



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**

**RIQUEZA DE ESPÉCIES, ABUNDÂNCIA E EFICIÊNCIA DE
POLINIZAÇÃO DE ABELHAS CENTRIDINI (HYMENOPTERA,
APIDAE) E NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS SOLITÁRIAS EM
ÁREAS CULTIVADAS COM ACEROLEIRA (*MALPIGHIA
EMARGINATA* DC MALPIGHACEAE) NO SEMIÁRIDO BAIANO**

GEANE ALMEIDA DE OLIVEIRA

FEIRA DE SANTANA

FEVEREIRO, 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

GEANE ALMEIDA DE OLIVEIRA

**RIQUEZA DE ESPÉCIES, ABUNDÂNCIA E EFICIÊNCIA DE
POLINIZAÇÃO DE ABELHAS CENTRIDINI (HYMENOPTERA,
APIDAE) E NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS SOLITÁRIAS EM
ÁREAS CULTIVADAS COM ACEROLEIRA (*MALPIGHIA
EMARGINATA* DC MALPIGHIACEAE) NO SEMIÁRIDO BAIANO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra. Cândida Maria Lima Aguiar de Mendonça

Co-orientadora: Dra. Maíse Silva

FEIRA DE SANTANA

FEVEREIRO, 2012

Ficha Catalográfica: Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

O47r Oliveira, Geane Almeida de
Riqueza de espécies, abundância e eficiência de polinização de abelhas Centridini (Hymenoptera, Apidae) e nidificação de abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) em áreas cultivadas com aceroleira (*Malpighia emarginata* DC Malpighiaceae) no semiárido baiano./ Geane Almeida de Oliveira. – Feira de Santana, 2012.
74 f.: il.

Orientador: Cândida Maria Lima Aguiar de Mendonça
Dissertação (Mestrado em Zoologia)-Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, 2012.

1. Abelhas - Centridini. 2. Abelhas - solitárias. 3. Polinização por abelhas. 4. Nidificação por abelhas. 5. Aceroleira - semiárido, BA. I. Mendonça, Cândida Maria Lima Aguiar de. II. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. III. Título.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Cândida Maria Lima Aguiar de Mendonça
(Orientadora)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Dra. Miriam Gimenes
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Dr. Celso Feitosa Martins
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

**Aos meus pais, pelo amor
concedido, incentivo, apoio e
confiança.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo de bom que tem me concedido e por me dar serenidade e paciência nos momentos que mais precisei.

À minha família que sempre me apoiou em todos os momentos. Aos meus pais por sempre acreditarem na minha capacidade e, mesmo sem entender muito bem qual o objetivo de tudo o que eu fiz durante estes dois anos de mestrado (porque você vai para o campo? – me perguntavam), não hesitaram em me ajudar quando precisei. Às minhas três irmãs (e amigas), por me proporcionarem momentos de distração e, é claro, me ajudarem nos trabalhos de campo (e sem reclamar do calor de quase 40°C!!!).

À minha orientadora Prof. Dra. Cândida Maria pela disposição e atenção em orientar desde quando iniciei na pesquisa, ainda na graduação, e pelas importantes contribuições nas diversas etapas deste trabalho.

À Maíse pela amizade, auxílio em todas as atividades de campo, as conversas, as valiosas contribuições neste manuscrito e por ter me ensinado boa parte do que sei sobre polinização.

Ao meu namorado, Elki, pela boa convivência e companheirismo, e por ter me auxiliado nos trabalhos de campo e nas análises estatísticas.

A Rhalff e Grazi pela verdadeira amizade.

Ao pessoal do Laboratório de Entomologia (LENT) pela boa convivência durante todos estes anos (já são quatro !!!). Ao Prof. Eddy, pela amizade e co-orientação durante a graduação e pelas conversas e dicas sempre muito valiosas. A Profa. Miriam Gimenes pelo bom convívio e conversas. A Jane pela amizade e conselhos. A Leo pela amizade, que já dura seis anos, e os momentos de descontração. A Bojão pelas boas discussões que contribuíram muito para o meu trabalho e pelo auxílio nas análises estatísticas. A Wagner e Augustinho pelas risadas durante o período que fui “inquilina” na casa do Feira VI.

Aos colegas que me ajudaram nas atividades de campo e no laboratório: Ricardo pela disposição no campo e auxílio nas análises polínicas; Emerson, Lucas, Patty e Gesline

nos trabalhos de campo; Mazinho, sempre solícito quando precisei dele, principalmente para tirar fotos das minhas abelhas (e foram muitas!!!).

Aos amigos Andel, Flavi, Alê e Dani pelos momentos agradáveis e de muita descontração.

Ao Prof. Dr. Fernando César Vieira Zanella pela identificação das abelhas que nidificaram nos ninhos-armadilha..

Ao pessoal do Laboratório de Micromorfologia Vegetal (LAMIV), especialmente Paulino por me auxiliar nas análises polínicas.

Aos proprietários do Sítio de Dona Aurelina, no qual foi realizado o estudo, por disponibilizar a área e nos receber tão bem nos períodos de atividade de campo, em especial, a Eliete, que nos recebeu na sua casa quando foi preciso passarmos a noite. E não posso esquecer o pequeno Ernane que, nos observando em atividade no campo, passou a sonhar em ser “catador” de abelhas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À Universidade Estadual de Feira de Santana pelo apoio logístico e de infraestrutura que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
CAPÍTULO I - Riqueza e abundância de espécies de Centridini (Hymenoptera, Apidae) e eficiência de polinização de <i>Centris (Centris) aenea</i> (Lepelletier, 1841) em uma área cultivada com aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i> DC Malpighiaceae) no semiárido baiano.....	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUÇÃO.....	4
OBJETIVO GERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
Área de estudo.....	9
A planta estudada - <i>Malpighia emarginata</i> DC (Malpighiaceae).....	11
Amostragem das abelhas.....	12
Sistema reprodutivo de <i>Malpighia emarginata</i>	13
Teste de eficiência de polinização de <i>Centris aenea</i> (Apidae, Centridini).....	13
Análise de dados.....	14
RESULTADOS.....	16
Riqueza e abundância de abelhas Centridini.....	16
Sistema reprodutivo de <i>Malpighia emarginata</i>	22
Eficiência de polinização de <i>Centris aenea</i>	23
DISCUSSÃO.....	26
Riqueza e abundância de espécies de abelhas visitantes das flores da aceroleira.....	26
Polinização de <i>Malpighia emarginata</i> : dependência por polinizadores e eficiência de <i>C. aenea</i>	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

CAPÍTULO II - Abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em cavidades artificiais em uma área cultivada com aceroleira na região do semiárido baiano.....	42
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
INTRODUÇÃO.....	45
OBJETIVO GERAL.....	48
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
Área de estudo.....	49
Amostragem.....	50
Análise de dados.....	50
RESULTADOS.....	52
Ocupação dos ninhos armadilha (NA) pelas abelhas.....	52
Células de cria, Emergência e Razão sexual.....	53
Distribuição temporal da atividade de nidificação.....	55
Mortalidade.....	58
Parasitismo.....	58
DISCUSSÃO.....	60
Ocupação dos ninhos armadilha (NA) pelas abelhas.....	60
Células de cria, emergência e razão sexual.....	62
Distribuição temporal da atividade de nidificação.....	63
Mortalidade e parasitismo.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Riqueza e abundância de espécies de Centridini (Hymenoptera, Apidae) e eficiência de polinização de *Centris (Centris) aenea* (Lepeletier, 1841) em uma área cultivada com aceroleira (*Malpighia emarginata* DC Malpighiaceae) no semiárido baiano.

Figura 1. Localização da área de estudo no distrito de Maria Quitéria, município de Feira de Santana, BA.....9

Figura 2. Distribuição média da pluviosidade e temperatura mensal durante os meses de amostragens de abelhas nas flores de *Malpighia emarginata* na região do semiárido baiano, Feira de santana, BA, de julho/10 a junho/11, em Feira de Santana, BA (Estação Climatológica de Feira de Santana, BA).....10

Figura 3. Imagens da área de estudo. **A.** Plantio de aceroleira. **B-C.** Plantas ruderais que crescem no interior e no entorno do plantio. **B.** *Solanum* sp. **C.** *Stigmaphyllon* sp. Fotos: Geane de Oliveira.....11

Figura 4. **A.** Inflorescência de *Malpighia emarginata*. **B.** Botões florais da espécie. A seta indica a posição das glândulas de óleo (elaióforos).....12

Figura 5. Curva de acumulação de espécies de abelhas Centridini por amostra (um dia de observação) em um pomar de acerola no município de Feira de Santana, BA, no período de julho/10 a junho/11.....16

Figura 6. Abundância de espécies de abelhas Centridini em cultivo de aceroleira, no município de Feira de Santana, BA, no período de julho/10 a junho/11.....17

Figura 7. Abundância mensal de abelhas Centridini, no período de julho/10 a junho/11, em uma área cultivada com aceroleira, no município de Feira de Santana, BA.....19

Figura 8. Freqüência de indivíduos de *C. aenea* nas flores ao longo do dia em um plantio de aceroleira, no município de Feira de Santana, BA, em novembro de 2010.....21

Figura 9. Freqüência de indivíduos de *C. aenea* nas flores ao longo do dia em um plantio de aceroleira, no município de Feira de Santana, BA, em abril de 2011.
.....21

CAPÍTULO II - Abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em cavidades artificiais em uma área cultivada com aceroleira na região do semiárido baiano.....34

Figura 1. Localização da área de estudo no município de Juazeiro, BA.....49

Figura 2. Número de ninhos fundados em ninhos-armadilha de diferentes comprimentos em um pomar de acerola em Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11. NG: Ninhos-armadilha de 10 cm de comprimento; NP: Ninhos-armadilha de 5 cm de comprimento.....53

Figura 3. Número de indivíduos adultos que emergiram a partir dos ninhos de espécies que nidificaram em NA disponibilizados em plantio de acerola em Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.....54

Figura 4. Pupa de *C. tarsata* em desenvolvimento em um ninho fundado em março/2011 e aberto em setembro 2011.....55

Figura 5. Número de ninhos de abelhas fundados em ninhos-armadilha disponibilizados em um plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.....56

Figura 6. Número de ninhos fundados pelas espécies de abelhas *C. analis* e *C. tarsata*, precipitação pluviométrica e temperatura média no período de outubro/2010 a agosto/2011, em cultivo de acerola no município de Juazeiro, BA.....57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Riqueza e abundância de espécies de Centridini (Hymenoptera, Apidae) e eficiência de polinização de *Centris (Centris) aenea* (Lepelletier, 1841) em uma área cultivada com aceroleira (*Malpighia emarginata* DC Malpighiaceae) no semiárido baiano.

Tabela 1. Frequência de ocorrência (FO) das espécies de abelhas Centridini em cultivo de acerola em Feira de Santana, Bahia. MF – Muito Frequente; F – Frequente; PF – Pouco Frequente.....18

Tabela 2. Abundância mensal de espécies de abelhas Centridini em uma área cultivada com acerola, no município de Feira de Santana, BA.....20

Tabela 3. Riqueza e abundância de espécies de Centridini nos meses de pico de floração da aceroleira, em um pomar no município de Feira de Santana, BA.....22

Tabela 4. Frutificação da aceroleira (*Malpighia emarginata*) após quatro diferentes tratamentos, realizados em uma área de cultivo de acerola no município de Feira de Santana-BA. As diferenças no número de flores amostradas, em alguns casos, se devem à perda de algumas delas durante os experimentos.....23

Tabela 5. Percentual de frutificação após uma visita de *Centris aenea* em flores de aceroleira emasculadas e não-emasculadas em um pomar de acerola, Feira de Santana-BA. FE- Flores emasculadas; FNE- Flores não-emasculadas. A diferença no número de flores amostradas entre os tratamentos se deve às perdas durante o período de amostragem.....24

Tabela 6. Percentual de frutificação após uma visita de *Centris aenea* em flores de aceroleira, Feira de Santana-BA.25

CAPÍTULO II - Abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em cavidades artificiais em uma área cultivada com aceroleira na região do semiárido baiano.

Tabela 1. Frequência de nidificação de espécies de abelhas em um cultivo de acerola em Juazeiro, de outubro de 2010 a agosto de 2011.....52

Tabela 2. Abundância mensal de ninhos fundados por diferentes espécies de abelhas nidificantes em um plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.....57

Tabela 3. Taxa de mortalidade e número de imaturos mortos em diferentes estágios de desenvolvimento, de espécies de abelhas que nidificaram em ninhos-armadilha em plantio de acerola, Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.....58

Tabela 4. Taxa de parasitismo e número de células parasitadas por parasita associado às espécies de abelhas nidificantes em ninhos-armadilhas em plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA.....59

CAPÍTULO I

**RIQUEZA E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES DE CENTRIDINI
(HYMENOPTERA, APIDAE) E EFICIÊNCIA DE POLINIZAÇÃO
DE *CENTRIS (CENTRIS) AENEAE* (LEPELETIER, 1841) EM UMA
ÁREA CULTIVADA COM ACEROLEIRA (*MALPIGHIA
EMARGINATA* DC MALPIGHIACEAE) NO SEMIÁRIDO BAIANO**

RESUMO

Vários estudos indicaram que as abelhas Centridini são importantes polinizadores da aceroleira. Os objetivos deste estudo foram caracterizar a riqueza e abundância de abelhas Centridini e testar a eficiência de polinização de *Centris aenea* em uma área de cultivo de aceroleira (*Malpighia emarginata*) na região do semiárido baiano. O estudo foi conduzido em Feira de Santana, BA, e a coleta das abelhas foi realizada das 7:00 às 17:00h, durante 30 minutos em cada intervalo de hora, uma vez ao mês, durante 12 meses. Para avaliar a eficiência de polinização de *C. aenea* foram verificados: o sistema reprodutivo da espécie vegetal e sua dependência por polinizadores, a proporção de grãos de pólen da aceroleira em relação aos de outras espécies vegetais transportados na região ventral do tórax de *C. aenea* e a formação de frutos após uma visita da espécie. Doze espécies de Centridini foram registradas visitando as flores de *M. emarginata*, e destas, *C. aenea* foi a mais abundante (n=163; 66%). Dos quatro experimentos de polinização realizados, apenas na polinização cruzada manual e na polinização natural foi verificada frutificação (14,5 % e 24%, respectivamente). A análise do pólen depositado na região ventral de *C. aenea* mostrou que 59,2% dos grãos eram de *M. emarginata*, o que sugere fidelidade floral de *C. aenea* à aceroleira. Após uma visita de *C. aenea* às flores de *M. emarginata*, a taxa de frutificação foi de 21,15 %, que não diferiu da visitação irrestrita (30,7 %). Não houve formação de frutos quando os insetos foram excluídos. Pelos resultados obtidos de abundância nas flores, análise do pólen transportado por *C. aenea*, deposição de pólen no estigma e efetividade na formação de frutos após uma visita, essa abelha pode ser considerada o principal polinizador da aceroleira na área estudada.

Palavras-chave: Aceroleira, polinizadores, *Centris aenea*, eficiência de polinização

ABSTRACT

Many studies indicated the Centridini bees as important pollinators of West Indian cherry (*Malpighia emarginata* DC). The aimed of this study were to characterize the richness and abundance of Centridini bees and to test the pollination efficiency of *Centris aenea* Lepeletier (Centridini, Apidae) in an orchard of West Indian cherry, in a semiarid region of Bahia. The work was carried out in Feira de Santana, BA, and bees were collected from 7.00 to 17.00 h, during 30 minutes per hour, once a month, during 12 months. For assessing the pollination efficiency of *C. aenea* were verified: the breeding system of the plant species and its dependence for pollinators, the proportion of pollen grains from West Indian cherry and other vegetal species carried in the ventral region of the thorax of *C. aenea* and fruit set after single visits of this species to flowers. Twelve Centridini species were recorded visiting West Indian cherry flowers and *C. aenea* was the most abundant (n=163; 66%). Pollination of four experiments performed, only hand cross-pollination and open pollination set fruit (14.5 % e 24%, respectively). Analysis of pollen grains from ventral region of thorax of *C. aenea* showed that 59.2% of grains belonged to *M. emarginata*, which suggests floral fidelity of *C. aenea* to West Indian cherry. After single visits by *C. aenea*, flowers that set fruits were 21.15 %, that did not differ of fruit set by flowers that received unrestricted visitation (30,7 %). Following no insect visits, no fruit set was observed. The number of *C. aenea* in the orchard, pollen grains of *Malpighia emarginata* carried in the ventral region, pollen deposition efficiency and fruit set after single visits, implicates this species as the main pollinator of West Indian cherry in the studied area.

Keywords: West Indian cherry, pollinators, *Centris aenea*, pollination efficiency.

INTRODUÇÃO

As abelhas representam um grupo muito diversificado de insetos, com mais de 16 mil espécies descritas (MICHENER, 2000). Cerca de 330 espécies de abelhas são conhecidas por coletarem óleos florais (ALVES-DOS SANTOS *et al.*, 2007), que são adicionados às provisões para a alimentação das larvas e/ou usados para formar o revestimento das paredes internas das células de cria (VOGEL, 1974; BUCHMANN, 1987; MICHENER, 2000; JESUS & GARÓFALO, 2000; AGUIAR *et al.*, 2006; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2007). Nas Américas, as abelhas coletoras de óleo estão incluídas em 15 gêneros pertencentes as tribos Centridini, Tapinostapidiini e Tetrapediini, que são especialmente diversas na região Neotropical (BUCHMANN, 1987; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2007). Tais abelhas são exclusivamente solitárias e as fêmeas possuem estruturas morfológicas e padrões comportamentais especializados para a coleta e transporte deste recurso (SIMPSON & NEFF, 1981; ALVES-DOS-SANTOS, 2007; VOGEL & MACHADO, 1991).

A tribo Centridini constitui um dos mais importantes e diversificados grupos de abelhas coletoras de óleos, com ampla distribuição nas Américas, especialmente na região Neotropical. Essa tribo reúne, aproximadamente, 167 espécies, incluídas em apenas dois gêneros, *Epicharis* e *Centris* (MICHENER, 2000; SILVEIRA *et al.*, 2002). Estas abelhas visitam as flores de numerosas espécies de plantas em busca de pólen, néctar e óleos florais (AGUIAR *et al.*, 2003), e funcionam como polinizadores-chave de muitas plantas nativas dos ecossistemas tropicais (SCHLINDWEIN, 2000), bem como de plantas nativas exploradas pelas populações humanas para extrativismo, como o murici (*Byrsonima crassifolia*) (REGO *et al.*, 2006) e o caju (*Anacardium occidentale*) (FREITAS & PAXTON, 1998), e de plantas cultivadas, como a aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) (RAW, 1979; FREITAS *et al.*, 1999; FREITAS & PEREIRA, 2004; SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; VILHENA & AUGUSTO, 2007; SIQUEIRA *et al.* 2011; GUEDES *et al.*, 2011), o maracujá-doce (*Passiflora alata*) (GAGLIANONE *et al.*, 2010) e o cafeeiro (*Coffea arabica*) (VEDDELER *et al.*, 2008).

