãos de pólen foram identificados por meio de uma varredura na lamínula inteira em uma ampliação de 800x e comparados com a literatura (Salgado-Labouriau 1973, Roubik e Moreno 1991), banco de imagens de pólen (Bastos *et al.* 2008) e o laminário de referência da área de estudo.

Para quantificação dos grãos, a lamínula foi dividida em quatro quadrantes, dentro dos quais foram contados, aproximadamente 100 grãos de pólen ($n = 400$ por lâmina), totalizando cerca de 1200 grãos por amostra (Vilhena *et al.* 2012). Nos quadrantes que possuíam número de grãos de pólen inferior a 100, todos foram contabilizados (Vilhena *et al.* 2012). Aqueles tipos polínicos cujas abundâncias relativas foram inferiores a 3%, em cada amostra, foram excluídos das análises ($n = 9$).

Além da identificação e contagem dos grãos de pólen, foram verificadas as características morfológicas dos mesmos, como tamanho e textura. Primeiramente, os grãos de pólen foram classificados em quatro classes de tamanho, considerando o seu diâmetro equatorial, em: Pequeno (P) = 10-25 μm , Médio (M) = 25-50 μm , Grande (G) = 50-100 μm e Muito Grande (MG) = 100-200 μm , de acordo com o proposto na literatura (Barth e Melhem 1988). As medidas de tamanho dos grãos foram obtidas na literatura para os tipos polínicos identificados (Salgado-Labouriau 1973; Bastos *et al.* 2008). Devido à impossibilidade de identificação de todos os tipos polínicos em nível de espécie, foram utilizadas as medidas dos grãos de acordo com o gênero. Isso é possível porque as variações no tamanho dos grãos pertencentes a espécies diferentes de um mesmo gênero não alteram a classe de tamanho que os grãos pertencem (Salgado-Labouriau 1973; Bastos *et al.* 2008).

Já os tipos polínicos não identificados foram medidos. Para a classificação desses, de acordo com o tamanho (diâmetro equatorial), foram fotografados 10 grãos de pólen na visão equatorial, em uma ampliação de 400x, e estes foram medidos utilizando-se o programa ImageJ 1.44p, assim como foi realizado para as medidas do tamanho das abelhas.

Para determinar a textura dos grãos, quanto à presença ou ausência de espículos, báculos, clavas e unidades prismáticas, foi usado o limite de visibilidade ao microscópio óptico nos aumentos de 400x e 800x. Desse modo, os grãos puderam ser categorizados em dois grupos: A - os tipos polínicos que apresentaram estas estruturas e B - os demais tipos, os quais não apresentaram estas estruturas.

3.3 - Análise dos dados

3.3.1 - Fenologia, estrutura dos ninhos e biologia da nidificação

A fim de verificar possíveis diferenças no número de ninhos fundados entre as estações úmida e seca foi realizado o teste t para os dados coletados no Período 1 e o teste Mann-Whitney para os dados coletados no Período 2 (Zar 1999).

Foi usado o teste de correlação de Pearson para verificar se havia associação entre o comprimento e o diâmetro dos ninhos e o número de células de cria produzidas, considerando todos os ninhos independentemente da estação do ano (Zar 1999). Além disso, a correlação de Pearson também foi utilizada para determinar se o total de indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* produzidos por ninho (= porcentagem de indivíduos emergentes) estava associado ao número de células produzidas (Zar 1999).

O teste de correlação de Pearson foi usado para verificar se existiu correlação entre o diâmetro dos ninhos e o tamanho de machos e fêmeas, utilizando as duas medidas (distância intertegular e da largura máxima da cabeça).

O teste de correlação de Spearman foi utilizado para verificar se existiu correlação entre o número de células de cria do ninho e o número de células vazias, e entre o número de células de cria do ninho e o número de células com indivíduos mortos (Zar 1999).

Para determinar se a razão sexual diferiu de 1:1 foi utilizada a análise de qui-quadrado, e se esta diferiu entre as estações foi usada a tabela de contingência (Zar 1999). Para verificar se existiu diferença no tamanho dos indivíduos entre os sexos, entre as estações e se existiu interação entre esses fatores, foi realizado o teste Anova Fatorial utilizando as duas medidas, distância intertegular e largura máxima da cabeça dos indivíduos.

3.3.2 - Nicho alimentar e características polínicas

A frequência de ocorrência de cada tipo polínico identificado foi calculada por meio da fórmula: $FO = (N_i/N) * 100$, em que N_i representa o número de amostras em que cada tipo polínico esteve presente e N o número total de ninhos analisados.

A amplitude de nicho alimentar foi calculada a partir do índice de Shannon: $H' = - \sum (p_k * \ln \text{ of } p_k)$, na qual p_k representa a proporção de pólen presente no ninho k e \ln o logaritmo do valor de p_k (Pielou 1975; Camillo e Garófalo 1989). A fim de verificar

diferenças entre as amplitudes dos nichos alimentares de *Tetrapedia curvitaris* entre as estações foi usado o teste t proposto por Hutcheson realizado no programa PAST 2.13 (Hammer *et al.* 2001).

A uniformidade de coleta do pólen foi calculada de acordo com o índice de Pielou, $J' = H'/H'max$, no qual $H'max$ representa o logaritmo do número total de tipos polínicos presentes nas amostras do alimento larval da espécie de abelha, considerando cada uma das estações separadamente.

A fim de verificar a similaridade no uso das fontes polínicas por *Tetrapedia curvitaris* entre as estações do ano foi calculado o índice de porcentagem de similaridade $PS = \sum$ (da menor porcentagem de cada gênero de planta) (Brower *et al.* 1997).

Para verificar se havia diferença na abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com o tamanho do grão (Pequeno, Médio, Grande e Muito Grande), foi usado o teste de Kruskal-Wallis, considerando as duas estações juntas e separadamente (Zar 1999). De acordo com os resultados dessas análises, foi realizado o teste de comparações múltiplas de Tukey Type (Zar 1999).

Para verificar possíveis diferenças na abundância relativa das fontes polínicas de acordo com a textura dos grãos (Grupo A e Grupo B) foi usada a análise de heterogeneidade de qui-quadrado (Zar 1999). Posteriormente, o teste Mann-Whitney foi utilizado para verificar se havia diferença na abundância relativa dos tipos polínicos, considerando apenas um grupo (Grupo A), entre as duas estações (Zar 1999).

4. RESULTADOS

4.1 - Fenologia

Foram coletados 51 ninhos de *Tetrapedia curvitaris* durante o Período 1 e 45 ninhos no Período 2. Não houve diferença quanto ao número de ninhos fundados entre as estações seca (n= 16) e úmida (n= 29) do Período 2 ($U = 12,50$; $n_1 = 6$, $n_2 = 6$; $p > 0,05$), sendo o mesmo padrão apresentado no levantamento feito na mesma área durante o Período 1 ($t = 0,33$; $gl = 10$; $p > 0,05$) (Figura 2).

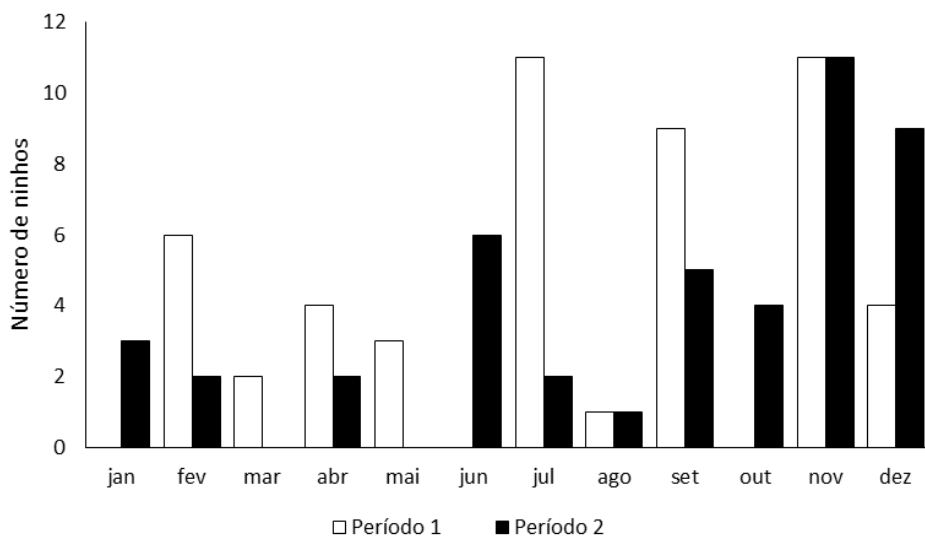


Figura 2 - Abundância mensal de ninhos de *Tetrapedia curvitaris* obtidos no Período 1 (abril de 2009 a março de 2010) e no Período 2 (abril de 2012 a março de 2013), na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

4.2 - Morfometria dos ninhos e número de células de cria

As dimensões dos ninhos variaram de 8,0 cm a 20,1 cm de comprimento ($\bar{X}= 11,73 \pm 2,34$) e 0,45 cm a 1,0 cm ($\bar{X}= 0,68 \pm 0,12$) de diâmetro. O número total de células de cria ao longo do ano variou de 1 a 9 células por ninho ($\bar{X}= 5,55 \pm 1,96$).

O número de células de cria produzidas por ninho variou de 1 a 9 nas duas estações (\bar{X} seca= $5,75 \pm 1,94$; \bar{X} úmida= $5,44 \pm 1,99$), com alta frequência de ninhos com 5 a 7 células (66,67%). O número de células de cria não variou entre as estações do ano ($t= 0,49$; $gl= 43$; $p>0,05$) (Tabela 1).

Além disso, verificou-se uma correlação positiva entre comprimento do ninho e número de células de cria produzidas ($r= 0,52$; $gl= 43$; $p <0,05$) (Figura 3), bem como entre o diâmetro e o número de células de cria ($r= 0,58$; $gl= 43$; $p <0,05$) (Figura 4), independentemente da estação do ano.