Assim como no ambiente natural, as áreas cultivadas também necessitam de serviços de polinização para a produção de frutos e sementes e/ou são beneficiadas com a presença dos polinizadores, resultando em aumento da produção e da qualidade dos produtos agrícolas (KREMEN *et al.*, 2008; AIZEN *et al.* 2009). Segundo Klein *et al.*

(2007), das 57 espécies vegetais mais cultivadas no mundo, 39 têm a sua produtividade aumentada pela ação de animais polinizadores e, destes, as abelhas são consideradas os principais polinizadores, sendo responsáveis pela polinização de, aproximadamente, 30% de todas as espécies cultivadas (FAO, 2004).

Recentemente, houve aumento no interesse pela pesquisa sobre a importância das abelhas nativas como polinizadores de diferentes culturas brasileiras, tendo como perspectiva, selecionar espécies nativas com potencial para o manejo, visando a obtenção de serviços de polinização que incrementem a produtividade agrícola. Vários exemplos ao redor do mundo demonstraram que é possível a utilização dos serviços de polinização por abelhas solitárias em escala comercial, como o manejo das espécies *Megachile rotundata* e *Nomia melanderi*, em culturas de alfafa (BOSCH & KEMP, 2005), *Osmia cornuta* (BOSCH, 1994a), *Osmia lignaria* (BOSCH *et al.*, 2006) e *Osmia cornifrons* (BOSCH & KEMP, 2001) em culturas de maçã, ameixa e amêndoas. O potencial de manejo para a polinização de culturas de outras espécies de abelhas tem sido investigado ao redor do mundo, incluindo espécies que ocorrem na América do Sul, como as do gênero *Xylocopa* (FREITAS & OLIVEIRA-FILHO, 2003; YAMAMOTO, 2010) e, mais recentemente, *Centris* spp em cultura de acerola (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; OLIVEIRA & SCHLINDWEIN, 2009). No entanto, para o estabelecimento de um sistema de manejo de polinizadores, é necessário um amplo conhecimento sobre vários aspectos biológicos dos polinizadores e da planta cultivada (BOSCH & KEMP, 2002).

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae) é originária das Antilhas, América Central, e norte da América do Sul, e ganhou especial atenção quando foi descoberto um elevado teor de ácido ascórbico nos seus frutos. Sua cultura foi introduzida em vários países do mundo, inclusive no Brasil em 1955, mas ganhou importância econômica apenas quatro décadas depois, quando o seu plantio foi estabelecido em várias regiões (MOSCOSO, 1956; MARINO-NETO, 1986; OLIVEIRA & SOARES-FILHO, 1998). Apesar de ser uma planta que produz frutos tanto por mecanismos de autogamia quanto de alogamia, diversos estudos comprovaram que a frutificação alcança níveis mais satisfatórios quando ocorre polinização cruzada, realizada por abelhas (MARTINS *et al.*, 1999; SCHLINDWEIN, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2011). Vários estudos tem apontado a importância de espécies de Centridini, especialmente as abelhas incluídas no gênero *Centris*, na polinização da aceroleira

(RAW, 1979; FREITAS *et al.*, 1999; SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; VILHENA & AUGUSTO, 2007, SIQUEIRA *et al.*, 2011; GUEDES *et al.*, 2011). Desde os primeiros estudos sobre a polinização desta planta (por ex. YAMANE & NAKASONE, 1961) já havia sido verificada relação entre a baixa frutificação nos pomares e a ausência destes polinizadores. Mais recentemente, em um estudo realizado na região semiárida do Nordeste do Brasil, foi verificado um déficit de polinização no período seco, no qual a abundância de abelhas do gênero *Centris* foi menor quando comparada ao período chuvoso (GUEDES *et al.*, 2011).

Apesar de vários estudos sobre os polinizadores da aceroleira em cultivos já terem sido realizados no Brasil, enfocando aspectos como riqueza, abundância e/ou biologia das abelhas polinizadoras (FREITAS *et al.*, 1999; MARTINS *et al.*, 1999; SILVA, 2004; SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; VILHENA & AUGUSTO, 2007; OLIVEIRA & SCHILINDWEIN, 2009; PINA & AGUIAR, 2011; SIQUEIRA *et al.*, 2011; GUEDES *et al.*, 2011; MACHADO, 2011), ainda há muitas lacunas no conhecimento sobre as demandas de polinização desta cultura em diferentes regiões do país e sobre as populações destes polinizadores. Além disso, apenas um estudo investigou a eficiência de polinização de uma espécie de Centridini em cultura de aceroleira (FREITAS *et al.*, 1999, que avaliou a eficiência de *C. tarsata* como polinizador de aceroleira na região litorânea do estado do Ceará).

A efetividade das diferentes espécies como polinizadores da aceroleira com base em parâmetros como eficiência de polinização após uma visita, deposição de pólen no estigma, entre outros, ainda não foi bem elucidada. Esses estudos são ainda escassos e pontuais e não há dados disponíveis para várias espécies de polinizadores, como *Centris analis*, que é uma espécie abundante em áreas cultivadas com acerola localizadas em regiões litorâneas (OLIVEIRA & SCHILINDWEIN, 2009) e no semiárido (PINA & AGUIAR, 2011) do Nordeste brasileiro. Esses estudos são essenciais para auxiliar nos processos de seleção de espécies candidatas ao manejo para a polinização da cultura em diferentes regiões e para subsidiar o desenvolvimento de técnicas de manejo e/ou conservação de espécies de abelhas nativas em áreas agrícolas (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

A utilização dos serviços de polinização das espécies de *Centris* para a polinização de fruteiras no Brasil, como acerola, caju e maracujá-doce é possível, todavia existem muitos desafios a serem enfrentados. Entre eles, está o conhecimento

insuficiente sobre a riqueza e abundância regional das espécies candidatas ao manejo para a polinização e a elucidação da importância de diferentes polinizadores, em termos de eficiência de polinização, para cada cultura. Neste contexto, propomos a investigação sobre a riqueza e abundância de abelhas Centridini e a eficiência de polinização de *C. aenea* em uma área cultivada com acerola na região do semiárido baiano, como subsídio para o reconhecimento das espécies potencialmente viáveis para o manejo como polinizadores da cultura na região.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Caracterizar a riqueza, abundância e eficiência de polinização de abelhas Centridini (Hymenoptera, Apidae) em uma área cultivada com acerola na região do semiárido baiano, como subsídio para o reconhecimento das espécies potencialmente viáveis para o manejo como polinizadores da cultura na região.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar as espécies de abelhas Centridini que visitam as flores de *Malpighia emarginata* (aceroleira) para coleta de recursos florais em uma área restrita no semiárido baiano;
2. Caracterizar as flutuações temporais na abundância local destas espécies de abelhas nas flores de *Malpighia emarginata*;
3. Verificar o sistema reprodutivo de *Malpighia emarginata* e o grau de dependência desta planta por polinizadores;
4. Avaliar a eficiência de polinização de *Centris aenea*, através da quantificação da taxa de frutificação da aceroleira após uma visita da espécie, deposição de pólen no estigma e da investigação da sua fidelidade floral às flores de *Malpighia emarginata*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em um pomar de aceroleira situado no distrito de Maria Quitéria, município de Feira de Santana (12° 16' S; 38° 58' W) (Figura 1). O clima da região é do tipo semiárido com pluviosidade média anual de 802mm/ano. A temperatura média anual é de 24°C sendo o período mais quente entre outubro e janeiro, com temperatura acima de 30°C, enquanto que as temperaturas mais amenas são registradas entre junho e agosto, variando entre 20°C a 23°C (CEI, 1994). Os dados de temperatura e precipitação médias durante o período de estudo foram obtidos na Estação Climatológica de Feira de Santana e estão apresentados na Figura 2.

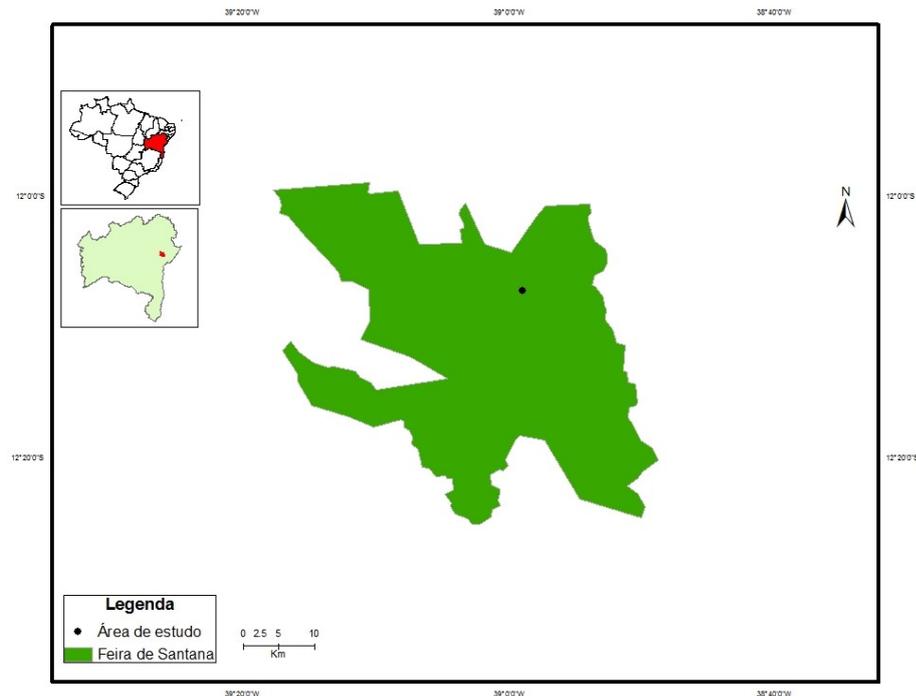


Figura 1. Localização da área de estudo no distrito de Maria Quitéria, município de Feira de Santana, BA.

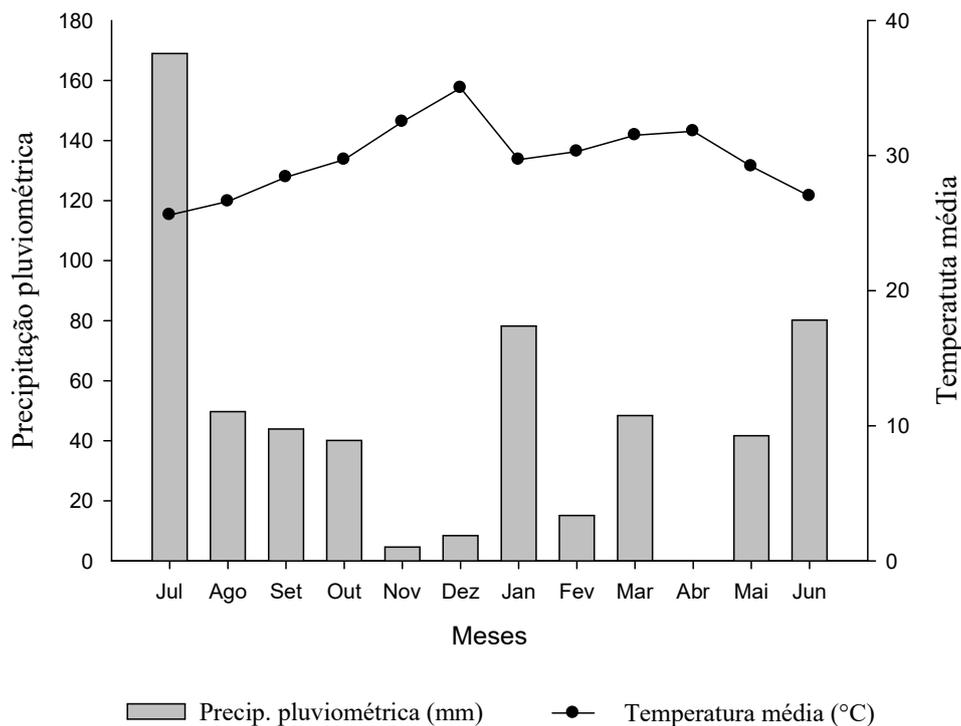


Figura 2. Distribuição da pluviosidade e temperatura mensal durante os meses de amostragem de abelhas nas flores de *Malpighia emarginata* na região do semiárido baiano, Feira de Santana, BA, de julho/10 a junho/11, em Feira de Santana, BA (Estação Climatológica de Feira de Santana, BA).

O pomar de aceroleira possui cerca de 300 indivíduos de *M. emarginata* e localiza-se em uma propriedade rural com cerca de 2 ha, mantida em sistema de agricultura familiar. Além da aceroleira, são cultivados o feijão (*Phaseolus vulgaris*), a mandioca (*Manihot esculenta*) e o milho (*Zea mays* L.). Outras espécies vegetais de interesse agrícola como tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), mangueira (*Mangifera indica*), tamarindeiro (*Tamarindus indica*) e limoeiro (*Citrus limon*) também são mantidas na área, além de plantas ruderais como a jurubeba (*Solanum* sp.), manjeriço (*Ocimum basilicum*), *Turnera* (Turneraceae), *Senna* (Caesalpinaceae), *Salvia*, etc, que se encontram tanto no entorno quanto no interior do plantio (Figura 3). O pomar não possui sistema de irrigação e não foi observado o uso de agrotóxicos. A capina manual é realizada apenas em períodos em que ocorre a maior produção de frutos na cultura (geralmente nos meses de novembro e abril).

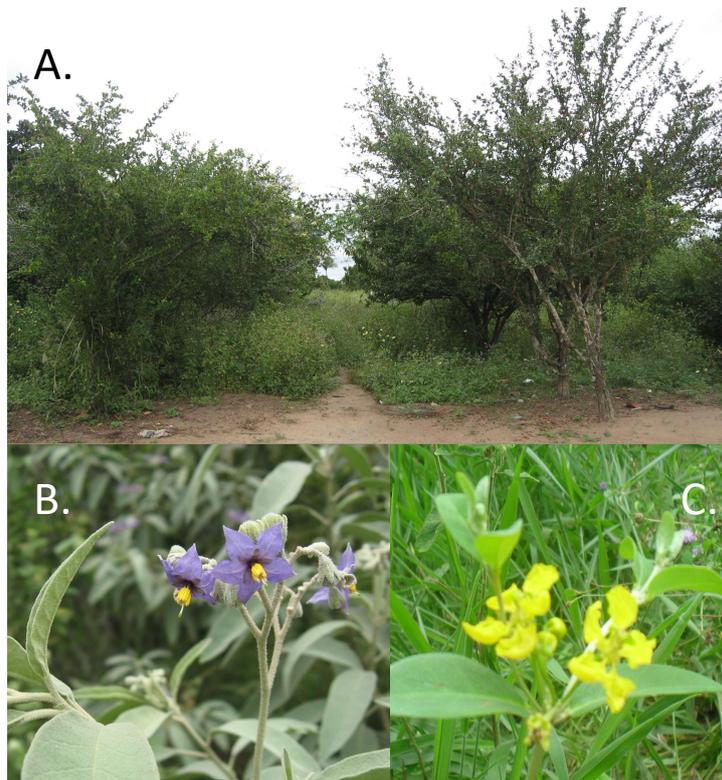


Figura 3. Imagens da área de estudo. **A.** Plantio de aceroleira. **B-C.** Plantas ruderais que crescem no interior e no entorno do plantio. **B.** *Solanum* sp. **C.** *Stigmaphyllon* sp. Fotos: Geane de Oliveira.

A planta estudada - *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae)

Malpighia emarginata é um arbusto de porte médio com 2,5m a 3m de altura e cerca de 7,5 a 10 cm de diâmetro e o tronco é curto e delgado (MOSCOSO, 1956). Produz inflorescências com duas a oito flores nas axilas das folhas (ARAÚJO & MINAMI, 1994). As flores são hermafroditas e apresentam de 2,0 cm a 2,5 cm de diâmetro, cinco pétalas livres com coloração variando do branco ao rosa, com uma das pétalas diferenciada, e cinco sépalas em cuja base se encontra de seis a dez elaióforos. As flores apresentam dez estames e um ovário formado por três carpelos com três estiletos e estigmas que se encontram na mesma altura dos estames (FREITAS *et al.*, 1999; SIQUEIRA *et al.*, 2011) (Figura 4).

A antese ocorre geralmente entre 4h30 e 5h e as flores duram aproximadamente 24 horas. O pólen já se encontra disponível logo após a antese, e o óleo floral é produzido nos botões ainda em pré-antese (FREITAS *et al.*, 1999). O estigma se

encontra receptivo logo após a antese e permanece viável por pelo menos 11 horas. O início da senescência é caracterizado pela coloração esbranquiçada das pétalas (SIQUEIRA *et al.*, 2011). A frutificação ocorre 22 dias após a antese (MARINONETTO 1986).

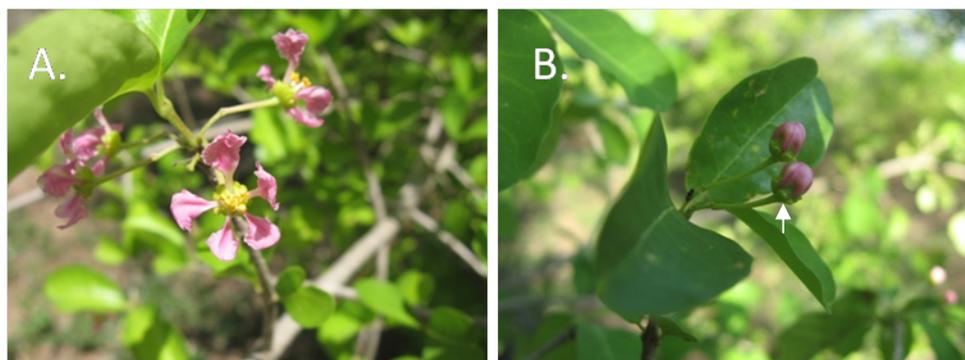


Figura 4. A. Inflorescência de *Malpighia emarginata*. B. Botões florais da espécie. A seta indica a posição das glândulas de óleo (elaióforos).

Amostragem das abelhas

Para avaliar a riqueza local de abelhas visitantes da aceroleira e analisar as flutuações temporais na abundância das espécies, foram realizadas coletas das abelhas durante a visita às flores da aceroleira com rede entomológica, em intervalos de aproximadamente 30 dias, uma vez ao mês, no período de julho de 2010 a junho de 2011. Devido a grande florada da aceroleira em novembro, foi realizada mais uma coleta esporádica neste mês para ampliar os dados de riqueza de espécies. Nos meses de setembro, fevereiro, maio e junho não foi observada floração da aceroleira e, portanto, não houve registro de atividade das abelhas no plantio.

A coleta das abelhas foi realizada, das 7:00 às 17:00 h, durante 30 minutos a cada intervalo de hora. Os espécimes capturados foram sacrificados sob vapor de acetato de etila e transferidos para potes plásticos individuais, com registro do horário de coleta. Em laboratório, foram montados a seco, identificados por comparação com material depositado no acervo da Coleção Entomológica Professor Johann Becker, do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, onde serão depositados. Dados microclimáticos (temperatura e umidade) foram registrados durante os dias de amostragem, em intervalos de uma hora, com o uso de um termohigrômetro.