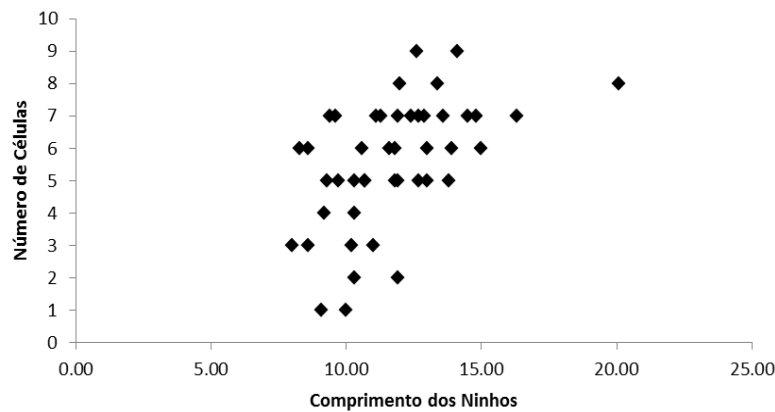


Figura 3 - Número de células de cria produzidas em ninhos de *Tetrapedia curvitaris* e comprimento dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

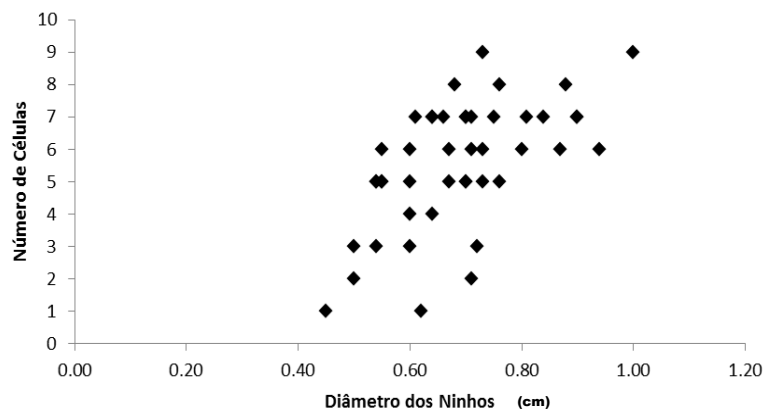


Figura 4 - Número de células de cria produzidas em ninhos de *Tetrapedia curvitaris* e diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

4.2.1 – Emergências e razão sexual

Os 45 ninhos coletados produziram um total de 250 células, das quais 175 (70,0%) originaram indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* (Tabela 1); do restante, emergiram 16 (6,40%) inimigos naturais (Tabela 2), 23 células estavam vazias (9,20%) e 36 células continham indivíduos mortos (14,40%) (Tabela 1). O total de indivíduos produzidos por ninho ($\bar{X}=3,88 \pm 1,91$) foi correlacionado positivamente com o número total de células de cria produzidas no ninho ($r= 0,67$; $gl= 43$; $p <0,05$) (Figura 5).

Tabela 1 – Estação do ano, código do ninho, número de células de cria, número de machos e fêmeas, número de células com indivíduos mortos, número de células vazias e total de indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* produzidos por ninho (em porcentagem) coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

| Estação do ano | Código do ninho | Nº de células de cria | Nº de machos | Nº de fêmeas | Nº de células com indivíduos mortos | Nº de células vazias | Total de indivíduos produzidos (%) |
|----------------------|-----------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Seca | 1 | 7 | 2 | 5 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 2 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 85,7 |
| | 3 | 6 | 3 | 2 | 1 | 0 | 83,3 |
| | 4 | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 | 71,4 |
| | 5 | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 7 | 9 | 1 | 2 | 4 | 2 | 33,3 |
| | 8 | 8 | 3 | 1 | 2 | 2 | 50,0 |
| | 9 | 6 | 4 | 1 | 0 | 0 | 83,3 |
| | 10 | 5 | 1 | 3 | 0 | 0 | 80,0 |
| | 11 | 6 | 3 | 1 | 0 | 1 | 66,6 |
| | 12 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 33,3 |
| | 13 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 60,0 |
| | 14 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 | 25,0 |
| | 15 | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 40,0 |
| | 16 | 7 | 0 | 0 | 5 | 1 | 71,4 |
| Subtotal de Δ | - | 92 | 32 | 30 | 11 | 11 | - |
| Úmida | 17 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 18 | 7 | 4 | 3 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 19 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 20 | 7 | 3 | 1 | 2 | 0 | 57,1 |
| | 21 | 5 | 2 | 3 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 22 | 7 | 2 | 2 | 0 | 2 | 57,1 |
| | 23 | 7 | 5 | 2 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 24 | 5 | 3 | 2 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 25 | 5 | 3 | 1 | 0 | 1 | 80,0 |
| | 26 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 33,3 |
| | 27 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 | 75,0 |
| | 28 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 85,7 |
| | 29 | 6 | 2 | 2 | 0 | 2 | 66,6 |
| | 30 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 50,0 |
| | 31 | 7 | 5 | 2 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 32 | 7 | 4 | 1 | 2 | 0 | 71,4 |
| | 33 | 6 | 4 | 1 | 0 | 1 | 83,3 |
| | 34 | 5 | 2 | 1 | 2 | 0 | 60,0 |
| | 35 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 50,0 |
| | 36 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 37 | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 40,0 |
| | 38 | 6 | 2 | 2 | 2 | 0 | 66,6 |
| | 39 | 5 | 2 | 2 | 0 | 1 | 80,0 |
| | 40 | 7 | 4 | 3 | 0 | 0 | 100,0 |
| | 41 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 40,0 |
| | 42 | 8 | 0 | 6 | 2 | 0 | 75,0 |
| | 43 | 6 | 0 | 1 | 5 | 0 | 16,6 |
| | 44 | 8 | 1 | 4 | 2 | 0 | 62,5 |
| | 45 | 9 | 2 | 1 | 1 | 4 | 33,3 |
| Subtotal de Δ | - | 158 | 60 | 53 | 25 | 12 | - |
| Total de Δ | - | 250 | 92 | 83 | 36 | 23 | - |

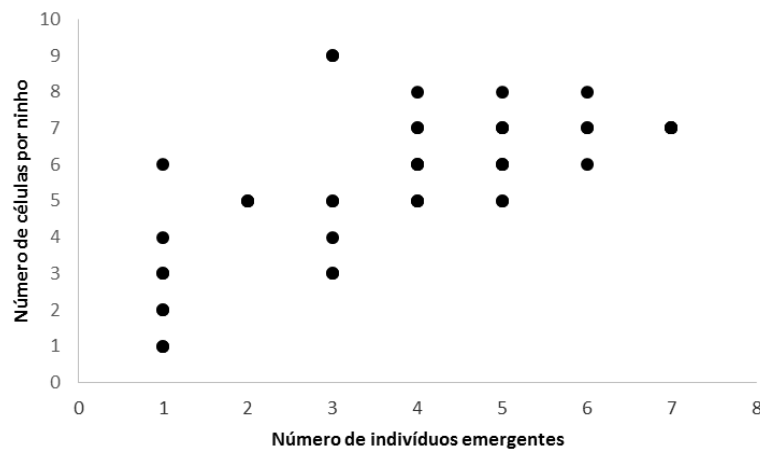


Figura 5 – Número de células de cria produzidas por ninho e o número de indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* que emergiram, no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

O número de células de cria por ninho foi correlacionado negativamente com o número de células vazias ($r = -0,136$; $gl = 45$; $p > 0,05$). E foi observada uma correlação positiva entre o número de células de cria produzidas por ninho e o número de células com indivíduos mortos ($r = 0,401$; $gl = 45$; $p < 0,05$) (Figura 6).



Figura 6 – Número de células de cria produzidas por ninho e o número de células com indivíduos mortos em ninhos de *Tetrapedia curvitaris* no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

Das 250 células produzidas, emergiram 175 (70%) indivíduos de *Tetrapedia curvitaris*, dentre os quais 92 (52,57%) machos e 83 (47,42%) fêmeas (Tabela 1). O número de machos variou entre 0 e 5 indivíduos por ninho ($\bar{X} = 2,04 \pm 1,63$), enquanto o quantidade

de fêmeas oscilou entre 1 e 6 ($\bar{X}= 1,84 \pm 1,22$). A razão sexual não diferiu significativamente de 1:1 ($\chi^2=0,46$; gl=1; $p >0,05$).

Durante a estação seca emergiram 32 (34,78%) machos e 30 (32,60%) fêmeas, e na estação úmida emergiram 60 (37,97%) machos e 53 (33,54%) fêmeas (Tabela 1). O número de machos e fêmeas não diferiu significativamente entre as estações do ano ($\chi^2= 0,03$; gl= 1; $p>0,05$).

4.3 - Tamanho dos indivíduos

Foram medidos 112 indivíduos, 44 machos e 68 fêmeas, tendo sido 46 indivíduos da estação seca e 66 da estação úmida. Considerando a distância intertegular dos indivíduos, a variação foi de 2,977mm a 4,190mm ($\bar{X}= 3,674 \pm 0,295$) nos machos e 2,953mm a 4,410mm ($\bar{X}= 3,777 \pm 0,304$) nas fêmeas. A distância intertegular não diferiu entre os sexos ($F_{1,108}= 3,02$; $p >0,05$). No entanto houve diferença entre o tamanho dos indivíduos entre as estações ($F_{1,108}= 12,12$; $p <0,05$), e não houve interação entre sexo e estação do ano ($F_{1,108}= 0,06$; $p>0,05$) (Figura 7). Assim tanto machos como fêmeas apresentaram maior distância intertegular na estação úmida. Além disso, foi verificada uma correlação positiva entre a distância intertegular e o diâmetro dos ninhos ($r= 0,369$; gl= 110; $p <0,05$) (Figura 8).

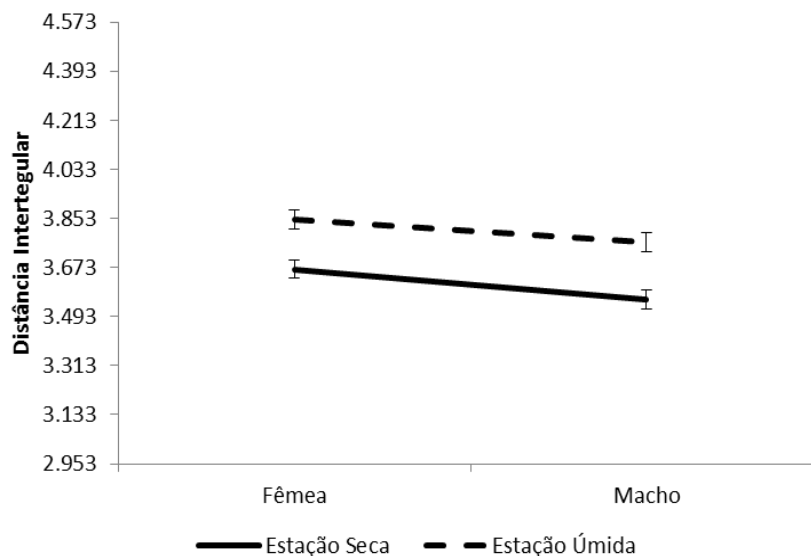


Figura 7 - Medida da distância intertegular dada em milímetros (médias \pm erro padrão) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG, entre as estações do ano.

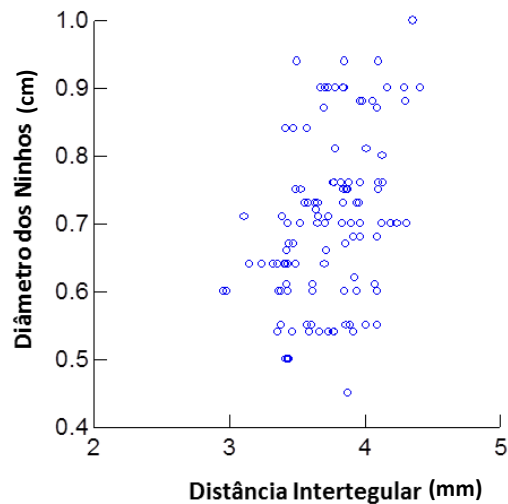


Figura 8 – Correlação entre a distância intertegular (dada em milímetros) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* e o diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

Considerando a largura máxima da cabeça, verificou-se uma variação de 2,596mm a 4,148mm ($\bar{X}= 3,524 \pm 0,263$) nos machos e de 3,110mm a 4,279mm ($\bar{X}= 3,685 \pm 0,281$) nas fêmeas. As fêmeas apresentaram a largura da cabeça maior do que os machos ($F_{1,108}= 9,36$; $p<0,05$). Tanto os machos quanto as fêmeas possuíram a largura máxima da cabeça maior na estação úmida ($F_{1,108}= 28,463$; $p <0,05$) (Figura 9). No entanto não houve interação entre sexo e estação do ano ($F_{1,108}= 0,56$; $p >0,05$). Além disso, foi verificada uma correlação positiva entre a largura máxima da cabeça e o diâmetro dos ninhos ($r= 0,315$; $gl= 110$; $p <0,05$) (Figura 10).

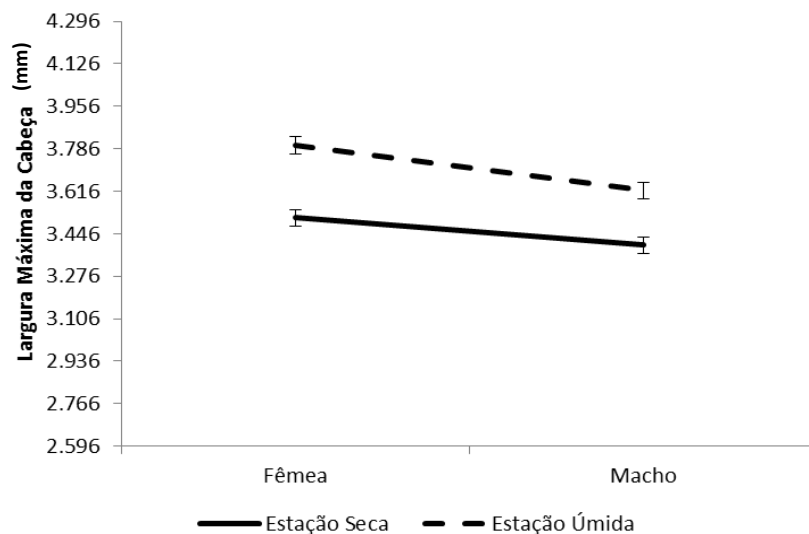


Figura 9 - Medida da largura máxima da cabeça dada em milímetros (médias \pm erro padrão) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG, entre as estações do ano.

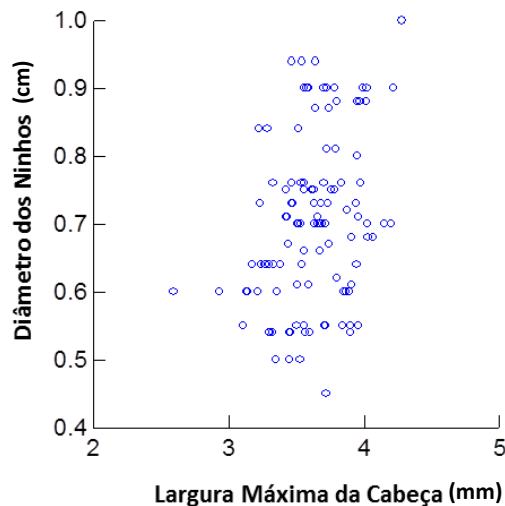


Figura 10 – Correlação entre a largura máxima da cabeça (dada em milímetros) dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* e o diâmetro dos ninhos coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

4.4 - Frequência de inimigos naturais

Dos 45 ninhos coletados, 29% foram atacados por inimigos naturais, tendo sido atacadas 1 ou 2 células por ninho. Na estação seca 43,8% dos ninhos foram atacados, enquanto na estação úmida foram 20%. Os inimigos naturais que emergiram dos ninhos de *Tetrapedia curvitaris* foram *Coelioxoides* sp. (Apidae, Tetrapediini) (37,5%), *Anthrax oedipus* (Diptera, Bombyliidae) (37,5%), *Leucospis* sp. (Hymenoptera, Leucospidae) (12,5%) e sp. (12,5%) (Tabela 2).

Dentre as 92 células produzidas na estação seca, 8,7% foram atacadas por inimigos naturais, sendo que *Coelioxoides* sp. foi a espécie mais abundante e exclusiva dos ninhos dessa estação. Durante a estação úmida foram produzidas 158 células, das quais 5,1% foram atacadas e a espécie mais abundante foi *Anthrax oedipus*.

Tabela 2 - Estação do ano, número de ninhos atacados, número de células atacadas e espécies de inimigos naturais nos ninhos de *Tetrapedia curvitaris* coletados no período de abril de 2012 a março de 2013, na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG.

| Estação do ano | Nº de ninhos atacados | Nº de células atacadas | Espécies de inimigos naturais |
|----------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Seca | 7 | 8 | <i>Coelioxoides</i> sp. (n=6) |
| | | | <i>Anthrax oedipus</i> (n=1) |
| | | | <i>Leucospis</i> sp. (n=1) |
| Úmida | 6 | 8 | <i>Anthrax oedipus</i> (n=5) |
| | | | sp. (n=2) |
| | | | <i>Leucospis</i> sp. (n=1) |
| Total | 13 | 16 | - |

4.5 - Nicho alimentar e características polínicas

Tetrapedia curvitaris utilizou 22 tipos polínicos como fontes de pólen para o alimento larval, os quais fazem parte de oito famílias botânicas: Asteraceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae e Sapindaceae. De acordo com os dados de abundância e frequência, o tipo polínico *Kielmeyera* (Figura 11A) foi abundantemente coletado durante o ano inteiro, tendo frequência de ocorrência de 100% nos ninhos da estação seca e 72,72% nos ninhos da estação úmida (Tabela 3, Figura 12).

Tabela 3 – Tipos polínicos fontes de pólen para o provisionamento larval de *Tetrapedia curvitaris*. Tamanho dos grãos de pólen (T): P - Pequeno, M - Médio, G - Grande e MG - Muito Grande; Abundância relativa dos grãos de pólen (%) (Ab); e Frequência de Ocorrência das fontes de pólen (%) (FO).

| Tipos polínicos | T | Seca | | Úmida | |
|---------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Ab | FO | Ab | FO |
| ASTERACEAE | | | | | |
| <i>Baccharis</i> | P ¹ | 6,19 | 27,27 | - | - |
| <i>Elephantopus</i> sp. | M ¹ | 3,27 | 9,09 | - | - |
| <i>Vernonia</i> sp. | M ¹ | 9,04 | 18,18 | - | - |
| CLUSIACEAE | | | | | |
| <i>Kielmeyera</i> | G ² | 73,89 | 100 | 37,24 | 72,72 |
| EUPHORBIACEAE | | | | | |
| <i>Manihot</i> | MG ² | - | - | 0,7 | 18,18 |
| <i>Maprounea</i> | M ² | - | - | 27,55 | 54,54 |
| FABACEAE | | | | | |
| <i>Bauhinia</i> | MG ² | 3,78 | 36,36 | - | - |
| LAMIACEAE | | | | | |
| <i>Hyptis</i> | M ¹ | 0,63 | 9,09 | 1,36 | 9,09 |
| MALPIGHIACEAE | | | | | |
| <i>Banisteriopsis</i> sp. | M ¹ | 0,35 | 9,09 | - | - |
| <i>Byrsonima</i> sp. | P ¹ | - | - | 0,33 | 9,09 |
| <i>Heteropterys</i> | M ² | 0,27 | 9,09 | 0,61 | 9,09 |
| MYRTACEAE | | | | | |
| <i>Campomanesia</i> sp. | P ¹ | - | - | 3,1 | 9,09 |
| <i>Eucalyptus</i> sp. | P ¹ | - | - | 1,58 | 9,09 |
| Tipo <i>Myrcia</i> sp. | P ¹ | - | - | 1,6 | 9,09 |
| SAPINDACEAE | | | | | |
| <i>Serjania</i> | M ² | 0,38 | 9,09 | 0,82 | 18,18 |
| sp. 1 | G ³ | 1,07 | 18,18 | 0,53 | 9,09 |
| sp. 2 | M ³ | - | - | 9,35 | 72,72 |
| sp. 3 | G ³ | - | - | 0,63 | 9,09 |
| sp. 4 | M ³ | - | - | 12,93 | 18,18 |
| sp. 5 | M ³ | - | - | 1,64 | 9,09 |
| sp. 6 | M ³ | 0,56 | 18,18 | - | - |
| sp. 7 | M ³ | 0,55 | 9,09 | - | - |

Fontes dos dados: ¹ Bastos *et al.* 2008, ² Salgado-Labouriau 1973, ³ Dados obtidos pela medida dos grãos de pólen, utilizando o programa ImageJ.