Sistema reprodutivo de *Malpighia emarginata*

Os experimentos foram conduzidos nos meses de novembro de 2010 e abril de 2011, períodos em que mais de 50% das plantas estavam floridas. Foram realizados experimentos de polinização controlada, seguindo metodologia proposta por DAFNI (1992). Duzentos e quarenta botões em pré-antese foram submetidos aos seguintes tratamentos (n=60 botões por tratamento): 1- autopolinização manual (geitonogamia)- foi realizada a transferência direta de grãos de pólen de flores da mesma planta para o estigma de flores previamente ensacadas com sacos de papel manteiga; 2- autopolinização espontânea - não houve manipulação e as flores foram mantidas ensacadas até a frutificação; 3- polinização cruzada manual, flores previamente emasculadas foram polinizadas com grãos de pólen provenientes de flores de indivíduos co-específicos, distantes espacialmente entre si; 4- Controle - flores foram marcadas e mantidas em condições naturais, acessíveis aos visitantes florais. Nos três primeiros tratamentos, as flores foram mantidas ensacadas até a formação dos frutos.

A verificação da frutificação em todos os testes de polinização controlada foi realizada 15 dias após a realização dos experimentos.

Teste de eficiência de polinização de *Centris aenea* (Apidae, Centridini)

A eficiência de polinização de *Centris aenea*, a espécie mais abundante na área de estudo (*ver resultados*), foi avaliada segundo três critérios: 1 - a proporção de grãos de pólen da aceroleira e de outras espécies vegetais transportados na região ventral de fêmeas desta espécie (n=12) - os grãos de pólen da região ventral foram removidos utilizando-se gelatina glicerinada. Os grãos de cada amostra foram estocados separadamente em tubos de ensaio plástico, contendo 1 ml de ácido acético glacial, por pelo menos 24 horas. Após este período, foi aplicada a técnica de acetólise, seguindo o protocolo proposto por Erdtman (1960), e os grãos foram transferidos para lâminas de vidro. Para cada amostra foram confeccionadas cinco lâminas, quatro com gelatina glicerinada incolor e uma corada com safranina. Sob microscopia ótica, foram contados pelo menos 1.200 grãos por amostra (cerca de 240 grãos por lâmina) e estabelecida a proporção de grãos de pólen de *M. emarginata* em relação a outros tipos polínicos observados; 2 - deposição de grãos de pólen da aceroleira no estigma das flores após

uma visita - foram ensacados 50 botões em pré-antese. Destes, 20 flores (10 previamente emasculadas e 10 não-emasculadas) foram expostas a uma visita de *C. aenea*, e 10 (controle 1) ensacadas para evitar visitação. As 20 flores restantes (10 emasculadas e 10 não-emasculadas) foram expostas à visitação irrestrita (controle 2), durante 10h, das 07h as 17h. Logo após a realização de cada procedimento, os estigmas foram retirados das flores e fixados em lâminas com gelatina glicerinada corada com safranina para a posterior contagem dos grãos de pólen depositados, com o auxílio de um microscópio óptico (x40); 3 – o percentual de frutificação após uma visita desta espécie. Foram ensacados 52 botões em pré-antese no dia anterior ao procedimento. Destes, 25 foram emasculados e 27 não-emasculados. No dia seguinte, depois da antese, as flores foram expostas a uma visita de *C. aenea* e imediatamente re-ensacadas e mantidas desta forma até a frutificação. Como controle, 77 flores foram mantidas ensacadas para evitar visitação e 78 foram expostas à visitação irrestrita. Após 15 dias, a frutificação foi quantificada em todos os tratamentos.

Análise de dados

Para estimar a riqueza de abelhas Centridini nas flores da aceroleira foram utilizados os estimadores Chao 2, que se baseia na incidência de espécies (unicatas e duplicatas) (Colwell, 2004); Jackknife 1, que se baseia no número de *singletons/doubletons* (Colwell, 2004); e ACE, baseado na abundância ou no número de *singletons/doubletons* (Colwell, 2004). Estas análises foram feitas com o auxílio do programa EstimateS Win 8.00.

A frequência de ocorrência das espécies de abelhas Centridini foi calculada através da fórmula $FO = n_i \times 100 / a$, onde **n** é o número de amostras com a espécie **i** e **a** é o número total de amostras (correspondente a um dia de observação). A espécie foi classificada como Muito Frequente (MF) quando a frequência de ocorrência (em porcentagem) foi igual ou superior a 50%; Frequente (F) quando a frequência de ocorrência foi entre 25% e 50%; e Pouco Frequente (PF) quando a frequência de ocorrência foi abaixo de 25% (BUSCHINI & WOLFF, 2006; VILHENA E AUGUSTO, 2007).

A análise de regressão linear simples foi realizada para verificar se havia efeito da temperatura média e precipitação pluviométrica sobre a abundância mensal das

espécies de abelhas Centridini e se havia efeito da temperatura e umidade em cada intervalo de hora na abundância de uma destas espécies.

A comparação do número de grãos de pólen depositados no estigma após diferentes tratamentos foi feita através do teste de Kruskal-Wallis.

Os resultados dos diferentes tratamentos realizados para análise do sistema reprodutivo de *Malpighia emarginata* e de formação de frutos após uma visita foram comparados através do Qui-quadrado (χ^2).

Todos os testes estatísticos foram realizados no programa Past (HAMMER *et al.*, 2001) e tiveram nível de decisão $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Riqueza e abundância de abelhas Centridini

Um total de doze espécies de abelhas incluídas na tribo Centridini foram registradas visitando as flores de *Malpighia emarginata* em Feira de Santana: *Centris* (*C.*) *flavifrons* Fabricius, (1775), *C. (C.) aenea* Lepeletier, (1841), *C. (Heterocentris) analis* Fabricius, (1804), *C. (Trachina) fuscata* Lepeletier (1841), *C. (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (1841), *C. (H.) tarsata* Smith, (1874), *C. (Melacentris) obsoleta* Lepeletier, (1841), *C. (Ptilotopus) sponsa* Smith, (1854), *Centris* sp.1, *Centris* sp. 2, *Centris* sp. 3 e *Epicharis (Epicharana) flava* Friese, (1900). O número de espécies observado foi o mesmo da riqueza de espécies estimada utilizando os estimadores de riqueza Chao 2 (12.29 ± 2.77), Jackknife 1 (12.28 ± 1.94) e ACE (12.44 ± 3.9). Além disso, pela análise da curva de acumulação de espécies, observa-se que há uma tendência à estabilização e, portanto, praticamente todas as espécies existentes na área foram coletadas (Figura 5).

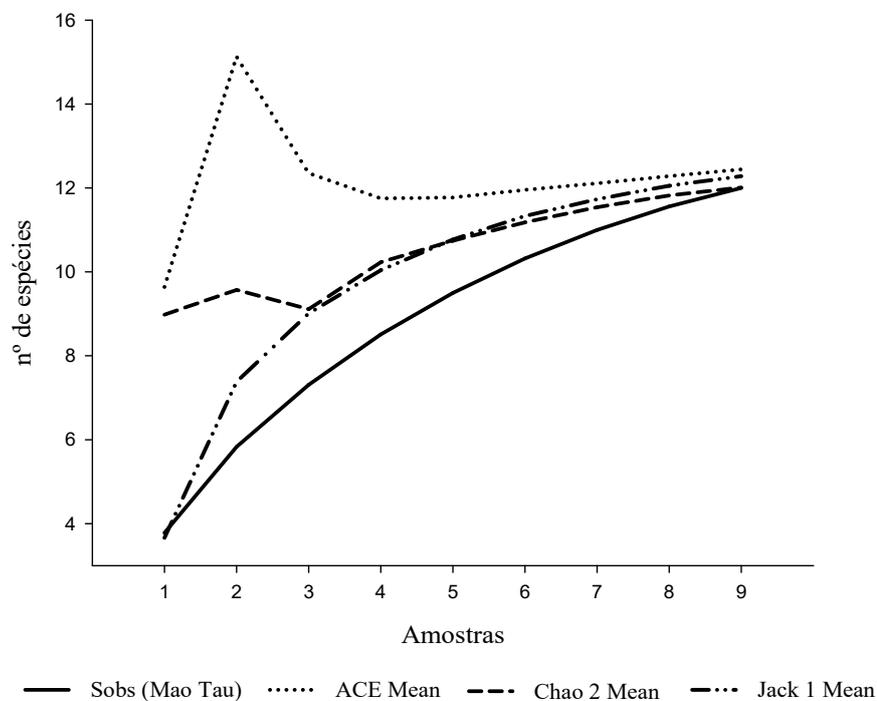


Figura 5. Curva de acumulação de espécies de abelhas Centridini por amostra (um dia de observação) em um pomar de acerola no município de Feira de Santana, BA, no período de julho/10 a junho/11.

Das doze espécies obtidas, *Centris aenea* foi a mais abundante, com 163 espécimes amostrados, representando 66% do total. A segunda espécie mais abundante foi *C. analis* (13%), e as demais espécies em conjunto representaram 20% do total de indivíduos (Figura 6). *C. aenea* e *C. analis* estiveram representadas na maioria dos meses amostrados, sendo consideradas muito freqüentes (MF), de acordo com o valor da frequência de ocorrência (FO) calculado com base nas amostras. Apesar de *C. aenea* ser muito mais abundante se comparada à *C. analis*, a FO destas duas espécies foi muita próxima, uma vez que *C. analis* foi observada na maioria dos meses, apesar de pouco abundante em cada um. A FO das demais espécies está representada na Tabela 1.

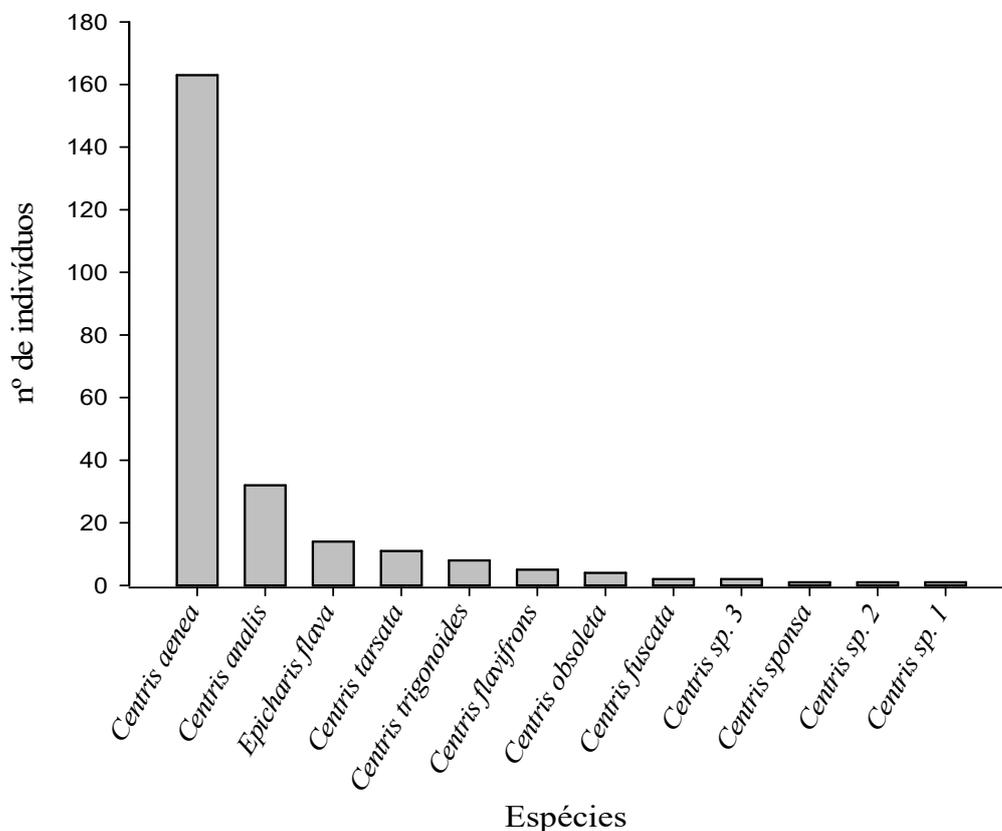


Figura 6. Abundância de espécies de abelhas Centridini em cultivo de aceroleira, no município de Feira de Santana, BA, no período de julho/10 a junho/11.

Tabela 1. Frequência de ocorrência (FO) das espécies de abelhas Centridini em cultivo de acerola em Feira de Santana, Bahia. MF – Muito Frequente; F – Frequente; PF – Pouco Frequente.

Espécies	FO	Classificação
<i>Centris (Centris) aenea</i> (Lepeletier, 1841)	75%	MF
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	62.5%	MF
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	37.5	F
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> (Smith, 1874)	37.5%	F
<i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i> (Lepeletier, 1841)	37.5%	F
<i>Centris (Trachina) fuscata</i> (Lepeletier, 1841)	12%	PF
<i>Centris (Melacentris) obsoleta</i> (Lepeletier, 1841)	12%	PF
<i>Centris (Ptilotopus) sponsa</i> (Smith, 1854)	12%	PF
<i>Centris</i> sp. 1	12%	PF
<i>Centris</i> sp. 2	12%	PF
<i>Centris</i> sp. 3	12%	PF
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900)	25%	F

Durante o período de estudo, houve flutuação temporal na abundância das espécies de Centridini, com picos de frequência de indivíduos nos meses de novembro de 2010 (n=61) e abril de 2011 (n=67) (Figura 7). Nos demais meses, a frequência de indivíduos foi muito baixa ou nenhuma abelha foi coletada no pomar de acerola, como em setembro/10, fevereiro/11, maio/11 e junho/11. *C. aenea* foi coletada em julho/10 e de novembro/10 a abril/11, com picos de abundância nos meses de novembro/10 e

abril/11, coincidindo com os períodos de pico de floração da aceroleira (quando a maior parte das plantas estava florida). *C. analis* foi coletada nas flores de agosto/10 a março/11, sendo mais abundante nos meses em que *C. aenea* esteve ausente ou em baixa frequência. A espécie *Epicharis flava* teve ocorrência restrita praticamente ao mês de abril/11 (Tabela 2).

Não houve correlação entre a temperatura e a frequência mensal de indivíduos de *C. aenea* ($r = 0.48704$, $p = 0.10829$) e *C. analis* ($r = 0.15424$, $p = 0.63221$), bem como não houve correlação entre a precipitação mensal e a frequência destas duas espécies (*C. aenea*: $r = 0.46965$, $p = 0.12343$; *C. analis*: $r = 0.14988$, $p = 0.64198$).

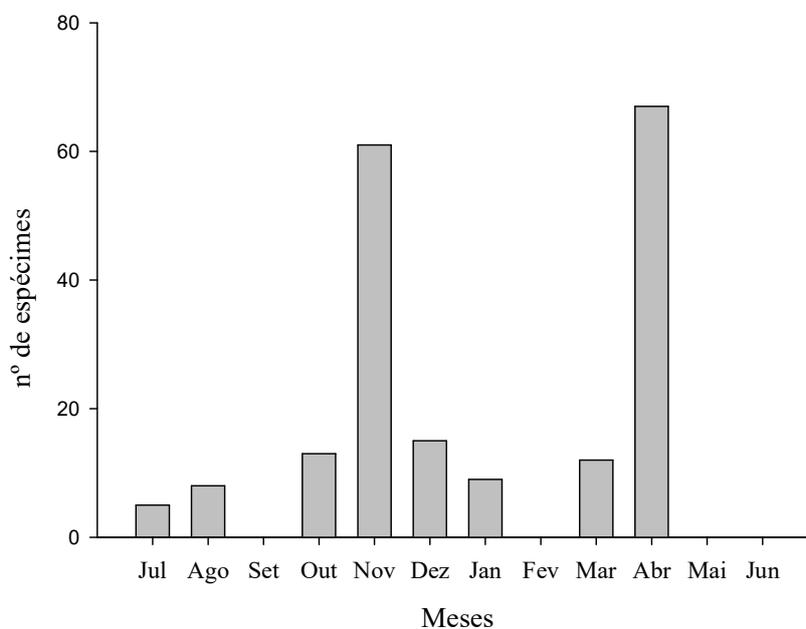


Figura 7. Abundância mensal de abelhas Centridini, no período de julho/10 a junho/11, em uma área cultivada com aceroleira, no município de Feira de Santana, BA.

Tabela 2. Abundância mensal de espécies de abelhas Centridini em uma área cultivada com acerola, no município de Feira de Santana, BA.

Espécies	Meses											
	jul/10	ago/10	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	Jun/11
<i>Centris aenea</i>	1	-	-	-	57	5	3	-	8	47	-	-
<i>C. analis</i>	-	8	-	8	1	6	3	-	4	-	-	-
<i>C. flavifrons</i>	-	-	-	-	-	2	2	-		1	-	-
<i>C. fuscata</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. obsoleta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
<i>C. sponosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>C. tarsata</i>	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>C. trigonoides</i>	-	-	-	4	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Centris</i> sp 1		-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centris</i> sp. 2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centris</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Epicharis flava</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-

Centris aenea apresentou variação no número de indivíduos forrageando nas flores da aceroleira ao longo do dia, nos períodos de maior floração desta planta. Foi observado um aumento acentuado na frequência de indivíduos nas primeiras horas da manhã, decréscimo por volta do meio-dia e, novamente, um aumento no período da tarde, com subsequente decréscimo ao final do dia (Figuras 8 e 9). Não houve correlação entre a abundância de *C. aenea* e a temperatura ao longo do dia nos meses de novembro/2010 ($r = 0.15836$, $p = 0.66214$) e abril/2011 ($p = 0.10483$, $r = 0.77318$).