Doze tipos polínicos foram identificados nos ninhos coletados na estação seca, dos quais os mais abundantes foram *Kielmeyera* (73,89%), *Vernonia* sp. (9,04%) (Figura 11B) e *Baccharis* (6,19%) (Figura 11C). Na estação úmida foram identificados 15 tipos polínicos, dentre os quais 10 foram exclusivos. Os mais abundantes foram *Kielmeyera* (37,24%), *Maprounea* (27,55%) (Figura 11D), sp. 4 (12,93%) (Figura 11E) e sp. 2 (9,35%) (Figura 11F).

Tetrapedia curvitaris apresentou maior amplitude de nicho alimentar na estação úmida ($H' = 1,83$) do que o observado na estação seca ($H' = 1,04$) ($t = -43,947$; $gl = 17516$; $p < 0,05$). Também apresentou maior uniformidade na coleta de pólen na estação úmida ($J' = 0,66$) do que na estação seca ($J' = 0,42$). Além disso, a similaridade no uso das fontes de pólen pela espécie entre as estações foi baixa (39,05%).

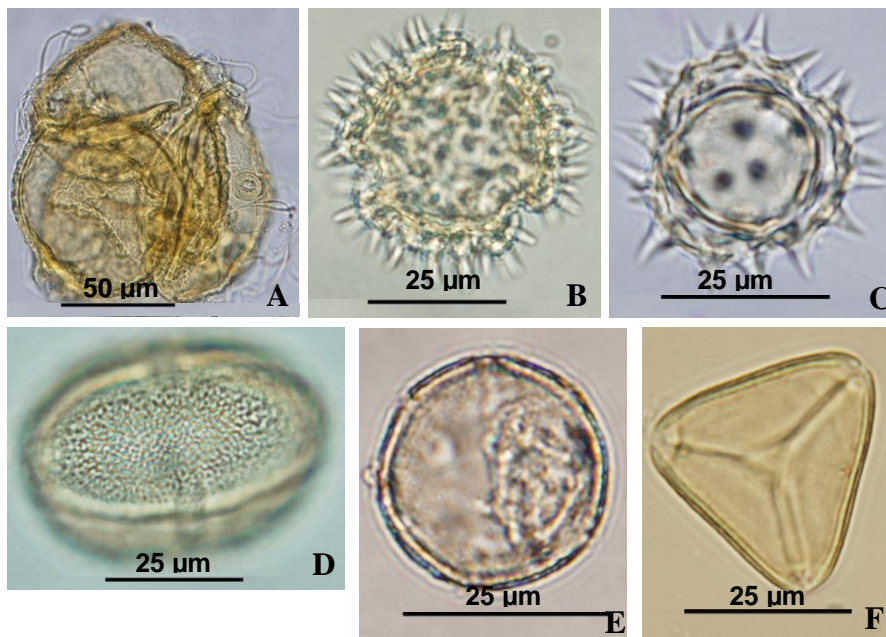


Figura 11 - Tipos polínicos usados por *Tetrapedia curvitaris* no provisionamento larval. A- *Kielmeyera* (visão equatorial), B- *Baccharis* (visão polar), C- *Vernonia* sp. (visão polar), D- *Maprounea* (visão equatorial), E- sp. 4 (visão polar), F- sp.2 (visão polar).

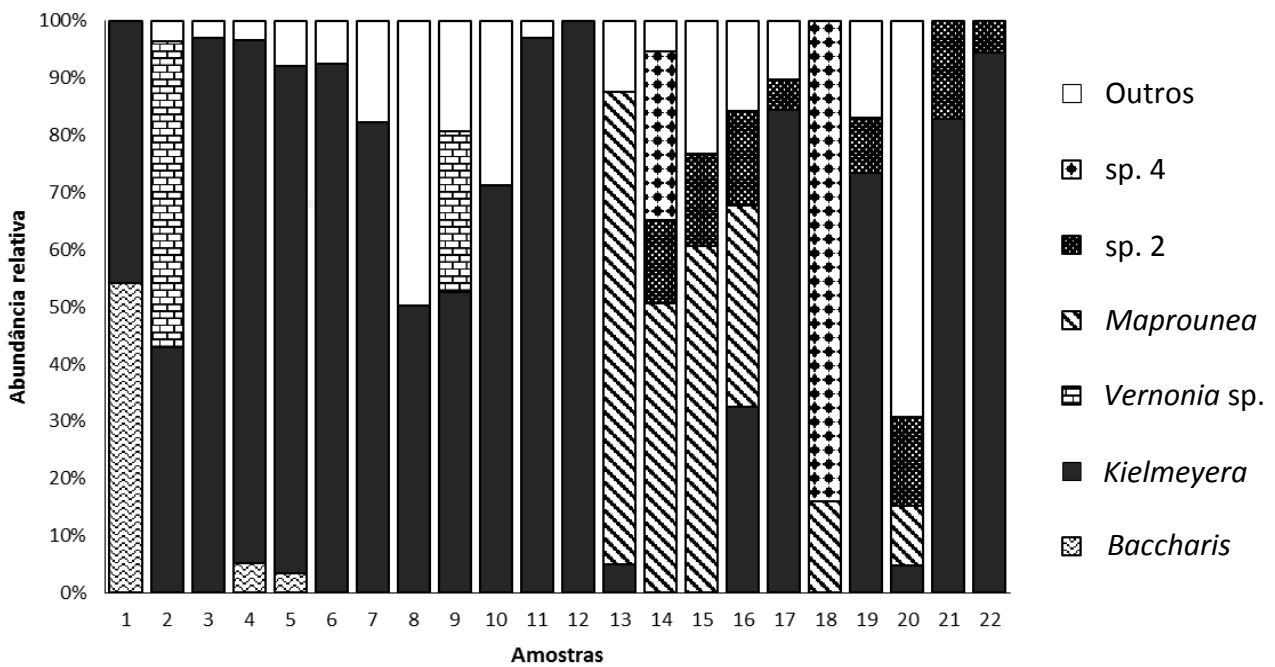


Figura 12 - Abundância relativa dos tipos polínicos usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitaris* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), no município de Uberlândia-MG, no período de abril de 2012 a março de 2013. *A categoria outros representa os demais tipos polínicos, os quais possuíram abundância relativa inferior a 5%.

Quanto ao tamanho dos tipos polínicos, cinco foram classificados como pequenos, doze como médios, três como grandes e dois como muito grandes (Tabela 3). Embora *Tetrapedia curvitaris* tenha utilizado grãos de diferentes tamanhos durante o ano todo, houve uma maior coleta de grãos de tamanhos médio e grande ($H_{0,05, 22, 22, 22, 22} = 42,488$; $p < 0,001$) (Figura 13) (Figura 14).

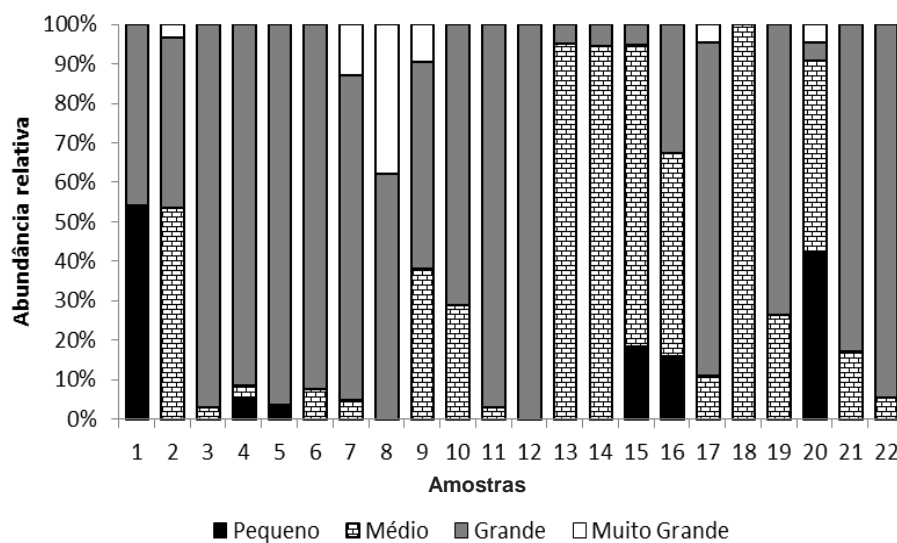


Figura 13 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com o tamanho dos grãos de pólen, usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitaris* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL).

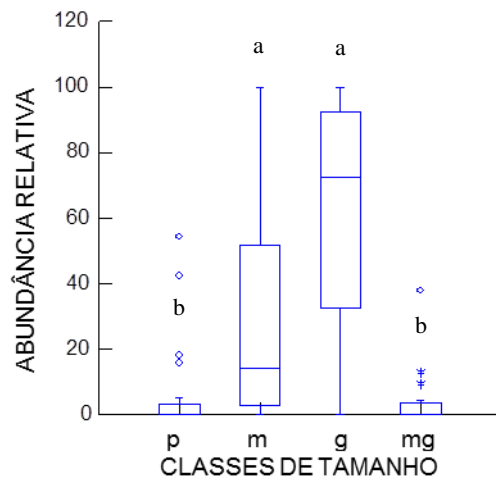


Figura 14 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com as classes de tamanho dos grãos de pólen (p- Pequeno, m- Médio, g- Grande e mg- Muito Grande), usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitaris* ao longo das duas estações na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), Uberlândia-MG. As letras distintas representam diferenças de acordo com o teste de Tukey Type.

Quanto ao tamanho dos tipos polínicos coletados entre as estações, *Tetrapedia curvitaris* coletou uma maior quantidade de grãos de tamanho grande durante a estação seca ($H_{0,05, 11, 11, 11, 11} = 26,163$; $p < 0,001$), e uma maior quantidade de grãos de tamanhos médio e grande na estação úmida ($H_{0,05, 11, 11, 11, 11} = 22,957$; $p < 0,001$) (Figura 15).