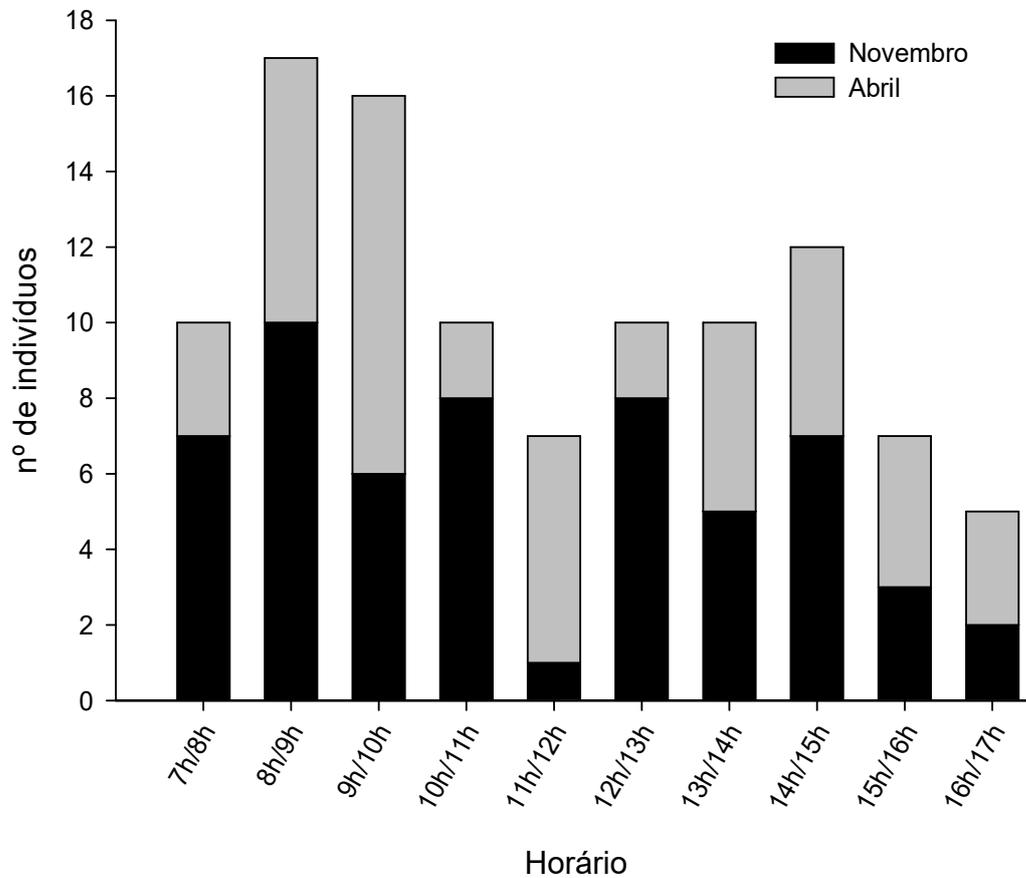


Figura 8. Frequência de indivíduos de *C. aenea* nas flores ao longo do dia em um plantio de aceroleira, no município de Feira de Santana, BA, em novembro de 2010 e abril de 2011.

Nos meses de pico de floração da aceroleira (novembro/10 e abril/11), houve variação na composição de espécies que visitaram as flores de *M. emarginata*. Foram coletadas nos meses de novembro/10 e abril/11, cinco e seis espécies, respectivamente, e apenas *C. aenea* ocorreu em alta abundância nos dois picos de floração, enquanto as demais espécies ocorreram em apenas um deles (Tabela 3).

Tabela 3. Riqueza e abundância de espécies de Centridini nos meses de pico de floração da aceroleira, em um pomar no município de Feira de Santana, BA.

Espécies de abelhas	nov/10	abr/11
<i>Centris aenea</i>	57	47
<i>Centris analis</i>	1	-
<i>Centris</i> sp. 1	1	-
<i>Centris</i> sp. 2	1	-
<i>Centris tarsata</i>	3	-
<i>Centris flavifrons</i>	-	1
<i>Centris obsoleta</i>	-	4
<i>Centris</i> sp. 3	-	2
<i>Centris sponso</i>	-	1
<i>Epicharis flava</i>	-	12

Sistema reprodutivo de *Malpighia emarginata*

Dos quatro tratamentos realizados (autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização natural) para avaliar o sistema reprodutivo e a dependência por polinizadores da espécie cultivada, apenas nos dois últimos foi verificada frutificação.

Através da polinização natural, na qual as flores foram mantidas expostas à visita durante todo o período de duração, e da polinização cruzada manual, o percentual de frutificação foi de 14,5 % e 24%, respectivamente (Tabela 4). Não foi observada diferença significativa no percentual de frutificação entre os dois tratamentos ($\chi^2=1,5905$, $p=0,2072$).

Tabela 4. Frutificação da aceroleira (*Malpighia emarginata*) após quatro diferentes tratamentos, realizados em uma área de cultivo de acerola no município de Feira de Santana-BA. As diferenças no número de flores amostradas, em alguns casos, se devem à perda de algumas delas durante os experimentos.

Tratamentos	nº de flores	nº de frutos formados	Porcentagem (%)
Autopolinização espontânea	53	0	0
Autopolinização manual	53	0	0
Polinização cruzada manual	55	8	14,5
Polinização natural	54	13	24

O número de frutos formados após a polinização natural foi maior do que a quantidade de frutos formados quando as flores foram autopolinizadas manualmente, ou ensacadas e excluídas da visitação de insetos na autopolinização espontânea ($\chi^2=14,524$, $p=0,00013$). O mesmo aconteceu com a polinização cruzada manual em relação a autopolinização manual e espontânea ($\chi^2=8,3258$, $p=0,0039$).

Eficiência de polinização de *Centris aenea*

A análise dos grãos de pólen depositados na região ventral de *C. aenea* revelou que dos 8.496 grãos de pólen contados, 59,2 % foram de *Malpighia emarginata*. Os demais grãos pertenciam a tipos polínicos de outras espécies vegetais como, por exemplo, *Solanum paniculatum*, *Poincianella microphylla*, *Stigmaphyllon* sp., *Salvia* sp.

Após uma visita de *C. aenea*, houve deposição de pólen nos estigmas de todas as flores analisadas, variando de 6 a 51 grãos de pólen em flores emasculadas e de 13 a 67 em flores não-emasculadas, valores que não diferiram estatisticamente ($p=0,9296$). Da mesma forma, na visitação irrestrita, ou seja, onde as flores estavam acessíveis aos visitantes, o número de grãos de pólen depositados em flores emasculadas (2-371 grãos) não diferiu daquele observado em flores não-emasculadas (6-844 grãos), ou seja, os grãos de pólen provenientes da própria flor não influenciam de forma significativa na quantidade de grãos de pólen que podem ser depositados no estigma durante a visita dos polinizadores. Por outro lado, quando comparamos todos os tratamentos, foi observada diferença no número de grãos depositados no estigma (Kruskal-Wallis $\chi^2=10,74$,

$p=0,01324$). Foi observada maior quantidade de grãos de pólen nos estigmas de flores com visitação irrestrita enquanto estigmas de flores ensacadas, sem visitas, não apresentaram grãos de pólen no estigma.

Com relação ao percentual de frutificação após uma visita de *C. aenea*, foi observado sucesso igual a 21%, sendo que em flores previamente emasculadas e não-emasculadas, a porcentagem de frutificação foi de 16% e 25,9%, respectivamente. (Tabela 5). Não houve diferença significativa no número de frutos formados após uma visita de *C. aenea* entre flores emasculadas e não-emasculadas ($\chi^2=0,76$, $p=0,38$).

Tabela 5. Percentual de frutificação após uma visita de *Centris aenea* em flores de aceroleira emasculadas e não-emasculadas em um pomar de acerola, Feira de Santana-BA. FE- Flores emasculadas; FNE- Flores não-emasculadas. A diferença no número de flores amostradas entre os tratamentos se deve às perdas durante o período de amostragem.

Tratamentos	nº de flores	nº de frutos formados	Porcentagem %
Uma visita de <i>C. aenea</i> em FE	25	4	16
Uma visita de <i>C. aenea</i> em FNE	27	7	25,9
Total	52	11	21

A formação de frutos após uma visita de *C. aenea* foi maior que o percentual de frutificação das flores onde a visita destes insetos foi excluída (autopolinização espontânea) ($\chi^2=17,8$, $p=0,0001$), mas não diferiu significativamente da polinização natural, onde as flores foram expostas à visitação irrestrita ($\chi^2=1,46$, $p=0,22$) (Tabela 6).

Tabela 6. Percentual de frutificação após uma visita de *Centris aenea* em flores de aceroleira, Feira de Santana-BA.

Tratamentos	nº de flores	nº de frutos formados	Porcentagem (%)
Após 1 visita de <i>C. aenea</i>	52	11	21
Sem visitação (controle)	77	0	0
Visitação irrestrita (controle)	78	24	30,7

DISCUSSÃO

Riqueza e abundância de espécies de abelhas visitantes das flores da aceroleira

A riqueza de espécies (12) registrada no pomar de aceroleira em Feira de Santana representa uma fração significativa (38%) do total de espécies da tribo Centridini registradas para o estado da Bahia (31) (SILVEIRA *et al.*, 2002). Em nosso estudo, destaca-se a predominância de espécies (11) do gênero *Centris*, enquanto o gênero *Epicharis* foi representado por uma única espécie, similar ao observado em estudos realizados no semiárido do Nordeste do Brasil, nos quais espécies de *Epicharis* não foram registradas entre os visitantes da aceroleira (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2011; GUEDES *et al.*, 2011). Em cultivos de aceroleira estabelecidos no domínio do cerrado, a riqueza de espécies de *Epicharis* foi alta (oito espécies) (VILHENA & AUGUSTO, 2007). DUARTE & SCHLINDWEIN (2003) também destacaram o papel das espécies de *Epicharis* como polinizadores efetivos de *M. emarginata* na Zona da Mata de Pernambuco.

A riqueza de abelhas da tribo Centridini registrada em áreas cultivadas com acerola no Brasil apresenta grandes variações, que podem estar associadas às diferenças no esforço de amostragem empreendido em diferentes estudos, à extensão total do período de amostragem (se as coletas foram realizadas em um único mês ou se foram distribuídas por vários meses) e às características do entorno (por exemplo, a existência ou não de áreas de vegetação preservadas nas proximidades dos cultivos). VILHENA & AUGUSTO (2007) encontraram maior riqueza de espécies de Centridini, registrando 13 espécies de *Centris* e oito espécies de *Epicharis* visitando flores de aceroleira em uma área cultivada circundada por vegetação de cerrado e mata de galeria no Triângulo Mineiro (Uberlândia, MG). Este estudo teve um dos maiores esforços de amostragem, distribuído por vários meses, e a área cultivada estava situada próximo a manchas de vegetação natural. Em uma área cultivada na Zona da Mata de Pernambuco, SCHLINDWEIN *et al.*, (2006) obtiveram 10 espécies de Centridini (oito espécies de *Centris* e duas de *Epicharis*) em Paudalho (PE), e nove espécies em outra área em João Pessoa (PB), em cultivos da EMEPA próximos à vegetação de tabuleiro costeiro preservada.

Uma riqueza de espécies ligeiramente menor do que a encontrada em nosso estudo foi relatada por MACHADO (2011), que registrou nove espécies de Centridini (seis espécies de *Centris* e três de *Epicharis*) em uma área restrita no Recôncavo baiano (Cruz das Almas, BA). Dois estudos realizados no semiárido revelaram riqueza de espécies menor para esta tribo, SIQUEIRA *et al.*, (2011) obtiveram cinco espécies, todas do gênero *Centris*, em Petrolina (Pernambuco) e GUEDES *et al.*, (2011) registraram apenas 4 espécies de *Centris* em uma área no semiárido paraibano (Patos, PB). Em uma área cultivada com acerola no litoral do Ceará (Fortaleza) também foram registradas poucas espécies de Centridini (duas espécies de *Centris*) (FREITAS *et al.*, 1999), enquanto MARTINS *et al.*, (1999) registraram apenas duas espécies de abelhas Centridini visitando as flores de *M. emarginata*.

A riqueza de espécies de Centridini relativamente elevada encontrada em nosso estudo também deve estar, em algum grau, associada à presença de uma variedade de espécies vegetais no interior e no entorno do cultivo, as quais fornecem pólen e néctar para essas abelhas, complementando os recursos florais providos pela aceroleira, conforme apontado por SANTOS (2011).

Das doze espécies obtidas em Feira de Santana, *C. aenea* foi a mais abundante (163 indivíduos, 66% do total) e *C. analis* foi a segunda espécie mais abundante (13%). Em amostragens de visitantes em flores de acerola no domínio do Cerrado (VILHENA, 2009), na Zona da Mata Atlântica pernambucana, no litoral de João Pessoa (PB) e no domínio da caatinga (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006), no semiárido baiano (SIQUEIRA *et al.*, 2011) e no Recôncavo baiano (MACHADO, 2011), *C. aenea* também foi a espécie mais abundante. Associado ao seu comportamento de coleta de recursos florais, que resulta em polinização efetiva das flores de acerola, o parâmetro abundância é indicativo da grande importância desta espécie para a polinização desta cultura em diferentes regiões.

A segunda espécie mais abundante nas flores da aceroleira em Feira de Santana, *Centris analis*, foi considerada por OLIVEIRA & SCHLINDWEIN (2009) um dos polinizadores da aceroleira com bom potencial para manejo visando a obtenção de serviços de polinização em uma área sob domínio da floresta Atlântica em Pernambuco, uma vez que as fêmeas nidificam em cavidades artificiais, possuem longo período de atividade e alta frequência de nidificação em área cultivada com acerola. *C. analis* foi considerada uma das espécies mais abundantes nas flores de aceroleira em duas áreas no

domínio da Mata Atlântica, Paudalho (PE) e João Pessoa (PB) (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006). Estes autores destacaram que, comparada a outras espécies de Centridini, *C. analis* apresentou maior fidelidade floral à aceroleira, com 89% dos grãos de pólen da escopa sendo de *M. emarginata*. Estudos anteriores (PINA & AGUIAR, 2011) sobre frequência de nidificação de espécies de abelha em cavidades artificiais revelaram uma alta frequência de estabelecimento de ninhos por esta espécie, neste mesmo pomar em Feira de Santana onde amostramos as abelhas nas flores. Apesar da predominância desta espécie nos ninhos artificiais neste pomar (PINA & AGUIAR, 2011) e da grande importância do pólen da aceroleira para a alimentação das suas larvas (SANTOS, 2011), nosso estudo indicou que a abundância de *C. analis* nas flores da aceroleira foi relativamente pequena, estando muito abaixo daquela registrada para *C. aenea*, espécie que nidifica no solo (AGUIAR & GAGLIANONE, 2003).

Em nosso estudo observamos uma baixa frequência de indivíduos de *C. tarsata* nas flores de aceroleira, o que concorda com os resultados encontrados por PINA & AGUIAR (2011) sobre a baixa frequência de nidificação desta espécie em ninhos-armadilha instalados neste pomar. No Triângulo Mineiro esta espécie foi também pouco representada nas flores da aceroleira (nove indivíduos, 2% do total) (VILHENA & AUGUSTO, 2007), enquanto no Recôncavo baiano sua frequência foi baixa nas flores (0 e 7% em dois meses diferentes), mas foi elevada nos ninhos-armadilha (31%) (MACHADO, 2011). Por outro lado, *C. tarsata* foi a espécie mais abundante nas flores da aceroleira no litoral cearense (Fortaleza), tendo sido considerada por FREITAS *et al.*, (1999) o principal polinizador da aceroleira, tomando como base o comportamento de coleta de recursos florais e a frequência de suas visitas nas flores. Esta espécie apresenta hábitos de nidificação que lhe conferem bom potencial para ser manejada como polinizador, mas avaliações regionais mais detalhadas sobre sua abundância em flores de aceroleira e em ninhos devem ser conduzidas para esclarecer melhor seu potencial como espécie manejável para a polinização da cultura da aceroleira.

A variação temporal na riqueza e abundância das abelhas Centridini pode ser atribuída a fatores relacionados às próprias características das espécies visitantes ou, até mesmo, por variações nos fatores ambientais, como a temperatura, a umidade (VILHENA, 2009) e a precipitação (PRICE *et al.*, 2005). Apesar de não ter sido encontrada correlação significativa entre os fatores ambientais analisados (a temperatura e a precipitação pluviométrica) e a abundância mensal de abelhas Centridini neste

estudo, sabe-se que estes fatores afetam diretamente o florescimento das plantas, principalmente a aceroleira que é extremamente dependente da água para produzir flores (GUEDES *et al.*, 2011) e, portanto, alteram a disponibilidade de recursos alimentares para as abelhas. Com relação à aceroleira, a disponibilidade de outros recursos também pode afetar a frequência de visitas das abelhas nas suas flores, uma vez que, espécies vegetais que florescem em sincronia com a planta cultivada podem ser mais atrativas em determinados períodos (WASER & PRICE, 1991).

A variação na abundância de *C. analis* e *C. aenea* demonstrou que *C. analis* esteve em maior frequência nos meses em que *C. aenea* estava ausente ou em baixa frequência e, geralmente, nos meses de baixa floração da aceroleira. Isto sugere complementaridade fenológica (Blüthgen & Klein, 2010) das duas espécies, uma vez que ambas podem ser importantes para a polinização da aceroleira em diferentes períodos de floração: *C. aenea* nos picos de floração da espécie e *C. analis* em períodos de baixa florada.

Houve variação na riqueza e abundância entre os meses de pico de floração da aceroleira. VILHENA (2009) também observou diferenças na composição de espécies de abelhas Centridini entre dois períodos de florescimento da aceroleira em diferentes anos (2006/2007 e 2007/2008) e concluiu que mesmo com a substituição de espécies, não houve comprometimento do serviço de polinização na cultura, evidenciando um efeito compensatório, onde na falta de uma espécie, outra realiza a função, de forma a diminuir o impacto sobre a planta.

Flutuações temporais na abundância de espécies de abelhas Centridini também foram observadas por MACHADO (2011) que comparou a abundância destas espécies em cultivo de acerola com o realizado por SILVA (2004) no mesmo pomar. A autora observou que no ano em que foram realizadas suas coletas (2008), as espécies mais abundantes foram *C. aenea* e *C. varia*, enquanto SILVA (2004) verificou maior frequência para *C. fuscata* e *Epicharis flava*. O fato de *C. fuscata* não ter sido coletada por MACHADO (2011), apesar de muito frequente em 2004, levou a autora a sugerir que a população desta espécie sofreu um declínio local.

C. aenea foi a única espécie que manteve a frequência alta e quase inalterada entre os meses de pico de floração da aceroleira no período amostrado. No entanto, como as populações das espécies podem sofrer flutuações anuais, como já foi observado

(VILHENA, 2009; MACHADO, 2011), são necessários estudos posteriores nesta área para verificar como se comporta a população desta espécie.

Polinização de *Malpighia emarginata*: dependência por polinizadores e eficiência de *C. aenea*

Com base nos resultados dos experimentos de polinização de *Malpighia emarginata* realizados neste estudo, a planta não produziu frutos a partir de autopolinização, tanto espontânea quanto manual e, portanto, apresentou algum mecanismo de autoincompatibilidade. Estudos realizados por SCHLINDWEIN *et al.*, (2006), e VILHENA (2009) verificaram frutificação da aceroleira via autopolinização manual, mas o percentual foi baixo, revelando também um certo grau de autoincompatibilidade da planta. No entanto, outros autores verificaram taxas mais altas de frutificação após a autopolinização manual (taxa de 20% por MARTINS *et al.*, (1999); 16,7% por GUEDES *et al.*, (2011); 30% por SILVA (2004); de 11,3%% a 35,3% por SIQUEIRA *et al.*, (2011). Inclusive, neste último estudo, os autores ressaltaram a importância deste tipo de polinização para garantir a frutificação das diferentes variedades de aceroleira nos períodos secos, em que a frequência dos polinizadores foi baixa. Outros estudos enfocando os mecanismos de reprodução da espécie são necessários para verificar quais os fatores que influenciam no grau de incompatibilidade.

Assim como na autopolinização manual, através da autopolinização espontânea também não houve formação de frutos. Mesmo nos estudos em que houve vingamento de frutos, a taxa de frutificação foi menor que a obtida pela autopolinização manual e muito abaixo da taxa após a polinização cruzada (FREITAS *et al.*, 1999; MARTINS *et al.*, 1999; SIQUEIRA *et al.*, 2011).

Neste estudo foi verificada frutificação da aceroleira apenas após a polinização cruzada. O percentual obtido para a polinização cruzada manual (14,5%) foi baixo se comparada aos valores obtidos em outros estudos. FREITAS *et al.*, (1999) verificaram um percentual de frutificação de 23,8% através da polinização cruzada manual, enquanto SCHLINDWEIN *et al.*, (2006) e GUEDES *et al.*, (2011) observaram porcentagens altas de frutificação para este tratamento, de 45% e 50%, respectivamente.

O maior percentual de frutificação foi obtido após a polinização natural, apesar de não ter sido verificada diferença estatística entre esta e a polinização cruzada manual. No entanto, se comparado a outros estudos que verificaram percentuais de frutificação após a polinização natural de 53% (MARTINS *et al.*, 1999) e 53,3%, no período chuvoso (GUEDES *et al.*, 2011), a porcentagem de frutificação obtida neste trabalho (24%) foi considerada baixa. LOPES *et al.*, (2000) atribuem estas variações no percentual de frutificação da aceroleira a fatores climáticos, genéticos (variedade da planta) e, principalmente, à abundância de polinizadores. YAMANE & NAKASONE (1961) sugeriram que a baixa frutificação obtida em cultivo de acerola no Hawaii estava associada à insuficiência de polinizadores. Mais recentemente, GUEDES *et al.*, (2011) verificaram um déficit de polinização da aceroleira no semiárido pernambucano no período seco, quando a abundância de polinizadores se encontra bem abaixo da observada no período chuvoso. Como em nosso estudo, os experimentos de polinização foram realizados nos períodos em que a abundância de polinizadores foi alta, o pequeno percentual de frutificação natural não foi atribuído à falta de polinizadores. Sugerimos que a pequena produção de frutos a partir da polinização natural encontrada no nosso estudo pode estar relacionada à característica da própria aceroleira que é uma planta em que é relativamente comum o aborto de óvulos (MIYASHITA *et al.*, 1964) e, portanto, mesmo produzindo muitas flores, a quantidade de frutos formados pode ser pequena, ou a fatores ambientais, como falta de água por exemplo, uma vez que no pomar de estudo não há qualquer tipo de sistema de irrigação ou manejo da cultura.

Apesar de a polinização natural ter sido baixa, a aceroleira depende da ação dos polinizadores para produzir frutos e as abelhas Centridini são os principais agentes. Dentre as espécies de Centridini, *C. aenea* foi a mais abundante nas flores, principalmente nos picos de floração da aceroleira e, portanto, com maiores chances de polinizar de forma eficiente esta planta.

A análise dos grãos de pólen depositados na região ventral do tórax de *C. aenea* demonstrou fidelidade floral desta espécie à aceroleira, uma vez que quase 60% dos grãos pertenciam a esta espécie vegetal. SIQUEIRA *et al.*, (2011) também observaram que esta espécie de abelha, quando forrageando em cultivo de acerola, demonstra fidelidade às flores desta planta, com alta proporção de grãos de pólen de aceroleira (mais de 85% dos grãos) em relação a outros tipos polínicos, em plantio de acerola em Petrolina, Pernambuco. Esta medida é importante para verificar a eficiência de um

polinizador, uma vez que a possibilidade de polinização efetiva aumenta se um número maior de grãos depositados no estigma for da própria espécie vegetal (DAFNI, 1992), o que reduz a contaminação do estigma com grãos de pólen heteroespecíficos, que poderiam obstruí-lo e, por conseguinte, diminuir as chances de frutificação e a efetividade da visita do polinizador (SLAA & BIESMEIJER, 2005).

Apesar do número de grãos de pólen depositados no estigma das flores da aceroleira após uma visita de *C. aenea* ter sido mais baixo que o verificado após a visitação irrestrita, o percentual de frutificação da aceroleira após uma visita desta espécie foi estatisticamente igual ao obtido através da polinização natural. Desta forma, a quantidade de pólen depositado no estigma após uma visita é suficiente para produzir frutos.

No estudo realizado por Freitas *et al.*, (1999), no qual foi avaliada a eficiência de *C. tarsata* após uma visita às flores da aceroleira, foi verificado que a visita desta espécie resultou em formação de frutos. No entanto, como o percentual de frutificação foi baixo (6,7%) se comparado ao obtido através da polinização irrestrita (30%), os autores sugeriram que mais de uma visita de *C. tarsata* é necessária para produzir níveis satisfatórios de frutos. A diferença na eficiência de polinização após uma visita de *C. tarsata* e *C. aenea* pode ser atribuída, entre outros fatores, ao tamanho corporal das espécies (*C. tarsata* é de tamanho pequeno e *C. aenea* de tamanho médio), uma vez que a superfície corporal afeta a quantidade de pólen que pode ser aderido ao corpo (quanto maior a superfície corporal, maior a área para aderência de grãos) (CRUDEN & MILLER-WARD, 1981) e, assim, *C. aenea* seria capaz de comportar um maior número de grãos de pólen, com uma área maior de contato com o estigma e, por consequência, maior probabilidade de que os grãos, principalmente da região ventral, alcancem o estigma após uma visita. Assim, para *C. tarsata*, seria necessário um maior número de visitas de forma a compensar a menor eficiência na deposição de pólen após uma visita. No entanto, estudos comparando a eficiência destas duas espécies são necessários para comprovar esta hipótese.

Outros estudos apontaram a importância de *C. aenea* como polinizadora da aceroleira, levando em consideração seu comportamento nas flores e abundância (VILHENA 2009; SIQUEIRA *et al.*, 2011). No entanto, nenhum deles avaliou a eficiência desta espécie com base nos critérios aqui utilizados. Considerando a abundância, a fidelidade floral, a deposição de pólen no estigma e a eficiência desta

espécie após uma visita às flores da aceroleira, nossos resultados sustentam que *C. aenea* é a espécie com maior importância para a polinização desta cultura na região estudada. A manutenção de áreas no entorno da cultura com solo arenoso e vegetação natural, oferecendo locais para nidificação e diversidade de fontes de recursos florais, especialmente de néctar que não é provido pela aceroleira, é importante para manter as populações nas áreas cultivadas. A pesquisa sobre o manejo das populações de *C. aenea* lidará com grandes desafios, uma vez que as fêmeas nidificam exclusivamente no solo, e que o conhecimento sobre as demandas biológicas envolvidas neste hábito de nidificação é atualmente mais incipiente do que sobre as espécies de *Centris* que nidificam em cavidades preexistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C.M. L.; ZANELLA, F.C.V; MARTINS, C.F.; CARVALHO, C.A.L. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na caatinga para obtenção de recursos florais. **Neotropical Entomology** 32 (2): 247-259.

AGUIAR, C.M.L & GAGLIANONE, M.C. 2003. Nesting biology of *Centris aenea* Lepelletier (Hymenoptera: Apidae:Centridini).**Revista Brasileira de Zoologia** 20 (4): 601-606.

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

AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAN, S. A.; KLEIN, A. M. 2009. How much does agriculture depends on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany** 103: 1579-1588.

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

ARAÚJO, P.S.R. de. & MINAMI, K. 1994. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill 8.

BOSCH, J. 1994a. Improvement of field management of *Osmia cornuta* (Latreille) (Hymenoptera, Megachilidae). **Apidologie** 25: 71-83.

BOSCH, J., & W. P. KEMP. 2001. **How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator**. Sustainable Agriculture Network (SAN), Handbook Series 5. U.S. Dep.Agric., Washington, DC.

BOSCH & KEMP. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera:Megachilidae) and fruit trees. **Bulletin of Entomological Research** 92: 3-16.

BOSCH, J., & W. P. KEMP. 2005. Alfalfa leafcutting bee population dynamics, flower availability, and pollination rates in two Oregon alfalfa fields. **J. Econ. Entomol.** 98: 1077-1086.

BOSCH, J.; KEMP, W. P.; TROSTLE, G. E. 2006. Bee population returns and cherry yields in an orchard pollinated with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). **J.Econ. Entomol.** 99: 408-413.

BUCHMANN, S. L. 1987. The Ecology of oil flowers and their bees. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 18: 343-369.

BUSCHINI, M. L. T. & WOLFF, L. L. 2006. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Braz. J. Biol.** 66 (4): 1091-1101.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (CEI-BA). 1994. **Informações Básicas dos Municípios Baianos**: Região Paraguaçu: 1-877. CEI, Salvador.

COLWELL, R.K. 1994-2004. **User's guide to EstimateS5 statistical. Estimation of species richness and shared species from samples.** Version 7.0.0. Copyright.

CRUDEN, R.W & MILLER-WARD, S., 1981. Pollen-ovule ratio, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen-bearing area of the pollinator: an hypothesis. **Evolution** 35: 964-974.

DAFNI, A. 1992. **Pollination Ecology: A Practical Approach.** Oxford University Press, Oxford, UK.

DUARTE, M. O. & C. SCHLINDWEIN. 2003. Espécies de *Centris* e *Epicharis* (Apidae, Centridini) como polinizadores de *Malpighia emarginata* (acerola-Malpighiaceae) na Zona da Mata em Pernambuco. **Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, Brazil.

ERDTMAN, G. 1960. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift** 54 (4): 561-564.

FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (eds.) Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. **Imprensa Universitária**. Fortaleza, Brasil. p. 19-2.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; BRANDÃO, G. F.; ARAUJO, Z. B. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators *Centris* bees, in NE Brazil. **J. Agric. Sci** 133.

FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA. 2005. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, São Paulo 80: 44-46.

FREITAS, B. M.; OLIVEIRA FILHO, J. H. de. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**. 33(6): 1135-1139

FREITAS, B. M.; PAXTON. R. J. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology** 35: 109-121.

FREITAS, B. M. & PEREIRA, J. O. P. 2004. Crop consortium to improve pollination: Can West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate cashew (*Anacardium occidentale*)? IN.: FREITAS, B. M. **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária.

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-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. **Oecologia Australis** 14(1): 152-164.

GUEDES, R. da S.; ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F.; SCHLINDWEIN, C. 2011. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal – SP 33 (2): 465-471.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and analysis. **Paleontologia Electronica** 4 (1): 9 p.

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

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society** 274: 303-313.

KREMEN, C. 2008. Crop Pollination Services From Wild Bees. In: James, R. R & Pitts-Singer, T. L. (eds). **Bee Pollination in Agricultural Ecosystems**. Oxford University Press

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H. & LOPES, M.T.G. 2000. Polinização e vingamento de frutos em aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura** 22 (3):314-317.

MACHADO, C. S. 2011. **Biologia de nidificação e dieta das larvas dos polinizadores efetivos de *Malpighia emarginata* D.C. em uma área restrita do recôncavo da Bahia**. Tese de doutorado. Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

MARINO-NETTO, L. 1986. **Acerola: A Cereja Tropical**. São Paulo: Nobel.

MARTINS, C. G. M., LORENZON, M. C. A., BAPTISTA, J. L. 1999. Eficiência de tipos de polinização em acerola. **Caatinga**, Mossoró – RN, 12 (1/2):55-59.

MICHENER, C. D. 2000. **The Bees of the World**. Baltimore: The John Hopkins University Press.

MIYASHITA, R. K.; NAKASONE, H.Y.; LAMOUREUX, C.H. 1964. Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra* L.). Honolulu, Hawaii, **Hawaii Agricultural Experimental Station**, Technical Bulletin 63.

MOSCOSO, C. G. 1956. West Indian Cherry – Richest known source of natural vitamin C. **Economic Botany** 10: 280-294.

OLIVEIRA, R. & SCHLINDWEIN, C. 2009. Searching for manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera:Apidae:Centridini). **J.Econ. Entomol** 102 (1):265-273.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. 1998. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (eds.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina, Embrapa Semi-Árido; Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

PALMER, T.D.; STANTON, M. L.; YOUNG, T. 2003. Competition and coexistence: exploring mechanisms that restrict and maintain diversity within mutualist guilds. **The American Naturalist** 162: 63-79.

PINA, W da C.2010. **Nidificação de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apidae) em ninhos artificiais, em pomares de acerola, na região do semiárido baiano**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana.

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 (2).

PRICE, M. V.; WASER, N. M.; IRWIN, R. E.; CAMPBELL, D. R.; BRODY, A. K. 2005. Temporal and spatial variation in pollination of a montane herb: a seven-year study. **Ecology** 86(8): 2106–2116.

RAW, A. 1979. *Centris dirrhoda* (Anthophoridae), the bee visiting West Indian cherry Bowers (*Malpighia puniceifolia*). **Rev. Biol. Trop.** 27: 203-205.

REGO, M. M.C.; ALBUQUERQUE, P. M.C.; RAMOS, M. C.; CARREIRA, L. M. 2006. Aspectos da Biologia de Nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos Principais Polinizadores do Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. **Neotropical Entomology** 35(5):579-587.

SANTOS, R. M. 2011. **Análise do pólen nas provisões larvais de *Centris (Heterocentris) analis* Fabricius, 1804 (Apidae, Centridini) em agroecossistema com cultivo de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) no semiárido baiano.** Dissertação de Mestrado, Feira de Santana, BA.

SCHLINDWEIN, C. 2000. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. p. 131-141. In **Anais IV Encontro Abelhas**, Ribeirão Preto, USP.

SCHLINDWEIN, C., MARTINS, C. F., ZANELLA, F. C. V., ALVES, M. V., CARVALHO, A. T., DARRAULT, R. O., DUARTE JR., J. A., OLIVEIRA, M. D., FERREIRA, A. G., GUEDES, R. S., FERREIRA, R. P., PINTO, C. E., SILVEIRA, M. S. & VITAL, M. T. A. B. 2006. Diagnóstico e manejo dos polinizadores de mangabeira e aceroleira. In: **VII Encontro sobre abelhas**, SP. Simpósios. Ribeirão Preto, SP: USP.

SILVA, F.O.; VIANA, B.F.; NEVES, E.L. 2001. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Neotropical Entomology** 30 (4): 541-545.

SILVA, L.C.V. 2004. **Aspectos da polinização de *Malpighia emarginata* D.C. em Cruz das Almas, Bahia.** Dissertação de mestrado. Cruz das Almas, BA.

SILVEIRA, F. A., MELO, G. A., ALMEIDA, E. A. 2002. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária.

SIMPSON, B.B. & NEFF, J. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 68: 301-322.

SIQUEIRA, K.M.M. de; MARTINS, C. F.; KIILL, L. H. P.; SILVA, L. T. 2011. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). **Revista Caatinga**, Mossoro 24 (2): 18-25.

SLAA, J., & BIESMEIJER, K. 2005. Flower constancy. In A. Dafni, P. G. Kevan, & B. C. Husband (Eds.), **Practical pollination biology** (381-400). Cambridge, Ontario, Canada: Enviroquestion.

SOARES-FILHO, W. S. & OLIVEIRA, J. R. P. 1998. **Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento**. IN.: **Simpósio de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste do Brasil**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido.

VEDDELER, D.; OLSCHESKI, R.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M. 2008. The contribution of non-managed social bees to coffee production: new economic insights based on fam-scale yield data. **Agroforestry Systems** 73: 109-114.

VILHENA, A.M.G.F. & AUGUSTO, S.C. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Triângulo Mineiro. **Biosci. J.** 23 (1): 14-23.

VILHENA, M. G. F. 2009. **Polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) em área do triângulo mineiro: riqueza de espécies, nicho trófico, conservação e manejo**. Dissertação de mestrado. UFU-Uberlândia, Minas Gerais.

VOGEL, S. & MACHADO, I.C.S. 1991. Pollination of four sympatric species of *Angelonia* (Scrophulariaceae) by oilcollecting bees in NE Brazil. **Plant Systematic and Evolution** 178: 153-178.

WASER, N. M., & M. V. PRICE. 1991. Reproductive costs of self fertilization in *Ipomopsis aggregata* (Polemoniaceae): Are ovules usurped? **American Journal of Botany** 78:1036–1043.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. de. 2010. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* Deneger). **Oecologia Australis** 14(1): 174-192.

YAMANE, G. M. & NAKASONE, H. H. 1961. Pollination and fruit set studies of acerola (*Malpighia glabra* L.) in Hawaii. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science** 78, 141-148.

ZAPATA, T.R. & ARROYO, M.T.K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica** 10(3): 221-230.

CAPÍTULO II

**ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) QUE
NIDIFICAM EM CAVIDADES ARTIFICIAIS EM UMA ÁREA
CULTIVADA COM ACEROLEIRA (*MALPIGHIA EMARGINATA*,
MALPIGHIACEAE) NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BAIANO**

RESUMO

Dentre as espécies de abelhas que nidificam em cavidades preexistentes, algumas do gênero *Centris* tem sido apontadas como potenciais polinizadores da aceroleira e candidatas ao manejo para serviços de polinização. O objetivo deste estudo foi caracterizar a riqueza, a abundância e as flutuações temporais na frequência de nidificação das abelhas que nidificam em ninhos-armadilha, em uma área de plantio de acerola na região do semiárido baiano. O estudo foi realizado em Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/2011. Foram disponibilizados doze blocos de madeira (seis com comprimento de 5 cm e seis com comprimento de 10 cm e diâmetro de 0,8cm) perfurados com 56 orifícios contendo ninhos-armadilha confeccionados com cartolina preta. Foram obtidos 282 ninhos estabelecidos por seis espécies: *Centris analis*, *C. tarsata*, *C. trigonoides*, *Megachile dentipes*, *Megachile* sp. e *Epanthidium maculatum*. *C. analis* e *C. tarsata* tiveram maiores frequências de nidificação, sendo responsáveis por 52,8% e 36,5% do total de ninhos, respectivamente. O número de ninhos obtidos nas cavidades de 10 cm (n=264) foi significativamente maior que nas cavidades de 5 cm (n=19). Houve atividade de nidificação das abelhas em todos os meses de amostragem, com maior frequência nos meses de novembro/10 a janeiro/11. Os inimigos naturais associados às abelhas nidificantes registrados foram uma espécie de Bombyliidae sp. (Diptera), *Coelioxys* sp. (Megachilidae), *Mesocheira bicolor* (Apidae), *Leucospis* sp. (Leucospidae) e um microhimenóptero (Chalcidoidea) não identificado.

Palavras-chave: aceroleira, abelhas solitárias, *Centris*, ninhos-armadilha, biologia de nidificação.

ABSTRACT

Among the species of bees that nest in preexisting cavities, some of the genus *Centris* has been identified as potential pollinators of West Indian cherry and candidates for the management of pollination services. The aim of this study was to characterize the richness, abundance and temporal fluctuations in the frequency of trap-nesting bees in an area of orchard of West Indian cherry in semiarid region of Bahia. The study was conducted in Juazeiro, BA, from the October/10 to August/2011. Twelve wooden blocks (six with a length of 5 cm and a length of six 10 cm), perforated with 56 holes containing trap nests made of black cardboard, were made available. 282 nests were obtained for six species: *Centris analis*, *C. tarsata*, *C. trigonoides*, *Megachile dentipes*, *Megachile* sp. and *Epanthidium maculatum*. *C. analis* and *C. tarsata* had higher nesting frequencies, accounting for 52.8% and 36.5% of total nests, respectively. The number of nests made in holes 10 cm (n = 264) was significantly higher than in the holes of 5 cm (n = 19). There was activity of bees nesting in all months of sampling, most often in the months of November/10 to January/11. Natural enemies associated with the bees were: a species of Bombyliidae sp. (Diptera), *Coelioxys* sp. (Megachilidae), *Mesocheira bicolor* (Apidae), *Leucospis* sp. (Leucospidae) and an unidentified microhymenoptera (Chalcidoidea).