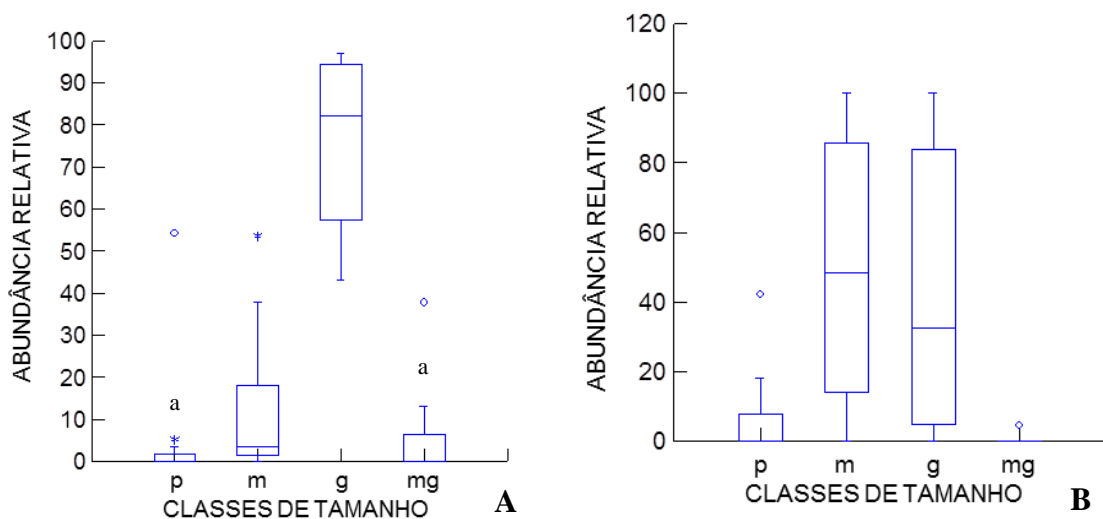


Figura 15 - Abundância relativa dos tipos polínicos, de acordo com as classes de tamanho dos grãos de pólen (p- Pequeno, m- Médio, g- Grande e mg- Muito Grande), usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitaris*, de acordo com as estações: A – Seca e B – Úmida, na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), Uberlândia-MG. As letras distintas representam diferenças de acordo com o teste de Tukey Type.

Em relação à textura dos grãos, de forma geral *Tetrapedia curvitaris* coletou maior número de grãos de pólen pertencentes ao Grupo B (sem espículos, báculos, clavias e unidades prismáticas) (X^2 total= 14591,2; gl= 22; $p < 0,001$). O padrão de coleta não foi o mesmo para todos os ninhos (X^2 de heterogeneidade= 2577,562; gl= 21; $p < 0,001$). Apenas 9,10% das amostras apresentaram mais grãos de pólen pertencentes ao grupo A (com presença de espículos, báculos, clavias e unidades prismáticas), sendo todas provenientes da estação seca. Já na estação úmida todos os ninhos apresentaram maior quantidade de grãos do Grupo B.

Considerando apenas os tipos polínicos do grupo A, aqueles que apresentavam espículos, báculos, clavias e unidades prismáticas, foi possível observar que *Tetrapedia curvitaris* utiliza mais grãos com presença de estruturas na estação seca do que na estação úmida ($U = 99,50$; $n_1 = 11$, $n_2 = 11$; $p < 0,05$) (Figura 16).

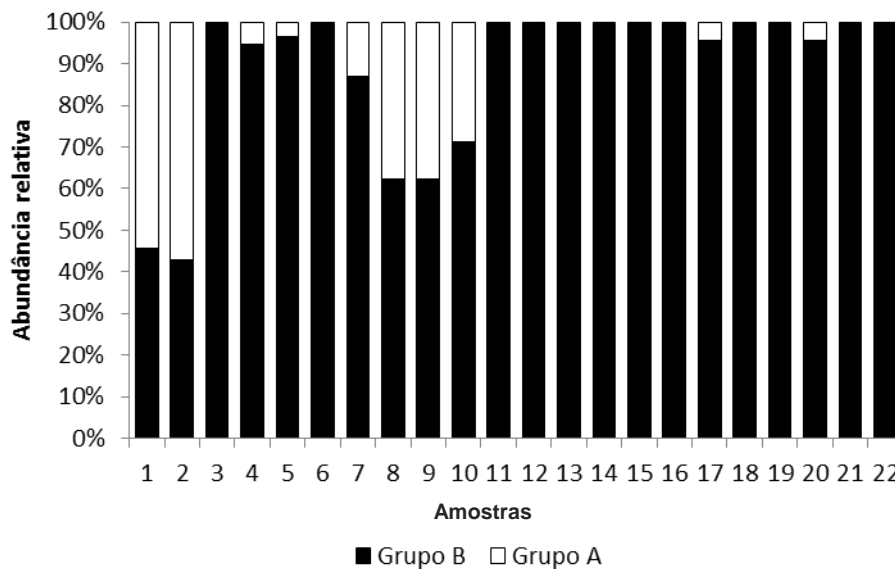


Figura 16 - Abundância relativa dos tipos polínicos usados no aprovisionamento larval por *Tetrapedia curvitaris* nas estações seca (amostras 1 a 11) e úmida (amostras 12 a 22) na Estação Experimental Água Limpa (EEAL), de acordo com a textura dos grãos de pólen dos gêneros botânicos. Grupo A: grãos com presença de espículos, báculos, clavias e unidades prismáticas; Grupo B: grãos com ausência dessas estruturas.

5. DISCUSSÃO

A fundação dos ninhos de *Tetrapedia curvitaris* ocorreu ao longo de todo o ano nos dois períodos analisados, como já registrada em outros estudos (Camillo 2000; Mesquita e Augusto 2011). Apesar de não ter havido diferença no número de ninhos fundados entre as estações, observou-se que em alguns meses não haviam ninhos operculados, enquanto em outros meses o número de ninhos fundados chegou a 11.

Essas variações na quantidade de ninhos fundados podem ser explicadas por variações regionais, as quais incluem desde a composição da vegetação, que influencia, diretamente, a disponibilidade de matéria-prima para construção dos ninhos e de recursos para o provisionamento larval, além de diferenças ambientais relacionadas à fatores abióticos como temperatura e umidade (Viana *et al* 2001; Gazola e Garófalo 2009; Carvalho 2011).

Ao comparar o período de atividade das espécies de *Tetrapedia* atraídas em ninhos-armadilha, pôde-se verificar que no estudo realizado na floresta estacional semidecidual do estado de São Paulo, a atividade de nidificação de *Tetrapedia curvitaris* ocorreu somente de outubro a dezembro (Garófalo 2008). O período de fundação dos ninhos de *Tetrapedia rugulosa* ficou restrito a 5 meses, no entanto, *Tetrapedia diversipes* fundou seus ninhos ao longo do ano, apresentando maior atividade no mês de fevereiro (Garófalo 2008). Em outro estudo realizado em São Paulo, foi observado que fêmeas adultas de *Tetrapedia diversipes* iniciaram suas atividades de nidificação entre os meses de outubro a maio, exibindo picos de atividade entre os meses de novembro a dezembro e de março a abril (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Alves-dos-Santos 2003). No estudo realizado no semiárido, *Tetrapedia diversipes* nidificou de fevereiro a abril, com o pico de nidificação no mês de abril (Pina e Aguiar 2011).

Embora os representantes da família Apidae sejam ativos durante todo o ano, algumas tribos podem apresentar flutuações sazonais em sua atividade de nidificação, intensificando-a na estação chuvosa (Andena *et al.* 2005; Mesquita e Augusto 2011; Carvalho 2011). Durante a estação seca, principalmente entre os meses de junho a setembro, Camillo (2000) sugere que imaturos de *Tetrapedia curvitaris* provavelmente entram em diapausa em pré-pupa, diminuindo assim a atividade dessas abelhas durante esse período. Contudo, Pina e Aguiar (2011) observaram que as espécies de *Tetrapedia* continuam a atividade reprodutiva no inverno, porém poucos ninhos são estabelecidos. No entanto, esse padrão não foi observado neste estudo, uma vez que não houve diferença no número de nidificações entre as estações.

Embora as fêmeas de abelhas solitárias construam um número variado de células, o número de células construídas por ninho neste estudo (n= 1 a 9) manteve-se constante ao longo do ano, assemelhando-se a outros trabalhos. Camillo (2005) verificou que o número de células construídas em ninhos de *Tetrapedia curvitaris* variou de 1 a 10, resultado semelhante ao encontrado em um estudo realizado na mesma área de Cerrado deste trabalho, em que fêmeas dessa espécie construíram de 1 a 12 células por ninho (Mesquita e Augusto 2011). Camillo (2005) registrou ainda que *Tetrapedia rugulosa* construiu de 1 a 8 células por ninho, *Tetrapedia diversipes* de 1 a 6 e *Tetrapedia garofaloi* de 1 a 10.

O número de células nos ninhos é dependente de vários fatores, como o material com que são feitos os substratos e diferenças nos padrões de arquitetura, determinadas pelas características morfométricas destes, como diâmetro e comprimento (Ramos *et al.* 2010; Jesus e Garófalo 2000; Ferreira 2010). Neste trabalho, a maior quantidade de células foi encontrada em ninhos com maior comprimento e maior diâmetro, o que indica que as fêmeas otimizam a utilização dos substratos para nidificação. Provavelmente, isso está relacionado ao custo energético na busca de novos locais para a construção dos ninhos. Outro fator que pode limitar o número de células por ninho é a disponibilidade dos recursos usados para o provisionamento larval (pólen, néctar e óleo), isto é, em locais onde a disponibilidade destes é reduzida haveria uma diminuição no número de células produzidas (Rosa 2005).