Keywords: West Indian cherry, solitary bees, *Centris*, trap nests, nesting biology

INTRODUÇÃO

Apesar das abelhas solitárias serem maioria dentro do grupo Apoidea (MICHENER, 2000), muitos aspectos da biologia das espécies brasileiras são desconhecidos, devido especialmente às dificuldades de localização dos seus locais de nidificação, que pode ser no solo, termiteiros, cavidades preexistentes, dentre outros (COVILLE *et al.*, 1983; VINSON *et al.*, 1987; ROUBIK 1989; CAMILLO *et al.*, 1995; LAROCA *et al.*, 1993; AGUIAR & GAGLIANONE, 2003; RAMOS *et al.*, 2007).

A partir da década de 60, com o trabalho pioneiro de Karl Krombein sobre nidificação de abelhas e vespas utilizando a técnica de ninhos-armadilha (KROMBEIN, 1967) foi possível ampliar o conhecimento sobre vários aspectos da biologia e ecologia de abelhas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes, uma vez que muitos outros estudos ao redor do mundo foram mais facilmente conduzidos com o uso desta técnica (GARÓFALO, 2004). Nestes estudos foi possível obter informações sobre a dinâmica populacional dessas espécies (JAYASINGH & FREEMAN, 1980), sobre a composição e abundância das espécies que compõem a guilda de nidificadores de cavidades (CAMILLO *et al.*, 1995; AGUIAR *et al.*, 2005; BUSCHINI, 2006; GAZOLA & GARÓFALO, 2009), sobre a biologia de nidificação (MORATO *et al.*, 1999; PEREIRA *et al.*, 1999; JESUS & GARÓFALO, 2000; AGUIAR & GARÓFALO, 2004; AGUIAR *et al.*, 2006; MENDES & RÊGO, 2007; dentre outros), sobre as implicações das modificações dos habitats para as comunidades de abelhas (FRANKIE *et al.*, 1998), sobre as preferências de habitats e sítios para nidificação (FRANKIE *et al.*, 1988; FRANKIE & NEWSTROM, 1993), sobre as fontes de recursos florais utilizados na dieta das larvas (MENDES & RÊGO, 2007; OLIVEIRA & SCHLINDWEIN, 2009; DÓREA *et al.*, 2009, 2010a, 2010b), sobre os parasitas associados aos ninhos destas espécies (GAZOLA & GARÓFALO 2003; 2009) e indicação das espécies potencialmente manejáveis para serviços de polinização em culturas agrícolas (BOSCH & KEMP, 2002; OLIVEIRA & SCHLINDWEIN, 2009).

No Brasil, o conhecimento sobre a biologia das abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha tem avançado muito nas últimas duas décadas (1990-2010). Nesse período foram realizados estudos sobre a riqueza de espécies e suas frequências de nidificação em áreas de cerrado (CAMILLO *et al.*, 1995), em dunas litorâneas (VIANA *et al.*, 2001), na floresta amazônica (MORATO & CAMPOS, 2000), em fragmentos de

Mata Atlântica e vegetação savânica de tabuleiros costeiros (AGUIAR & MARTINS, 2002), em fragmentos de florestas semidecíduais (AGUIAR *et al.*, 2005; GAZOLA & GARÓFALO, 2009), em floresta de araucária (BUSCHINI, 2006) e na caatinga (AGUIAR *et al.*, 2005). Alguns estudos similares foram realizados em áreas urbanas (ALVES-DOS-SANTOS 2003; DRUMMOND *et al.*, 2008). Mais recentemente, a biologia de nidificação de algumas espécies de abelhas que nidificam em cavidades artificiais foi investigada em áreas cultivadas com acerola (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; OLIVEIRA & SCHLINDWEIN 2009; MESQUITA *et al.*, 2009; PINA & AGUIAR, 2011; MACHADO, 2011) e maracujá (FREITAS & OLIVEIRA-FILHO, 2001, 2003; OLIVEIRA FILHO & FREITAS, 2003; MARCHI & MELO, 2010), cujos potenciais polinizadores são espécies de abelhas solitárias que nidificam em cavidades artificiais, como as do gênero *Xylocopa* e *Centris*.

Muitas espécies de abelhas incluídas nas tribos Centridini, Tetrapediini e Tapinotaspidini, apresentam uma íntima associação ecológica com espécies de plantas silvestres e cultivadas que fornecem óleos florais (VOGEL, 1974; ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2007), como a aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) e, portanto, é esperado encontrar espécies destes grupos de abelhas nidificando dentro ou no entorno dos cultivos desta fruteira. Vários estudos evidenciaram a importância das espécies do gênero *Centris* como polinizadores da aceroleira (FREITAS *et al.*, 1999; SCHLINDWEIN *et al.*, 2006; VILHENA & AUGUSTO 2007; SIQUEIRA *et al.*, 2011; GUEDES *et al.*, 2011, dentre outros).

Muitas espécies de abelhas coletoras de óleo nidificam em cavidades preexistentes, e aceitam diferentes tipos de ninhos artificiais como substrato para nidificação. No Brasil, a nidificação de várias espécies de *Centris* em ninhos-armadilha já foi registrada, como *C. tarsata* (SILVA *et al.*, 2001; AGUIAR & MARTINS, 2002; AGUIAR & GARÓFALO 2004; BUSCHINI & WOLFF, 2006; MENDES & RÊGO, 2007, GAZOLA & GARÓFALO, 2009; MESQUITA *et al.*, 2009), *C. trigonoides* (AGUIAR *et al.*, 2006), *C. dichrotricha*, *C. bicornuta* (MORATO *et al.*, 1999), *C. vittata* (PEREIRA *et al.*, 1999; MESQUITA *et al.*, 2009), *C. terminata* (DRUMMONT *et al.*, 2008), *C. labrosa* (GAZOLA & GARÓFALO, 2009) e *C. analis* (MORATO *et al.*, 1999; JESUS & GARÓFALO, 2000; GARÓFALO, 2008; GAZOLA & GARÓFALO, 2009; PINA & AGUIAR, 2011), assim como de várias espécies de *Tetrapedia*, como *T. diversipes* (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2002; CAMILLO, 2005; CORDEIRO *et al.*,

2010), *T. curvitaris*, *T. rugulosa* e *T. garofalo* (CAMILLO, 2005) e de espécies incluídas em outros gêneros de abelhas (GAZOLA & GARÓFALO, 2009; dentre outros).

Levando em consideração aspectos como abundância, comportamento das fêmeas nas flores e facilidade de aceitação de ninhos artificiais, as espécies *Centris analis* e *C. tarsata* foram apontadas como potenciais candidatas ao manejo para a polinização dirigida da aceroleira, nos estados de Pernambuco (OLIVEIRA & SCHLINDWEIN, 2009), Paraíba (SCHLINDWEIN *et al.*, 2006) e Ceará (FREITAS *et al.*, 1999). Para o estado da Bahia ainda existem poucos dados sobre a riqueza de espécies e abundância de abelhas do gênero *Centris* que nidificam em cavidades artificiais em plantios de acerola (PINA & AGUIAR, 2011; MACHADO, 2011), de modo que são necessários outros estudos para elucidar melhor aspectos referentes à abundância das diferentes espécies em áreas cultivadas com acerola e os fatores limitantes para a expansão do tamanho populacional destes polinizadores, como a incidência de mortalidade e de ataques por inimigos naturais. Estes estudos geram informações que podem contribuir para processos futuros de seleção de espécies de abelhas candidatas ao manejo para a polinização desta cultura na região.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Caracterizar a riqueza e a abundância de abelhas que nidificam em cavidades artificiais (ninhos-armadilha) em uma área de plantio de aceroleira na região do semiárido baiano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar as espécies de abelhas que nidificam em cavidades artificiais em uma área de plantio de acerola na região do semiárido baiano;
2. Descrever as flutuações temporais na abundância destas abelhas, por meio do registro das frequências de ninhos estabelecidos mensalmente pelas espécies que nidificarem nas cavidades artificiais disponibilizadas;
3. Investigar se há diferenças na ocupação dos ninhos-armadilha de diferentes comprimentos pelas espécies de abelhas nidificantes.
4. Identificar os inimigos naturais associados aos ninhos destas espécies e registrar dados de incidência de parasitismo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em um pomar de aceroleira situado no município de Juazeiro, Bahia (09° 23' 29,6 S''/ 40° 24' 36,5 O'') (Figura 1), no período de outubro/2010 a agosto/2011. O município de Juazeiro está localizado no extremo norte da Bahia, à margem direita da zona do médio e baixo São Francisco. O clima da região é do tipo semiárido, com temperaturas que variam de 24,5 °C a 28,6 °C. O período chuvoso se concentra nos meses de novembro a abril e a estação seca inicia-se em maio e se estende até outubro (Embrapa 2011).

O pomar de aceroleira no qual a amostragem foi realizada está incluído no Projeto de Irrigação Mandacaru, que faz parte do pólo de irrigação mais desenvolvido do Vale do São Francisco. O pomar localiza-se numa área de seis hectares com cerca de 800 plantas, cuja produção é destinada à exportação. No entorno do cultivo há outras plantas de interesse agrícola, como a mangueira (*Mangifera indica* L.), coqueiro (*Cocos nucifera* L.), bananeira (*Musa* sp.), melancia (*Citrullus vulgaris*), dentre outras, e uma área com vegetação de caatinga degradada. O sistema de irrigação no cultivo de acerola é por gotejamento e microaspersão, e faz-se uso de defensivos agrícolas em pequena quantidade e de forma controlada.

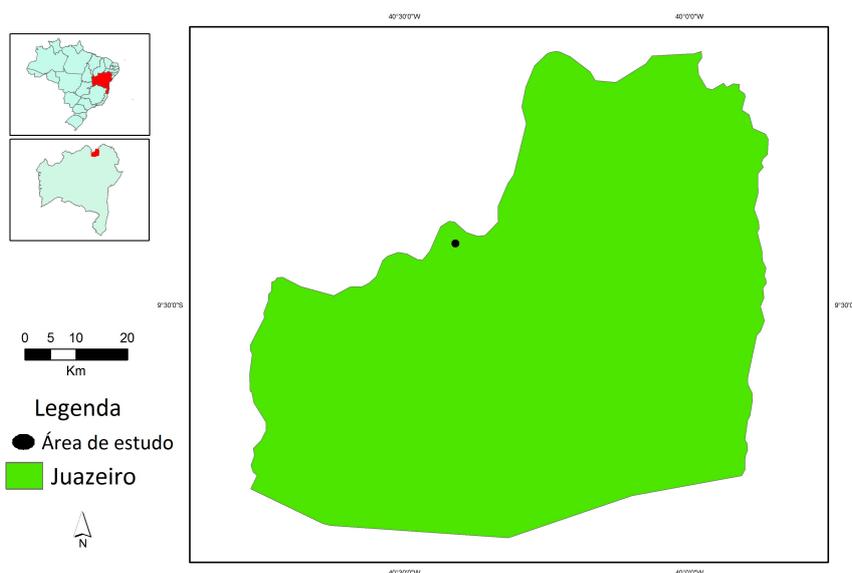


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Juazeiro, BA.

Amostragem

Os ninhos-armadilha disponibilizados foram do tipo bloco sólido de madeira, com 56 cavidades (orifícios) em cada bloco. Cada orifício abrigou um tubo confeccionado com cartolina preta, fechado na extremidade com o mesmo material. Foram utilizados tubos com comprimentos de 5 cm e 10 cm, e diâmetro de 0,8 cm. Doze blocos de madeira foram disponibilizados, em dois pontos de amostragem distantes entre si 149 m; em cada ponto de amostragem foi instalada uma estante de aço para abrigar seis blocos de madeira com ninhos-armadilha (três com ninhos-armadilha de 10 cm e três com ninhos-armadilha de 5 cm). As estantes foram cobertas com telha de amianto para evitar exposição dos ninhos ao sol e a chuva.

Os ninhos-armadilha foram inspecionados mensalmente com o auxílio de um otoscópio, para verificar se houve estabelecimento de ninhos (conforme descrito em AGUIAR *et al.*, 2005). Os ninhos fundados foram retirados e substituídos por ninhos-armadilha novos. Em laboratório, foram colocados em tubos de ensaio, fechados com algodão e observados até a emergência dos imagos. Após a emergência, os adultos foram sacrificados, para montagem a seco e posterior identificação. Após pelo menos 60 dias da retirada do campo, os ninhos e células de cria foram abertos para a análise do seu conteúdo (número de células construídas e de imaturos mortos nos diferentes estágios de desenvolvimento). A identificação das espécies foi feita pelo Dr. Fernando C. V. Zanella, da UFCG, Patos, PB.

Os dados macroclimáticos foram obtidos no site da Embrapa semiárido (<http://www.cpatia.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/cem-mes.html>) (Figura 6).

Análise de dados

Para comparar o número de ninhos fundados e de células de cria construídas em ninhos-armadilha de diferentes comprimentos (5 e 10 cm) foi utilizado o teste de Mann-Whitney. O teste do Qui-quadrado (teste de aderência) foi utilizado para verificar se a razão sexual observada em cada espécie foi a igual à esperada (1M:1F). O teste de regressão linear simples foi realizado para verificar se houve efeito da temperatura média e precipitação na frequência mensal de nidificação e no número de células construídas pelas espécies de abelhas. Os testes do Qui-quadrado, de Mann-Whitney e a

regressão linear simples foram disponibilizados pelo programa Past (HAMMER *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Ocupação dos ninhos armadilha (=NA) pelas abelhas

Foi obtido um total de 283 ninhos no pomar de acerola em Juazeiro, estabelecidos por seis espécies de abelhas: *Centris analis* Fabricius, (1804), *C. tarsata* Smith, (1874), *C. trigonoides* Lepeletier, (1841), *Megachile* sp., *Megachile dentipes* Vachal, (1909) e *Epanthidium maculatum* Urban, (1992). *C. analis* e *C. tarsata* tiveram as maiores frequências de nidificação, sendo responsáveis por 52,6% e 36% do total de ninhos fundados, respectivamente. As demais espécies de abelhas fundaram poucos ninhos, representando em conjunto 11,34% dos ninhos fundados (Tabela 1). Foram obtidos 24 ninhos (8,5%) de *Megachile*, mas em sete deles não foi possível identificar a espécie uma vez que os ninhos tinham todos os imaturos mortos. Em ao menos um caso confirmado, *C. tarsata* e *C. analis* nidificaram na mesma cavidade (ninho “misto”), sendo as primeiras células pertencentes à primeira espécie e as últimas à segunda.

Tabela 1. Frequência de nidificação de espécies de abelhas em um cultivo de acerola em Juazeiro, de outubro de 2010 a agosto de 2011.

Família	Tribo	Espécies	nº de ninhos	Porcentagem (%)
Apidae	Centridini	<i>Centris analis</i>	149	52,6
		<i>C. tarsata</i>	102	36
		<i>C. trigonoides</i>	2	0,7
Megachilidae	Megachilini	<i>Megachile</i> sp.	9	3,2
		<i>Megachile dentipes</i>	8	2,8
	Anthidiini	<i>Epanthidium maculatum</i>	5	1,8

As duas classes de tamanho de NA disponibilizados (comprimentos de 5 e 10 cm) foram ocupadas pelas abelhas. No entanto, o número de ninhos obtidos nas cavidades de 10 cm (n=264, 93%) foi significativamente maior do que nas cavidades de 5 cm (n=19) (U= 2.33, p=0,01). Todas as espécies de abelhas estabeleceram ninhos nas cavidades de 10 cm, sendo que *C. analis* e *C. tarsata* fundaram a maioria dos ninhos (144 e 100 ninhos, respectivamente) em tubos de 10 cm. Os ninhos-armadilha com 5 cm

de comprimento foram ocupados por *C. analis*, *C. tarsata*, *Megachile* sp e *M. dentipes* (Figura 2).

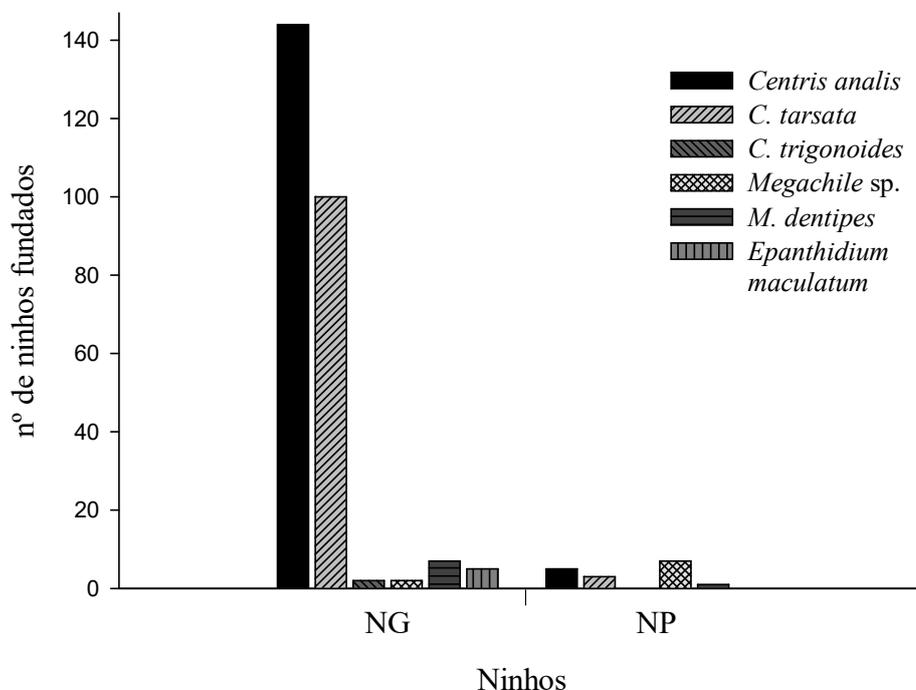


Figura 2. Número de ninhos fundados em ninhos-armadilha de diferentes comprimentos em um pomar de acerola em Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11. NG: Ninhos-armadilha de 10 cm de comprimento; NP: Ninhos-armadilha de 5 cm de comprimento.

Células de cria, Emergência e Razão sexual

As fêmeas de *Centris analis* construíram e provisionaram um total de 422 células de cria. O número de células por ninho variou de um a seis; a maioria dos ninhos-armadilha de 10 cm apresentou três células ($n=39$, 27% do total), e o número médio de células por ninho foi $2,83 \pm 1,28$. Nos ninhos-armadilha com 5 cm de comprimento, o número de células variou de um a três, com média de $1,8 \pm 0,37$. Assim como *C. analis*, o número de células construídas nos ninhos-armadilha de 10 cm estabelecidos por *C. tarsata* variou de um a seis, sendo mais frequentes os ninhos com uma única célula ($n=36$, 36% do total). Devido ao pequeno número de ninhos estabelecidos por *C. analis* e *C. tarsata* nas cavidades de 5 cm, não foi possível compará-los quanto ao número de células construídas.