A escolha dos padrões de arquitetura ideais do ninho é um fator decisivo na construção de novas células (Jesus e Garófalo 2000; Ramos *et al.* 2010; Ferreira 2010). Ninhos longos podem alocar um grande número de células e, ao mesmo tempo, conter espaços vazios entre as células com ovos, proporcionando uma maior proteção contra inimigos naturais (Silva *et al.* 2001; Ferreira 2010). Fêmeas de abelhas solitárias, como *Centris vittata*, selecionaram o diâmetro de seus ninhos de acordo com o seu tamanho corporal (Jesus e Garófalo 2000; Ramos *et al.* 2010). O tamanho corporal de indivíduos de *Tetrapedia diversipes* também esteve correlacionado com o diâmetro de suas cavidades (Menezes *et al.* 2012), sendo o mesmo padrão encontrado neste estudo. A escolha do diâmetro ideal reflete diretamente no número de células construídas, uma vez que ninhos com diâmetros maiores requerem um maior gasto de energia pela abelha na construção e provisionamento das células de cria (Jesus e Garófalo 2000; Ramos *et al.* 2010; Carvalho 2011; Menezes *et al.* 2012). Desse modo, o número e organização das células no ninho são dependentes do espaço oferecido pelas cavidades utilizadas como substrato de nidificação (Ramos *et al.* 2010).

Em relação ao número de machos e fêmeas produzidos neste estudo foi observada alocação sexual igual para ambos os sexos. É sabido que o investimento parental, na maioria das populações animais, é igual para ambos os sexos, embora trabalhos realizados em comunidades de abelhas e vespas solitárias, tenham observado maior investimento para os indivíduos do sexo feminino (Silva *et al.* 2001; Peruquetti e Del Lama 2003; Ferreira 2010). De acordo com alguns autores, vários são os fatores que podem influenciar a razão sexual em comunidades de abelhas e vespas solitárias, a citar: diâmetro e comprimento do ninho, capacidade de forrageamento da fêmea, ataque de inimigos naturais, razão sexual da geração

parental e disponibilidade de recursos para as fêmeas nidificantes (Aguiar e Martins 2002; Aguiar e Garófalo 2004; Mendes e Rêgo 2007; Gazola e Garófalo 2009; Carvalho 2011).

Para as espécies de *Tetrapedia* os trabalhos têm mostrado variações na razão sexual. Neste estudo, a razão sexual foi de 1:1, padrão também registrado para *Tetrapedia curvitaris* por Camillo (2005). Nesse mesmo trabalho, Camillo (2005) encontrou para *Tetrapedia rugulosa* a razão de 1,6 machos para 1 fêmea, para *Tetrapedia diversipes* foi de 1,9 machos para 1 fêmea, e para *Tetrapedia garofaloi* foi de 2,8 machos para 1 fêmea. Em seu trabalho, Alves-dos-Santos *et al.* (2002) observou a razão sexual de 1:1 para *Tetrapedia diversipes*, enquanto Menezes *et al.* (2012) encontraram, para esta mesma espécie, uma razão um pouco menor, de 1 macho para 0,83 fêmeas em uma área e 1 macho para 0,48 fêmeas em outra área. Essas diferenças observadas podem estar associadas a fatores ambientais e à disponibilidade de recursos alimentares (Silva *et al.* 2001; Peruquetti e Del Lama 2003; Mendes e Rêgo 2007; Ferreira 2010).

A disponibilidade de recursos é um fator que afeta tanto a razão quanto o tamanho dos indivíduos, visto que fêmeas de abelhas e vespas geralmente são maiores que os machos, devido à maior quantidade de alimento que é aprovionada pela fêmea-fundadora para seu desenvolvimento (Peruquetti e Del Lama 2003; Ferreira 2010; Carvalho 2011). No presente estudo observou-se um efeito da estação do ano no tamanho dos indivíduos, sendo machos e fêmeas significativamente maiores na estação úmida. Esse efeito provavelmente está associado à maior disponibilidade de recursos para o aprovionamento larval na estação úmida, o que resultaria na produção de indivíduos maiores (Carvalho 2011).

Contudo, no presente estudo foi possível detectar diferenças de tamanho entre machos e fêmeas de *Tetrapedia curvitaris*, somente por meio da largura máxima da cabeça, onde as fêmeas foram significativamente maiores que os machos. Esse resultado pode sugerir que este parâmetro é o melhor preditor de tamanho corporal tanto em abelhas quanto em vespas, como sugerido por Ohl e Thiele (2007).

O maior tamanho das fêmeas pode ser explicado pelo fato de fêmeas maiores possuírem maior capacidade de forrageamento, realizarem voos mais distantes e rápidos, poderem roubar ninhos de fêmeas menores e até produzirem uma quantidade maior de ovos (Peruquetti e Del Lama 2003; Ferreira 2010; Carvalho 2011). O menor tamanho dos machos é explicado pelo menor consumo de alimento na fase larval, uma vez que suas células possuem tamanho reduzido quando comparado a células que contem fêmeas, e estas, por sua vez

requerem uma quantidade de alimento maior para seu desenvolvimento (Mendes e Rêgo 2007; Carvalho 2011). Essas diferenças no tamanho corporal dos indivíduos varia entre as espécies de *Tetrapedia*, como foi observado por Camillo (2005), o qual verificou que o tamanho de machos e fêmeas de *Tetrapedia diversipes* foi similar, contudo, as fêmeas de *Tetrapedia rugulosa*, *Tetrapedia curvitaris* e *Tetrapedia garofaloi* foram significativamente maiores que os machos.

No presente estudo, verificou-se que nem todas as células contruídas resultaram na emergência de indivíduos. Em algumas houve a morte de indivíduos em diferentes fases do desenvolvimento (larva, pupa e adulta) e outras estavam vazias, contendo vestígios de provisionamento ou completamente vazias. As mortes de indivíduos imaturos, já foi observada em outros estudos (Jesus e Garófalo 2000; Aguiar e Garófalo 2004; Aguiar *et al.* 2005; Alves-dos-Santos *et al.* 2007), e são sempre atribuídas a causas desconhecidas. No estudo realizado por Aguiar *et al.* (2005) com ninhos de *Tetrapedia diversipes*, de 92 células analisadas, 52% destas continham imaturos mortos sem uma causa aparente, os quais se encontravam em diferentes fases do desenvolvimento, desde células com imaturos na fase de ovo, larva, pupa e adulta em pré-emergência. No presente estudo, a porcentagem de mortalidade verificada para *Tetrapedia curvitaris* foi bem menor (14,4%).

A construção de células vazias entre células seriadas, como já observada em abelhas do gênero *Centris*, pode ser explicada como sendo um comportamento que proporcionaria uma maior proteção ao ataque de parasitas. Isso porque o encontro de células vazias no mesmo ninho poderia diminuir a taxa de parasitismo de outras células, levando o inimigo natural a abandonar o ninho ou à ovipositar dentro destas células (Silva *et al.* 2001; Mendes e Rêgo 2007; Ferreira 2010). Assim, no presente estudo, a frequência de parasitismo foi baixa e pode estar relacionada à baixa concentração de ninhos na área (Alves-dos-Santos *et al.* 2007).

Os principais inimigos naturais de indivíduos do gênero *Tetrapedia*, como observado nesse trabalho, são cleptoparasitas pertencentes ao gênero *Coelioxoides*, também pertencentes a tribo Tetrapediini (Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Garófalo 2008; Mesquita e Augusto 2011). O gênero *Coelioxoides* é comumente encontrado parasitando ninhos de *Tetrapedia curvitaris*, *Tetrapedia diversipes*, *Tetrapedia rugulosa* e *Tetrapedia garofaloi* e essa ocorrência já foi verificada por outros autores (Alves-dos-Santos 2003; Camillo 2005; Aguiar *et al.* 2005; Garófalo 2008; Mesquita e Augusto 2011). A estratégia da fêmea desse cleptoparasita consiste em invadir o ninho na ausência da fêmea

hospedeira, e em seguida, ovipor dentro da célula de cria, que geralmente encontra-se provisionada (Alves-dos-Santos *et al.* 2002).

Além de *Coelioxoides*, já foram registrados outros inimigos naturais parasitando ninhos de *Tetrapedia*, dentre eles o cleptoparasita *Coelioxys*, os parasitas *Anthrax* e *Leucospis* e coleópteros meloídeos, os quais são comumente conhecidos por estarem associados a espécies de abelhas que nidificam em ninhos-armadilha (Camillo 2000; Camillo 2005; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Garófalo 2008; Mesquita e Augusto 2011).

Em relação ao nicho alimentar, as fêmeas de *Tetrapedia curvitaris* utilizaram oito famílias botânicas, dentre as quais algumas já foram citadas como fontes de recursos para o provisionamento larval de espécies do gênero *Tetrapedia* em outras regiões, como as famílias Malpighiaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Myrtaceae e Sapindaceae (Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Machado 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2007; Steiner *et al.* 2010; Coelho *et al.* 2010; Menezes *et al.* 2012).

A análise polínica do conteúdo larval revelou que *Tetrapedia curvitaris* apresentou maior amplitude e uniformidade de nicho alimentar durante a estação úmida, o que provavelmente está relacionado à disponibilidade dos recursos florais no Cerrado (Carvalho 2011). A baixa similaridade no uso das fontes de pólen entre as estações sugere que essa espécie explora diferentes fontes alimentares ao longo do ano. No entanto, a dominância do tipo polínico *Kielmeyera* (Clusiaceae) no alimento larval de *Tetrapedia curvitaris* ao longo das estações deve ser considerada como um fator importante e fundamental, uma vez que em outros estudos, o gênero *Tetrapedia* foi reconhecido como um grupo altamente generalista (Neto *et al.* 2007; Coelho *et al.* 2010).

Conforme já descrito na literatura, abelhas do gênero *Tetrapedia* foram observadas visitando flores de *Kielmeyera* à procura de pólen, porém estas abelhas não são consideradas polinizadoras efetivas, uma vez que a retirada do pólen é comumente feita por abelhas de grande porte, as quais realizam movimentos de vibração durante as visitas, processo realizado, principalmente, por abelhas do gênero *Xylocopa* (Oliveira 1986; Barros 2002).

A grande frequência de ocorrência do tipo polínico *Kielmeyera* no alimento larval de *Tetrapedia curvitaris* pode ser resultado de dois fatores principais: inicialmente, a fenologia da planta, cujas espécies apresentam floração durante o ano todo (Oliveira 1986); e segundo porque as flores de *Kielmeyera* apresentam pólen disponível em grande quantidade, de modo

que abelhas de menor porte consigam coletar todo o pólen necessário ao provisionamento na visita a apenas uma única flor (Oliveira 1986; Barros 2002).