Do total de células construídas pelas abelhas, emergiram 520 imagos, a partir de 208 dos 282 ninhos obtidos. Nos 74 ninhos restantes, não houve emergência de imagos, uma vez que os indivíduos haviam morrido dentro do ninho. *C. analis* foi a espécie com maior número de imagos que emergiram (n=335), seguida por *C. tarsata* (n=110). Poucos adultos emergiram dos ninhos das demais espécies (Figura 3). Dos 335 adultos de *C. analis* que emergiram, 329 (92,8%) foram criados em ninhos-armadilha de 10 cm e apenas 6 indivíduos emergiram de ninhos-armadilha de 5 cm, enquanto que em *C. tarsata* apenas um indivíduo foi criado em ninhos pequenos (1,81%).

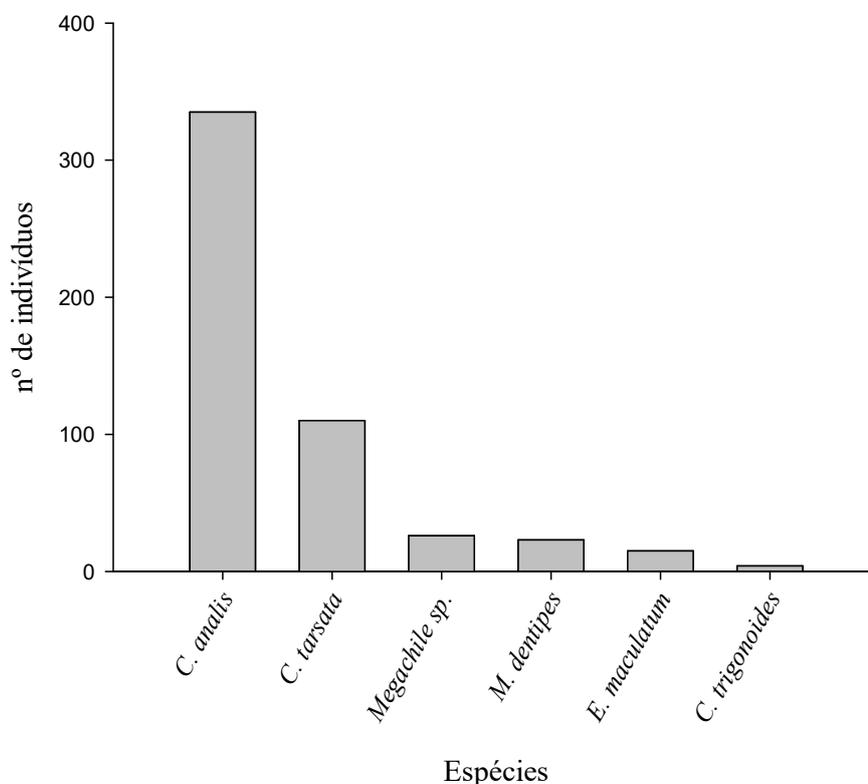


Figura 3. Número de indivíduos adultos que emergiram a partir dos ninhos de espécies que nidificaram em NA disponibilizados em plantio de acerola em Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.

Os imaturos (n=11) de sete ninhos (um de *C. analis* e seis de *C. tarsata*) não haviam concluído seu desenvolvimento quando os ninhos foram abertos, sugerindo a existência de diapausa. Em um ninho de *C. analis* fundado em janeiro/11 e aberto em setembro/11, havia uma pré-pupa viva na primeira célula. Em seis ninhos de *Centris*

tarsata fundados em março/11 e abril/11 e abertos em setembro/11, foram encontradas sete pré-pupas, duas pupas e um adulto neonato em desenvolvimento (Figura 4).



Figura 4. Pupa de *C. tarsata* em desenvolvimento em um ninho fundado em março/2011 e aberto em setembro 2011.

Dos ninhos de *C. analis* emergiram 206 machos e 102 fêmeas, que somados a 12 machos e 9 fêmeas mortos dentro das células de cria, resultaram em uma razão sexual de 1,96M:1F, que difere significativamente de 1:1 ($\chi^2=34.8$, $p<0,0001$). Dos ninhos-armadilha de 10 cm emergiram 202 machos e 101 fêmeas, que somados a 8 machos e 8 fêmeas encontrados mortos nas células de cria, resultou em uma razão de 2M:1F. Dos ninhos-armadilha de 5 cm emergiram 4 machos e 1 fêmea, mas não foi possível determinar a razão sexual devido ao pequeno número de ninhos. Emergiram 26 adultos dos ninhos de *Megachile* sp., sendo 18 machos e 8 fêmeas, que somado a 1 fêmea encontrada morta na células de cria, obteve-se uma razão sexual de 2M:1F.

Distribuição temporal da atividade de nidificação

Houve atividade de nidificação das abelhas ao longo de todo o período de amostragem (outubro/10 a agosto/11) em Juazeiro. As maiores frequências mensais de

nidificação ocorreram nos meses de novembro/10 a janeiro/11, com um pico de abundância de ninhos fundados em dezembro (n=89). As freqüências mensais de nidificação foram menores de fevereiro a agosto (Figura 5). As espécies com maior freqüência de nidificação, *C. analis* e *C. tarsata*, nidificaram na maior parte do período de amostragem (Tabela 2), estabelecendo um número maior de ninhos na transição primavera/começo do verão (outubro/novembro a janeiro), com picos de abundância em dezembro, e grande diminuição da atividade de nidificação a partir do meio do outono (maio/junho) e durante o inverno (junho/agosto). *Megachile dentipes* apresentou estação de nidificação no outono (março a maio), voltando a nidificar em novembro, e *Megachile* sp. nidificou principalmente no mês de janeiro.

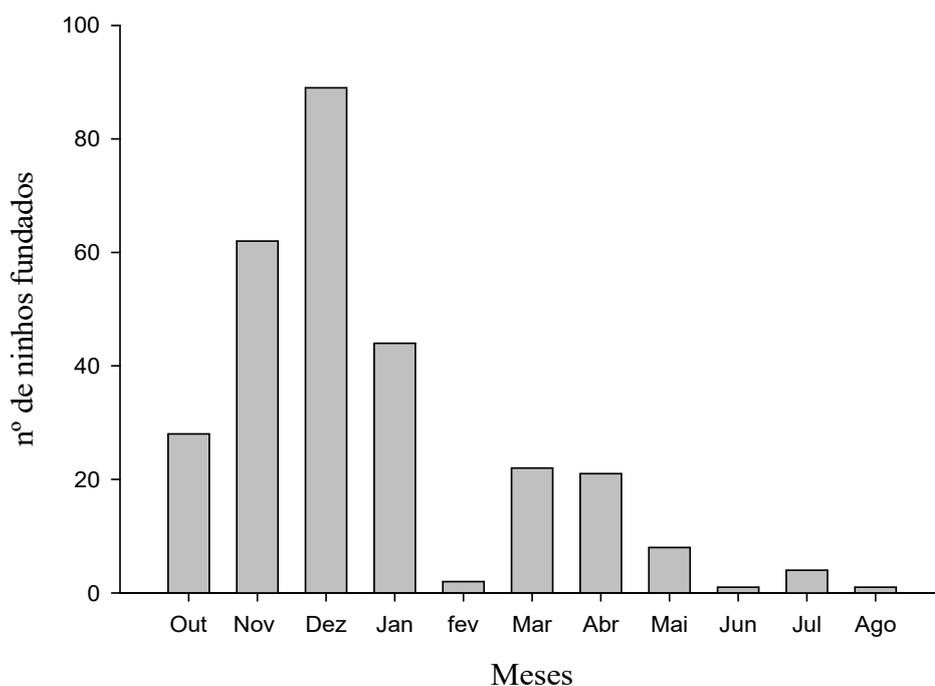


Figura 5. Número de ninhos de abelhas fundados em ninhos-armadilha disponibilizados em um plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.

Tabela 2. Abundância mensal de ninhos fundados por diferentes espécies de abelhas nidificantes em um plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.

Espécies	Meses										
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
<i>Centris analis</i>	5	40	57	29	2	11	3	1	-	1	-
<i>C. tarsata</i>	22	19	30	6	-	6	14	5	-	-	1
<i>C. trigonoides</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Megachile dentipes</i>	-	2	-	-	-	1	3	1	-	1	-
<i>Megachile sp.</i>	-	-	2	6	-	1	-	-	-	-	-
<i>Epanthidium maculatum</i>	-	-	-	-	-	3	1	1	-	-	-

Houve correlação significativa e positiva entre a precipitação pluviométrica e as frequências mensais de nidificação das duas espécies de abelhas mais abundantes no cultivo de acerola em Juazeiro: *C. analis* ($r = 0.6169$, $p = 0.0431$) e *C. tarsata* ($r = 0.6127$, $p = 0.0450$). Com relação à temperatura média e a frequência mensal de nidificação destas abelhas, houve correlação significativa entre as duas variáveis apenas para *C. tarsata* ($r = 0.6628$, $p = 0.0262$) (Figura 6).

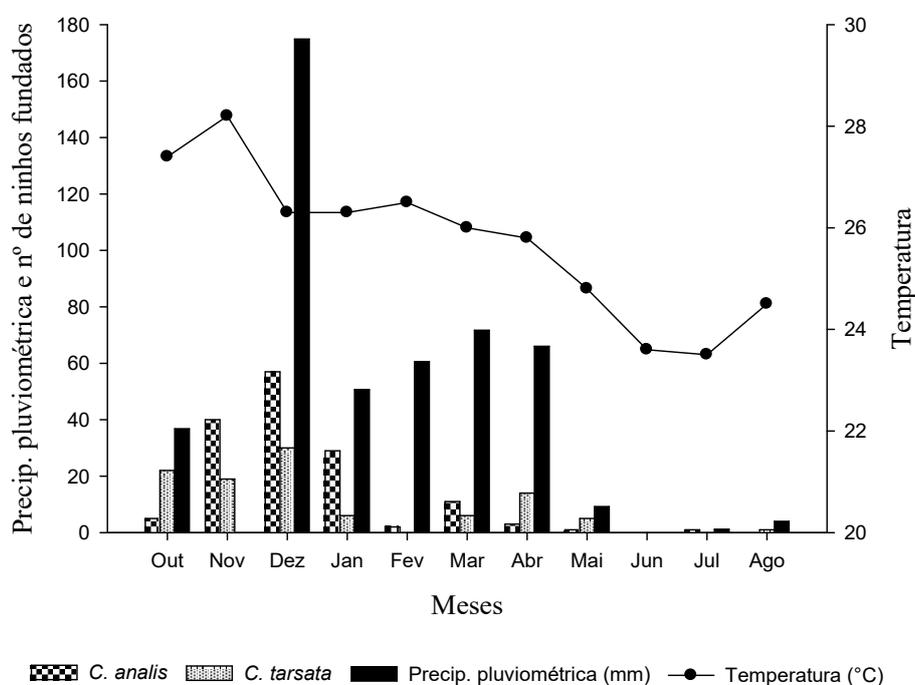


Figura 6. Número de ninhos fundados pelas espécies de abelhas *C. analis* e *C. tarsata*, precipitação pluviométrica e temperatura média no período de outubro/2010 a agosto/2011, em cultivo de acerola no município de Juazeiro, BA.

Mortalidade

A taxa de mortalidade por causas desconhecidas (razão entre o número de células contendo imaturos mortos e o número total de células provisionadas multiplicado por 100) nos ninhos-armadilha disponibilizados em Juazeiro foi de 26,9%. *C. tarsata* foi a espécie com maior taxa de mortalidade (45,5%), enquanto *C. analis* teve uma taxa de mortalidade mais baixa (19,7%). A incidência de mortalidade na prole de *C. tarsata* ocorreu principalmente nos dois primeiros estágios de desenvolvimento (ovo e larva), assim como em *C. analis*. A taxa de mortalidade e o número de indivíduos mortos em cada espécie de abelha nidificante estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Taxa de mortalidade e número de imaturos mortos em diferentes estágios de desenvolvimento, de espécies de abelhas que nidificaram em ninhos-armadilha em plantio de acerola, Juazeiro, BA, no período de outubro/10 a agosto/11.

Espécies	Estágios de desenvolvimento				Taxa de mortalidade
	Ovo	Larva	Pupa	Adulto	
<i>C. analis</i>	27	32	3	21	19,7
<i>C. tarsata</i>	36	48	1	17	45,5%
<i>C. trigonoides</i>	-	-	-	-	-
<i>Megachile dentipes</i>	-	-	-	3	11.5%
<i>Megachile</i> sp.	-	1	-	1	6%
<i>Epanthidium maculatum</i>	-	1	1	2	20%

Parasitismo

Os inimigos naturais associados às abelhas nidificantes registrados em Juazeiro foram: uma espécie de Bombyliidae sp. (Diptera), duas espécies de abelhas, *Coelioxys* sp. (Megachilidae) e *Mesocheira bicolor* (Apidae), uma espécie de vespa, *Leucospis* sp. (Leucospidae) e um microhimenóptero (Chalcidoidea) não identificado. A espécie de Bombyliidae emergiu a partir dos ninhos de *C. analis* e *Megachile* sp. *Leucospis* sp.

esteve associado aos ninhos de *C. analis*. *C. tarsata* foi a espécie associada ao maior número de parasitas (*Coelioxys* sp, *Mesocheira bicolor* e a espécie de Chalcidoidea) .

A taxa total de parasitismo (razão entre o número de células de cria parasitadas e o número total de células, multiplicado por 100) em ninhos das espécies que nidificaram em Juazeiro foi de 2,53% das células. As espécies de abelhas nidificantes com maior e menor taxa de parasitismo foram, respectivamente, *Megachile* sp. (10,66%) e *Centris analis* (0,7%). A taxa de parasitismo e o número de células atacadas por parasita, para cada espécie de abelha nidificante, estão representados na Tabela 4.

Tabela 4. Taxa de parasitismo e número de células parasitadas por parasita associado às espécies de abelhas nidificantes em ninhos-armadilhas em plantio de acerola, no município de Juazeiro, BA.

Espécie nidificante	Parasita(s) associado(s)	Nº de cél. Parasitadas	nº total de cél.	Taxa de parasitismo (%)
<i>C. analis</i>	Bombyliidae sp.	2	422	0,7
	<i>Leucospis</i> sp	1		
<i>C. tarsata</i>	<i>Coelioxys</i> sp.	3	229	3,05
	<i>Mesocheira bicolor</i>	1		
	Chalcidoidea	3		
<i>Megachile</i> sp.	Bombyliidae sp.	1	33	15,15
	Chalcidoidea	4		
<i>Megachile dentipes</i>	-	-	-	-
<i>Epanthidium maculatum</i>	Chalcidoidea	1	20	5

DISCUSSÃO

Ocupação dos ninhos-armadilha (NA) pelas abelhas

A riqueza de abelhas solitárias que nidificam em ninhos artificiais encontrada no cultivo de acerola em Juazeiro (seis espécies) foi maior que a observada em plantios de acerola localizados em Pernambuco (quatro espécies) (OLIVEIRA & SCHILINDWEIN, 2009) e em Feira de Santana, Bahia (três espécies) (PINA & AGUIAR, 2011). As duas espécies de *Centris*, *C. tarsata* e *C. analis*, foram comuns às três áreas cultivadas. As diferenças na riqueza de espécies obtidas em estudos com abelhas que nidificam em cavidades artificiais são comuns, uma vez que dependem de vários fatores que podem variar de uma área para outra como, por exemplo, a composição da comunidade local de abelhas, a disponibilidade de substratos naturais para a nidificação na área (FRANKIE *et al.*, 1988), os diferentes tamanhos de ninhos artificiais disponibilizados (VANDENBERG, 1995), as condições dos ninhos-armadilha quanto ao grau de exposição ao sol (FRANKIE *et al.*, 1988), a disponibilidade de recursos na área (GATHMANN *et al.*, 1994), dentre outros.

O número total de ninhos obtidos (n=282) neste estudo foi maior que o observado por PINA & AGUIAR (2011) em uma área com dois pomares de acerola em sistema de agricultura familiar (n= 228) e em um pomar experimental (n= 26). Além disso, o número de ninhos encontrados em área cultivada com acerola em Juazeiro foi maior do que o registrado em áreas com vegetação natural como, por exemplo, em dunas litorâneas de Salvador, BA, (n=67) (VIANA *et al.*, 2001), em florestas semidecíduas (n=146) e Caatinga (n=121) (AGUIAR *et al.*, 2005) e em florestas de Araucária (n=10), brejos (n=63) e campos (n=47), no Paraná (BUSCHINI, 2006).

Das espécies registradas no cultivo de acerola em Juazeiro, *C. analis* fundou um maior número de ninhos. Essa espécie também teve a maior frequência de nidificação dentre as abelhas em áreas com plantio de acerola em Feira de Santana, BA (PINA & AGUIAR, 2011) e nos municípios de Paudalho e Camaragibe, em Pernambuco (OLIVEIRA & SCHLINDWEIN, 2009), o que sugere que *C. analis* é uma das espécies que apresenta maior aceitação de cavidades artificiais para nidificação em áreas cultivadas com acerola em diferentes áreas do Nordeste do Brasil. A abundância de ninhos estabelecidos por *C. tarsata* em cavidades artificiais apresenta discrepâncias

entre localidades. Enquanto em Juazeiro esta espécie teve uma frequência relativa alta nos ninhos-armadilha (36,52 % do total de ninhos de abelhas), em pomares em Feira de Santana, o número de ninhos de *C. tarsata* foi bastante reduzido (PINA & AGUIAR, 2011). Estudos em outras áreas cultivadas com acerola na Bahia e em outros estados são necessários para caracterizar melhor os parâmetros de aceitação de cavidades artificiais para nidificação por esta espécie, bem como para avaliar o seu potencial como espécie manejável para a polinização da aceroleira.

As espécies de Megachilidae, *Megachile dentipes* e *Megachile* sp., já haviam sido reportadas em estudos sobre abelhas que nidificam em ninhos-armadilha no Brasil. *Megachile dentipes* foi a espécie com maior frequência de nidificação em agroecossistemas na Paraíba (ALEX-DOS-SANTOS, 2011) e já havia sido coletada em NA, em outros estudos, neste mesmo estado (AGUIAR & MARTINS, 2002; GONÇALVES & ZANELLA, 2003). *E. maculatum* também nidificou em baixa frequência em ninhos artificiais disponibilizados em áreas de Cerrado, no triângulo mineiro (MESQUITA, 2009).