A baixa frequência dos tipos polínicos *Manihot*, *Hyptis*, *Banisteriopsis* sp., *Byrsonima* sp., *Heteropterys*, *Campomanesia* sp., *Eucalyptus* sp., Tipo *Myrcia* sp., *Serjania*, sp.1, sp.3, sp.5, sp.6, sp.7 pode estar relacionado a utilização dessas fontes na complementaridade do alimento a ser provisionado (Neto *et al.* 2007; Rabelo *et al.* 2009; Coelho *et al.* 2010; Mesquita 2011).

A coleta de recursos florais por abelhas coletoras de óleo em plantas da família Malpighiaceae é comumente registrada (Neff e Simpson 1981; Buchmann 1987; Aguiar *et al.* 2003; Aguiar e Gaglianone 2003; Neto *et al.* 2007; Ramos *et al.* 2007; Mendes e Rêgo 2007; Coelho *et al.* 2010; Rabelo *et al.* 2012; Menezes *et al.* 2012; Santos *et al.* 2013; Dórea *et al.* 2013). Há também registros de *Tetrapedia* coletando pólen em *Byrsonima* sp. e *Heteropterys* sp. (Menezes *et al.* 2012). De modo geral, apesar da totalidade de grãos de pólen da família Malpighiaceae ter sido pequena nesse trabalho, as espécies vegetais dessa família são consideradas importantes fontes de óleo para todos os grupos de abelhas coletoras de óleo e para algumas espécies, uma importante fonte de pólen também.

A coleta, transporte e manuseio dos recursos florais são realizados com o auxílio de estruturas especializadas, localizadas nas pernas das abelhas coletoras de óleo. Essas estruturas são muito similares entre as espécies de *Tetrapedia* e compreendem um conjunto de cerdas simples ou ramificadas, que tem o formato de um pente (Alves-dos-Santos *et al.* 2006; Alves-dos-Santos *et al.* 2007). A localização, o tamanho, a densidade e a quantidade dessas cerdas permite à abelha transportar uma grande variedade de tipos polínicos com tamanhos, formatos e ornamentações diferentes (Thorp 1979; Silva-Pereira *et al.* 2003; Alves-dos-Santos *et al.* 2006). Assim, as similaridades entre as espécies desse gênero resultariam em semelhanças nas características morfológicas dos tipos polínicos usados, embora fossem provenientes de famílias botânicas distintas.

Assim é importante analisar aspectos sobre o tamanho e textura dos grãos de pólen abundantemente utilizados para o provisionamento larval. Nesse estudo, *Tetrapedia curvitaris* utilizou preferencialmente espécies cujos grãos de pólen são de tamanho médio e grande, embora Neto *et al.* (2007) tenham observado que fêmeas de *Tetrapedia* não apresentaram preferência por determinado tamanho do grão. Já os resultados obtidos por Menezes *et al.* (2012) mostraram que *Tetrapedia diversipes* coleta, principalmente, tipos polínicos grandes, representado pelo tipo polínico *Dalechampia* da família Euphorbiaceae.

A escolha de tipos polínicos de tamanhos médio e grande pode estar associada: (i) ao valor nutricional desses grãos devido à presença de amido (Dafni *et al.* 2005), (ii) a presença de óleos na superfície do grão, o que auxilia na fixação destes nas escopas dessas abelhas (Silva-Pereira *et al.* 2003), (iii) à presença de modificações na quantidade e ramificação dos pelos das escopas dessas abelhas, os quais irão permitir o transporte dos grãos de pólen de tamanhos variados (Thorp 1979) e, por fim, (iv) à disponibilidade desses tipos polínicos no ambiente.

Quanto à textura dos grãos coletados por *Tetrapedia curvitaris*, observou-se maior utilização de tipos polínicos com presença de estruturas, como espículos, báculos, clavias e unidades prismáticas na estação seca. A maior utilização de grãos de pólen com presença de estruturas nessa estação é reflexo da coleta de pólen de Asteraceae, as quais possuem grãos pequenos e com espículos bem característicos (Silva-Pereira *et al.* 2003). Desse modo, essas estruturas permitem uma maior adesão dos grãos aos pelos das escopas dessas abelhas. Além disso, a utilização de espécies dessa família pode estar associada à fenologia dessas plantas, isto é, período de floração ocorre, principalmente, durante a estação seca (Kubota 2003).

Considerando que espécies do gênero *Tetrapedia* são facilmente atraídas por ninhos-armadilha e abundantes em áreas de Cerrado, os resultados apresentados fornecerão subsídios para projetos de conservação dessa espécie solitária no Bioma. A ocorrência desta espécie durante todo ano, a baixa taxa de parasitismo e o conhecimento da amplitude de nicho alimentar são informações importantes para o possível manejo de *Tetrapedia curvitaris* visando à polinização de espécies cultivadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.J.C.; MARTINS, C.F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Rev. Bras. Zool*, 19: 101-116.

AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A. 2004. Nesting biology of *Centris* (Hemisiella) *tarsata* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool*, 21: 477-486.

AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A.; ALMEIDA, G.F. 2005. Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Zool*. 22(4): 1030-1038.

ALVES-DOS-SANTOS, I. 2002. A vida de uma abelha solitária. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, 179: 60-62.

ALVES-DOS-SANTOS, I.; MELO, G.A.R.; ROZEN, JR.J.G. 2002. Biology and Immature Stages of the Bee Tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). *American Museum of Natural History*, 3377: 1-45.

ALVES-DOS-SANTOS, I. 2003. Trap-Nesting Bees and Wasps on the University Campus in São Paulo, Southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76: 328-334.

ALVES-DOS-SANTOS, I.; NAXARA, S.R.C.; PATRÍCIO, E.F.L.R.A. 2006. Notes on the morphology of *Tetrapedia diversipes* Klug 1810 (Tetrapediini, Apidae), an oil-collecting bee. *Braz. J. morphol. Sci.* 23: 425-430.

ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I.C.; GAGLIANONE, M.C. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis*, 11: 544-557.

ANDENA, S.R.; BEGO, L.R.; MECI, M.R. 2005. A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*, 7(1): 55-91.

ARANGO, H.G. 2009. Bioestatística teórica e computacional: com banco de dados reais em disco 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

BARROS, M.A.G. 2002. Floração Sincrônica e Sistemas Reprodutivos em quatro espécies de *Kielmeyera* Mart T. (Guttiferae). *Acta bot. Bras*, 16(1): 113-122.

- BARTH, O.M.; MELHEM, T.S.A. 1988. Glossário ilustrado de palinologia. Campinas: Unicamp, 75p. Bascombe J. 2008. Networks in ecology. *Basic Appl. Ecol.* 8: 485-490.
- BASTOS, E.M.A.F.; THIAGO, P.S.S.; SANTANA, R.M.; TRAVASSOS, A. 2008. Banco de imagens de grãos de pólen: mais de 130 espécies de plantas apícolas. (CD-ROM).
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. 1997. Field & laboratory methods for general ecology. 4th ed. EUA: Wm. C. Brown Publishers.
- BUCHMANN, S.L. 1987. The Ecology Of Oil Flowers And Their Bees. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 18: 343-69.
- CAMILLO, E. 2000. Biologia de *Tetrapedia curvitaris* em ninhos-armadilha (Hymenoptera: Apidae: Tetrapediini). p. 103–110. In M.M.G. Bitondi, K. Hartfelder, *et al.* (eds). IV Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do maracujá. Holos Editorra, Ribeirão Preto, SP. 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, C.A. 1989. Analysis of the niche of two sympatric species of *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 81-92.
- CANE, J.H. 1987. Estimation of bee size using intertegular span (Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society.* 60(1): 145-147.
- CARVALHO, S.M. 2011. Diversidade de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha disponibilizados em áreas de cerrado e em fragmentos próximos de mata estacional semidecidual-MG. *Dissertação de mestrado*. Universidade Federal de Uberlândia, UFU. 63f.
- COELHO, T.A.; ARAUJO, R.B.S.P.; CORDEIRO, G.D.; SILVA, C.I.; KRUG, C. ALVES-DOS-SANTOS, I. 2010. Rede de interação das plantas visitadas por *Tetrapedia diversipes* Klug (Apidae: Tetrapediini) revelada por análise polínica do alimento larval. Anais do IX Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto-SP, Brasil.

DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. 2005. *Practical pollination biology*. Enviroquest, Canadá.

DÓREA, M.C.; AGUIAR, C.M.L.; FIGUEROA, L.E.R.; LIMA, L.C.L.E.; SANTOS, F.A.R. 2010. Pollen residues in nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a tropical semiarid area in NE Brazil. *Apidologie*, 41: 557–567.

DÓREA, M.D.C.; AGUIAR, C.M.L.; FIGUEROA, L.E.R.; LIMA, L.C.L.; SANTOS, F.D.A.R.D. 2013. A study of pollen residues in nests of *Centris trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in the Caatinga vegetation, Bahia, Brazil. *Grana*, 52 (2): 122–128.

FERREIRA, B. 2010. O efeito do contexto da paisagem e da estrutura de habitat sobre abelhas e vespas silvestres em fragmentos de cerrado. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro.

GAGLIANONE, M.C.; ROCHA, H.H.S.; BENEVIDES, C.R.; JUNQUEIRA, C.N.; AUGUSTO, S.C. 2010. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-amarelo (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região Sudeste do Brasil. In: ALVES-DOS-SANTOS, I. *Ecologia de Polinizadores*. Rio de Janeiro: UFRJ. *Oecologia Australis*, 14 (1): 152-164.

GARÓFALO, C.A.; MARTINS, C. F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. 2004. The Brazilian Solitary Bee Species caught in trap nests. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. *Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 77-84.

GARÓFALO, C.A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nidificando em ninhos-armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Anais do VIII Encontro sobre Abelhas, 2008 Ribeirão Preto - SP, Brasil*, 208-217.

GARÓFALO, C.A.; MARTINS, C. F.; AGUIAR, C.M.L. de; DEL LAMA, M.A.; ALVES-DOS-SANTOS, I. 2012. As Abelhas Solitárias e Perspectivas para seu Uso na Polinização no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.DE A.; SARAIVA, A.M. *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 183-202.

GAZOLA, A.L.; GARÓFALO, C.A. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the state of São Paulo, Brazil. *Genet. Mol. Res*, 8: 607-622.

GIANNINI, T.C.; ACOSTA, A.L.; SARAIVA, A.M.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; GARÓFALO, C.A. 2012. Impactos de Mudanças Climáticas em Abelhas Solitárias: Um Estudo de Caso Envolvendo Duas Espécies de *Centris*. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D. de A.; SARAIVA, A.M. Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 335-347.

HAMMER, Ø; HAPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron.* 4(1): 9

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.de A.; SARAIVA, A.M. 2012. Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

JESUS, B. M. V.; GARÓFALO, C. A. 2000. Riqueza e abundância sazonal de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) na Mata da Virgínia, Matão, São Paulo. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4o. Ribeirão Preto, 2000. Anais..., Ribeirão Preto: USP, v. 4: 239-245.

JONES, G.D.; JONES, S.D. 2001. The Uses of Pollen and its Implication for Entomology. *Neotropical Entomology*, 30: 341-350.

JUNQUEIRA, C.N.; YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; HOGENDOORN, K.; AUGUSTO, S.C. 2013. Nest management increases pollinator density in passion fruit orchards. *Apidologie*, DOI: 10.1007/s13592-013-0219-4.

KUBOTA, U. 2003. Fenologia da comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófagos de capítulos. *Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual de Campinas, Unicamp. 82f

LE FÉON, V.; BUREL, F.; CHIFFLET, R.; HENRY, M.; RICROCH, A.; VAISSIÈRE, B. E. & BAUDRY, J. 2011. Solitary bee abundance and species richness in dynamic agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.06.020.

MACHADO, I.C. 2004. Oil-Collecting Bees And Related Plants: A Review Of The Studies In The Last Twenty Years And Case Histories Of Plants Occurring In Ne Brazil. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária, 255-280.

- MAGALHÃES, C.B.; FREITAS, B.M. 2012. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. *Apidologie*, 44: 234-239.
- MARTINS, C.F.; FERREIRA, R.P. & CARNEIRO, L.T. 2012. Influence of the Orientation of Nest Entrance, Shading, and Substrate on Sampling Trap-Nesting Bees and Wasps. *Neotropical Entomology*, 41: doi 10.1007/s13744-012-0020-5.
- MARTINS, A.C.; AGUIAR, A.J.C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. 2013. Interaction between oil-collecting bees and seven species of Plantaginaceae. *Flora* 208: 401- 411.
- MENDES, F.N.; RÊGO, M.M.C. 2007. Nidificação de *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* 51(3): 382-388.
- MENEZES, G.B.; GONÇALVES-ESTEVEZ, V.; BASTOS, E.M.A.F.; AUGUSTO, S.C.; GAGLIANONE, M.C. 2012. Nesting and use of pollen resources by *Tetrapedia diversipes* Klug (Apidae) in Atlantic Forest areas (Rio de Janeiro, Brazil) in different stages of regeneration. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56: 86–94.
- MESQUITA, T.M.S.; AUGUSTO, S.C. 2011. Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. *Trop Zool.*, 24(2): 127-144.
- MICHENER, C.D. 2007. The importance of bees. Chapter in a book: Solitary versus Social Life. 2. ed. 2007. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 12-15.
- NETO, H.S.; OLIVEIRA, R.; SCHLINDWEIN, C. 2007. Polilectia em *Tetrapedia* (Apidae, Tetrapediini): Fêmeas buscam pólen de numerosas espécies na floresta atlântica de Pernambuco. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu-MG, Brasil.
- NETO, P.L. 2008. Levantamento planimétrico nº 36.243. *Relatório Técnico*. Prefeitura Municipal de Uberlândia, Minas Gerais.
- OHL, M.; THIELE, K. 2007. Estimating body size in apoid wasps: the significance of linear variables in a morphologically diverse taxon (Hymenoptera, Apoidea). *Zool. Reihe* 83 (2): 110–124.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. de. 1986. Biologia de Reprodução de Espécies de *Kielmeyera* (Guttiferae) de Cerrados de Brasília, DF. *Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, Brasil. 101p.

PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A. 2010. Biologia da Nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa griseescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. *Oecologia Australis*, 14: 193-209.

PERUQUETTI, R. C.; DEL LAMA, M. A. 2003. Alocação sexual e seleção sexo-dependente para tamanho de corpo em *Trypoxylon rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 47, 581–588.

PIELOU, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, New York.

PINA, W. da C.; AGUIAR, C.M.L. 2011. Trap-nesting Bees (Hymenoptera: Apidae) in Orchards of Acerola (*Malpighia emarginata*) in a Semiarid Region of Brazil. *Sociobiology*, 58: 1-14.

RABELO, L.S. VILHENA, A.M.G.F.; BASTOS, E.M.A.F.; AUGUSTO, S.C. 2012. Larval food sources of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera, Apidae), an oil-collecting bee. *J. Nat. Hist*, 46: 1129–1140.

RAMOS, M.; ALBUQUERQUE, P. De; RÊGO, M. 2010. Nesting Behavior of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepelletier (Hymenoptera: Apidae) in an Area of the Cerrado in the Northeast of the State of Maranhão, Brazil. *Neotropical Entomology*, 39(3): 379-383.

RASBAND, W.S. 1997-2011. ImageJ, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: [http:// imagej.nih.gov/ij/](http://imagej.nih.gov/ij/).

ROSA, R.; LIMA, S.C.; ASSUNÇÃO, W.L. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia. *Soc. Nat.* 3: 91-108.

ROSA, A.F.B. 2005. Manejo de Colônias de *Melipona quadrifasciata*. Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu-MG, Brasil.

ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E. 1991. The pollen and spores of Barro Colorado Island. St Louis (Missouri): Missouri Botanical Garden.

ROUBIK, D.W. 1995. Pollination of cultivated plants in the Tropics. Rome, Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados. Rio de Janeiro (Brazil): Academia Brasileira de Ciências.

SANTOS, R.M.; AGUIAR, C.M.L.; DÓREA, M.D.C.; ALMEIDA, G.F.; DOS SANTOS, F.D.A.R.; AUGUSTO, S.C. 2013. The larval provisions of the crop pollinator *Centris analis*: pollen spectrum and trophic niche breadth in an agroecosystem. *Apidologie*: 1-12.

SILVA, F.O.; VIANA, B.F.; NEVES, E.L. 2001. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Neotrop. Entomol.*, 30: 541-545.

SILVA-PEREIRA, V.D.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; CONTRERA, F.A.L. 2003. Forrageamento de *Melissoptila thoracica* Smith (Hymenoptera, Eucerini, Apoidea) em flores de *Sida* (Malvaceae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20 (3): 427-432.

SILVA, C.I. 2009. Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por *Xylocopa* spp. e interação com plantas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. *Tese de doutorado*. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. 287p.

SIMPSON, B.B.; NEFF, J.L. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Ann MO Bot Gard.*, 68: 301-322.

STEINER, J.; ZILLIKENS, A.; KAMKE, R.; FEJA, E.P.; FALKENBERG, D.D.B. 2010. Bees and Melittophilous Plants of Secondary Atlantic Forest Habitats at Santa Catarina Island, Southern Brazil. *Oecologia Australis*, 14(1): 16-39.

THORP, R.W. 1979. Structural, behavioral, and physiological adaptations of bees (Apoidea) for collecting pollen. *Ann MO Bot Gard.* 66: 788-812.

TYLIANAKIS, J.M.; TSCHARNTKE, T.; LEWIS, O.T. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature Letters*, 445: 202-205.

VIANA, B.F.; SILVA, F.O.; KLENERT, A.M.P. 2001. Solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) in tropical sand dune: diversity and phyenology. *Neotrop. Entomol.* 30: 245-251.

VILHENA, A.M.G.F.; AUGUSTO, S.C. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal*, 23: 14-23.

VILHENA, A.M.G.F.; RABELO, L.S.; BASTOS, E.M.A.F.; AUGUSTO, S.C. 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*, 43: 51-62.

ZANONI, D.C.P. 2009. Amplitude de nicho e Similaridade no uso de recursos florais de duas espécies de abelhas eussociais nativas em área urbana no município de Criciúma, Santa Catarina. 43f. Monografia – Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Santa Catarina.

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. New Jersey: Imprensa Upper Saddle River, Prentice Hall.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a fenologia, os parâmetros físicos do ninho, biológicos e o nicho alimentar de *Tetrapedia curvitaris*, conclui-se que:

- A espécie é ativa durante o ano todo, não havendo diferença significativa entre o número de ninhos fundados entre as estações.
- Fêmeas de *Tetrapedia curvitaris* construíram o maior número de células em ninhos com maior comprimento e maior diâmetro, indicando uma otimização na escolha dos substratos para nidificação.
- O número de células produzidas manteve-se constante ao longo das estações do ano. A razão sexual não diferiu significativamente de 1:1, indicando alocação sexual igual para ambos os sexos ao longo do ano. O tamanho dos indivíduos de *Tetrapedia curvitaris* sofreu um efeito da estação do ano, de modo que machos e fêmeas foram significativamente maiores na estação úmida, e as fêmeas foram significativamente maiores que os machos, somente por meio da largura máxima da cabeça.
- A frequência de inimigos naturais nos ninhos de *Tetrapedia curvitaris* foi baixa, prevalecendo a espécie *Coelioxoides* sp. na estação seca e *Anthrax oedipus* na estação úmida.
- A espécie estudada explorou de maneira diferenciada as fontes de pólen presentes na área ao longo das estações, coletando abundantemente o tipo polínico *Kielmeyera* para o provisionamento larval. *Tetrapedia curvitaris* utilizou principalmente grãos de pólen de tamanhos médio e grande, e as fêmeas coletaram maior quantidade de grãos com presença de espículos, báculos, clavas ou unidades prismáticas na estação seca.

Portanto, o conhecimento dos diversos aspectos da biologia de nidificação, fenologia, estrutura dos ninhos, bem como a identificação das principais fontes de pólen utilizadas por

Tetrapedia curvitaris são de extrema importância, uma vez que trata-se de uma espécie potencialmente manejável para utilização em programas de manejo. Estratégias de conservação e manejo desses polinizadores podem estar associadas, diretamente, ao oferecimento de fontes polínicas e outros recursos florais, específicos da vegetação nativa, para a construção das células e o provisionamento larval dessas abelhas.