Os dois comprimentos de ninhos disponibilizados foram ocupados pelas abelhas. No entanto, o número de ninhos obtidos nas cavidades de 10 cm foi muito maior que nas cavidades de 5 cm, e a mesma tendência foi observada para as espécies *C. tarsata* e *C. analis*. PINA & AGUIAR (2011), utilizando as mesmas classes de comprimento de NA deste estudo, também verificaram um número maior de ninhos fundados destas duas espécies em cavidades de 10 cm. A aceitação de ninhos-armadilha de diferentes comprimentos foi investigada por ALONSO & GARÓFALO (2008) para as fêmeas de *C. analis*, em três áreas distintas. Esses autores utilizaram quatro classes de comprimento de ninhos-armadilha (5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm e 7 cm) e verificaram que houve ocupação preferencial das cavidades de 5,5 cm em apenas uma das áreas, enquanto nas outras duas áreas não houve diferença significativa na ocupação dos diferentes comprimentos de ninhos-armadilha. Os dados obtidos neste estudo e os resultados de PINA & AGUIAR (2011) em plantios de acerola em Feira de Santana indicam que os ninhos-armadilha com comprimento de 10 cm são muito bem aceitos para nidificação pelas abelhas, principalmente por *C. analis*, e que a disponibilização de ninhos-armadilha desse comprimento pode auxiliar no aumento da população dessa espécie nas áreas cultivadas, uma vez que amplia a quantidade de substratos para nidificação.

Células de cria, Emergência e Razão sexual

O número de células de cria construídas por *C. analis* nos ninhos-armadilha em Juazeiro variou de 1 a 6, sendo quatro (27 % do total) o número mais comum de células. Nos NA de 5 cm, este número variou de um a três. Variações no número de células por ninho nesta espécie tem sido reportadas por outros autores, como JESUS & GARÓFALO (2000) que registraram de 1 a 4 células por ninho, OLIVEIRA & SCHLINDWEIN (2009) que encontraram de 1 a 6 células, e PINA & AGUIAR (2011) que registraram de 1 a 8 células.

O número de células construídas por *C. tarsata* também variou de 1 a 6, sendo uma célula o número mais comum (36% do total). Outros estudos registraram a construção de uma a sete células por ninho (AGUIAR & GARÓFALO, 2004), de seis a oito células (SILVA *et al.*, 2001) e de uma a seis células (BUSCHINI & WOLFF, 2006) nesta espécie. MENDES & RÊGO (2007) registraram a construção de até 12 células por ninho, mas diferentemente do nosso estudo, esses autores disponibilizaram ninhos com diferentes diâmetros e comprimentos (0,7 cm a 1,9 cm e de 11 cm a 24 cm). PEREIRA *et al.*, (1999) sugeriram que o número de células construídas em ninhos artificiais depende dos limites impostos pelas cavidades, o que foi corroborado por AGUIAR & GARÓFALO (2004) em um estudo sobre biologia de nidificação de *C. tarsata*, no qual houve uma tendência de aumento no número de células construídas em cavidades de maior comprimento.

Um grande número de adultos emergiu a partir dos ninhos das espécies de abelhas que nidificaram nas cavidades artificiais. Onze imaturos de *C. analis* e *C. tarsata* não emergiram, pois se encontravam possivelmente em diapausa quando os ninhos foram abertos em setembro de 2011, cerca de 6 a 7 meses depois de sua fundação. Estes ninhos foram fundados nos meses de março/2011 e abril/2011, que correspondem ao final do período chuvoso e início da estação seca na região. AGUIAR & GARÓFALO (2004) também reportaram um período longo de desenvolvimento para uma parte dos imaturos de *C. tarsata*, que provavelmente atravessavam um período em diapausa, em uma área de floresta estacional semidecidual (Baixa Grande, BA) e em uma área de Caatinga (Ipirá, BA).

A razão sexual encontrada para *C. analis* e *C. tarsata* neste trabalho diferiu significativamente da esperada de 1:1, com um desvio em favor dos machos. Em outras populações destas espécies tem sido registrado desvio na proporção dos sexos em favor dos machos, tanto para *C. analis* (1,45M:1F) (COUTO & CAMILLO, 2007), quanto para *C. tarsata* (1,5M:1F, AGUIAR & MARTINS, 2002; 4,56M:1F, AGUIAR & GARÓFALO, 2004). Entre os fatores que podem interferir na razão sexual da prole das abelhas que nidificam em cavidades, estão o comprimento (STEPHEN & OSGOOD, 1965) e o diâmetro (RUST, 1998) das cavidades artificiais, a disponibilidade de recursos florais e a eficiência de forrageamento das fêmeas (TORCHIO & TEPEDINO, 1980). PINA (2010), em uma área de cultivo de acerola, verificou que a razão sexual da prole de *C. analis* não diferiu de 1:1. Uma proporção muito diferencial entre os sexos em favor dos machos na prole de abelhas que tem potencial para manejo para a polinização deve ser uma característica desvantajosa se a cultura alvo depende da polinização realizada exclusivamente por fêmeas, como é o caso da aceroleira.

Distribuição temporal da atividade de nidificação

A maior frequência de nidificação das espécies de abelhas em Juazeiro ocorreu na estação chuvosa e nos meses mais quentes do ano (outubro/2010 a janeiro/2011), com menor frequência no início da estação seca. Esta mesma tendência foi observada em outros estudos realizados na Bahia, como AGUIAR *et al.*, (2005) em áreas de floresta estacional semidecídua e de Caatinga, PINA & AGUIAR (2011) em cultivo de acerola no semiárido baiano (Feira de Santana) e VIANA *et al.*, (2001), em dunas litorâneas, em um dos anos de amostragem. Em um estudo realizado por AGUIAR & MARTINS (2002) no litoral paraibano (Nordeste brasileiro), a frequência de nidificação de abelhas solitárias não seguiu esta tendência e foi maior no período seco.

A espécie mais abundante, *C. analis*, estabeleceu um número maior de ninhos no período chuvoso e nos meses mais quentes, apesar de não ter sido encontrada correlação significativa entre temperatura e frequência de nidificação desta espécie. Alguns estudos revelaram maior frequência de nidificação de *C. analis* nos períodos quentes e chuvosos, no semiárido baiano (PINA, 2010), e em outras regiões do país, como o realizado por JESUS & GAROFÁLO (2000), em Ribeirão Preto, SP. Por outro lado, nesta mesma região, no estado de São Paulo, GAZOLA & GARÓFALO (2009)

registraram variações anuais na frequência de nidificação durante dois anos de amostragem, sendo que no primeiro ano, *C. analis* nidificou em alta frequência tanto na estação fria (agosto, 2000) quanto no período quente e úmido (fevereiro e dezembro, 2001).

A atividade de nidificação de *C. tarsata* também foi mais intensa nos meses mais quentes e no período chuvoso. Em outros estudos, houve variação temporal na frequência de nidificação desta espécie, sendo maior no período chuvoso em área de caatinga (AGUIAR & GARÓFALO, 2004), no período seco no litoral paraibano (AGUIAR & MARTINS, 2002) e com variações anuais, nidificando tanto em períodos secos quanto nos chuvosos no litoral baiano (VIANA *et al.*, 2001).

As flutuações na frequência de nidificação de abelhas que nidificam em cavidades artificiais podem estar relacionadas a fatores intrínsecos da espécie nidificante ou a fatores ambientais, como padrões climáticos extremos ou interferências no hábitat (FRANKIE *et al.*, 1998). Como a região do nosso estudo apresenta baixa precipitação, associada a elevados valores de evaporação, levando a um déficit hídrico, principalmente na estação seca (EMBRAPA 2011), sugerimos que estes fatores ambientais são determinantes para o padrão de atividade de nidificação das espécies de abelhas em Juazeiro.

Mortalidade e parasitismo

A taxa de mortalidade por causas desconhecidas nos ninhos-armadilha disponibilizados em Juazeiro foi alta (26,9%), sendo maior nos ninhos de *C. tarsata* (45,5%). Altas taxas de mortalidade de imaturos dessa espécie foram reportadas por vários autores (41,3% por AGUIAR & GARÓFALO, 2004; 52,6% e 58,6% por AGUIAR *et al.*, 2005 em áreas de floresta semidecídua e caatinga, respectivamente; 58% a 70%, em ninhos de diferentes diâmetro, por BUSCHINI & WOLFF, 2006; 38% a 50%, em três pomares, por PINA, 2010) e tem sido atribuídas a causas desconhecidas, que provocam algum tipo de falha no desenvolvimento, a fatores ambientais, como a temperatura (JESUS & GARÓFALO, 2000; GAZOLA & GARÓFALO, 2003) e a umidade (BUSCHINI & WOLFF, 2006), e até mesmo a procedimentos durante a amostragem (ex. transporte de ninhos com imaturos do campo para o laboratório)

(PINA, 2011). Neste estudo, a alta mortalidade dos imaturos, especialmente nos estágios iniciais, pode estar relacionada às condições ambientais da região, principalmente às altas temperaturas.

A maioria dos inimigos naturais (espécies de *Coelioxys*, Bombyliidae, *Leucospis* e *Mesocheira bicolor*) associados aos ninhos das abelhas nidificantes em Juazeiro já havia sido reportado parasitando os ninhos de espécies de abelhas solitárias no Brasil (JESUS & GARÓFALO, 2000; AGUIAR & MARTINS, 2002; AGUIAR & GARÓFALO, 2004; AGUIAR *et al.*, 2005; BUSCHINI & WOLFF, 2006; GAZOLA & GARÓFALO, 2009; PINA, 2010, entre outros). O microhimenóptero (Chalcidoidea), que parasitou três espécies (*C. tarsata*, *Megachile* sp. e *Epanthidium maculatum*) não foi identificado até o momento e pode representar um novo registro de parasitóide de abelhas solitárias em ninhos artificiais.

A taxa total de parasitismo encontrada neste estudo (2,53%) foi baixa, se comparada a outros estudos como o de MENDES & RÊGO (2007), que registraram uma taxa de células parasitadas de 40% em uma área de mata mesofítica, e AGUIAR & MARTINS (2002) que verificaram uma taxa de 25,7%, em vegetação costeira. Portanto, em nosso estudo, assim como o de PINA (2010), realizados em pomares de acerola, o parasitismo não constituiu um fator relevante para a mortalidade de imaturos das abelhas nidificantes no período de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. J. C. & MARTINS, C. F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, 19 (Supl): 101-116.

AGUIAR, C.M.L & GAGLIANONE, M.C. 2003. Nesting biology of *Centris aenea* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae:Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia** 20 (4): 601-606.

AGUIAR, C.M.L & GARÓFALO, C.A. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae:Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia** 21 (3): 477–486.

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

AGUIAR, C.M.L.; GARÓFALO, C.A.; ALMEIDA, G.F. 2006. Biologia de nidificação de *Centris (Hemisiella) trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia**. 23 (2): 323-330.

ALEX-DOS-SANTOS, A. 2011. **Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de *Megachile dentipes* Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha**. Dissertação de mestrado em Zoologia. UFPB, João Pessoa, PB.

ALONSO, J.D.S & GARÓFALO, C.A. 2008. Utilização de ninhos-armadilha de diferentes comprimentos por fêmeas de *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **In: Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas**, Ribeirão Preto – SP. 87 – 94.

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 Novitates**, n. 3377, p. 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 (2): 328-334.

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

BOSH & KEMP. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. **Bulletin of Entomological Research** 92: 3-16.

BUSCHINI, M. L. T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. **Apidologie** 37: 58–66.

BUSCHINI, M. L. T.; WOLFF, L. L. 2006. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Braz. J. Biol.** 66 (4): 1091-1101.

CAMILLO, E., C. A.; GARÓFALO, J. C.; SERRANO; G. MUCCILLO. 1995. Diversidade e abundancia sazonal de abelhas e vespas solitarias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). **Revista Brasileira de Entomologia** 39(2):459-470.

CAMILLO, E. Nesting biology of four *Tetrapedia* species in trap-nests (Hymenoptera, Apidae, Tetrapediini). **Revista de Biologia Tropical** 53: 175-186.

CORDEIRO, G.D.; TANIGUCHI, M.; FLECHTMANN, C.H.W.; ALVES DOS SANTOS, I. 2010. Phoretic mites (Acari: Chaetodactylidae) associated with the solitary

bee *Tetrapedia diversipes* (Apidae: Tetrapediini). *Apidologie*, DOI: 10.1051/apido/2010044.

COUTO, R. M.; CAMILLO, E. 2007. Influência da temperatura na mortalidade de imaturos de *Centris (Heterocentris) analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 97(1): 51-55.

COVILLE, R.E.; FRANKIE, G.W.; VINSON, S.B. 1983. Nests of *Centris* segregate (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habits of the Genus. **Journal of The Kansas Entomological Society**. 56 (2): 109-122.

DÓREA, M.; SANTOS, F. A. R.; LIMA, L. C. L.; FIGUEROA, L. E. R. 2009. Análise polínica do resíduo de pós-emergência de ninhos de *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Neotropical Entomology** 38 (2): 197-202.

DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. L.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. C. L.; SANTOS, F. A. R. 2010a. Residual pollen in nests of *Centris analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in an area of caatinga vegetation from Brazil. **Oecologia Australis** 14 (1): 232-237.

DÓREA, M. C.; AGUIAR, C. M. L.; FIGUEROA, L. E. R.; LIMA, L. L.; SANTOS, F. A. R. 2010b. Pollen residues in nests of *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) in a tropical semiarid area in NE Brazil. **Apidologie** DOI: 10.1051/apido/2010005.

DRUMMONT, P.; SILVA, F. O. da; VIANA, B. F. 2008. Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, Bahia. **Neotropical Entomology**. 37 (3): 239-246.

FRANKIE G.W.; THORP R.W.; NEWSTROM-LLOYD L.E.; RIZZARDI M.A.; BARTHELL J.F.; GRISWOLD T.L.; KIN J.Y.; KAPPAGODA, S. 1998. Monitoring

solitary bees in modified wildland habitats: implications for bee ecology and conservation. **Environ. Entomol.** 27, 1137–1148.

FRANKIE, G.; S.B. VINSON; M.A. RIZZARDI; T.L. GRISWOLD; S. O'KEEFE & R.R. SNELLING. 1998. Diversity and abundance of bees visiting a mass flowering tree species in disturbed seasonal dry forest, Costa Rica. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence 70: 281-296.

FRANKIE, G.W. & L.E. NEWSTROM. 1993. Nesting-habitat preferences of selected *Centris* bees species in Costa Rican dry forest. **Biotropica** 25: 322-333.

FRANKIE, G.W., L.E. NEWSTROM, & J.F. BARTHELL. 1988. Nests site and hábitat preferences of *Centris* bees in the Costa Rican dry forest. **Biotropica** 20: 301-310.

FREITAS, B. M.; ALVES, J.E.; BRANDÃO, G.F.; ARAÚJO, G.B. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, 133, 303-311.

FREITAS, B. M. & OLIVEIRA-FILHO, J.H. (2001). **Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas**. Fortaleza, Banco do Nordeste, 96p.

FREITAS, B. M. & OLIVEIRA FILHO, J. H. de. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência. Rural.** 33(6): 1135-1139

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. 2004. The brazilian solitary bee species caught in trap nests. **IN.: FREITAS, B. M. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: **Imprensa Universitária**.

GARÓFALO, C.A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em Ninhos-Armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. In: **Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas**, Ribeirão Preto – SP. 208 – 217.

GATHMANN, A.; H-J. GREILER & T. TSCHARNTKE. 1994. Trap-nesting bees and wasps colonizing set-aside fields: sucession and body size, management by cutting and sowing. **Oecologia**, Heidelberg, 98: 8-14.

GAZOLA, A.L. & GARÓFALO, C.A.. 2003. Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera: Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, 76 (2): 131-142.

GAZOLA, A.L. & GARÓFALO, C.A. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the state of São Paulo, Brazil. **Genetics and Molecular Research** 8 (2): 607-622.

GONÇALVES, A.F. & ZANELLA, F.C. 2003. Ciclos de nidificação de abelhas e vespas solitárias que utilizam cavidades preexistentes no semiárido paraibano. **Anais do VI Congresso de ecologia do Brasil**. Fortaleza´ - CE. p. 322 – 324.

GUEDES, R. da S.; ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F.; SCHLINDWEIN, C. 2011. Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal – SP 33 (2): 465-471.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and analysis. **Paleontologia Electronica** 4 (1): 9 p.

JAYASINGH, D. B., & B. E. FREEMAN. 1980. The comparative populations dynamics of eight solitary bees and wasps (Aculeata: Apoidea: Hymenoptera) trap nested in Jamaica. **Biotropica** 12(3)

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

KROMBEIN, K. V. 1967. Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests, and Associates. Washington, Smithsonian.

LAROCA, S.; D.T.; REYNAUD DOS SANTOS; D.L. SCHWARTZ FILHO. 1993. Observations on the nesting biology of three Brazilian Centridini bees: *Melanocentris dorsata* (Lepeletier, 1841), *Ptilotopus sponsa* (Smith, 1854) and *Epicharitides obscura* (Friese, 1899) (Hymenoptera: Anthophoridae). **Tropical Zoology** 6: 153-163.

MACHADO, C. S. 2011. **Biologia de nidificação e dieta das larvas dos polinizadores efetivos de *Malpighia emarginata* D.C. em uma área restrita do recôncavo da Bahia**. Tese de doutorado. Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

MARCHI P. & MELO, G.A.R. 2010. Biologia de nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná. *Oecologia australis* 14 (1): 210-231.

MENDES, F.N. & RÊGO, M.M. 2007. Nidificação de *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 51 (3):382-388.

MESQUITA, T. M. S., VILHENA, A. M. F. G.; AUGUSTO. S. C. 2009. Ocupação de ninhos-armadilha por *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith e *Centris* (*Hemisiella*) *vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Centridini) em áreas de Cerrado. **Bioscie. Jour.** 25: 124-132.

MESQUITA, T.M.S. 2009. **Diversidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de cerrado, MG.**

Dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia, MG. 43 p.

MICHENER, C. D. 2000. **The Bees of the World**. Baltimore: The John Hopkins University Press.

MORATO, L.F.; GARCIA, M.V.B; CAMPOS, L.A. 1999. de..Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. **Revta bras. Zool.** 16 (4): 1213 – 1222.

MORATO, E.F. & CAMPOS, L.A.O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre abelhas e vespas solitárias em uma área da Amazônia Central. **Revista Brasileira Zoologia** 17: 429-444.

OLIVEIRA FILHO, J. H. de & FREITAS, B. M.. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. **Ciência Rural**. 33(4): 693-697.

OLIVEIRA, R. & SCHLINDWEIN, C. 2009. Searching for manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera:Apidae:Centridini) **J.Econ. Entomol.** 102 (1): 265-273.

PEREIRA, M.; GARÓFALO, C.A.; CAMILLO, E. & SERRANO, J.C. 1999. Nesting biology of *Centris* (Hemisiella) *vittata* Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Apidologie**, Les Ulis 30: 327-338.

PINA, W da C. 2010. **Nidificação de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apidae) em ninhos artificiais, em pomares de acerola, na região do semiárido baiano**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana.

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** (2).

RAMOS, M.; MENDES, F.; ALBUQUERQUE, P. RÊGO, M. 2007. Nidificação e forragimento de *Centris* (Ptilotopus) *maranhensis* Ducke (Hymenoptera: Apidae:Centridini).**Revista Brasileira de Zoologia** 24 (4): 1006-1010.

ROUBIK, D. W.1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. **Cambridge Univ. Press.**

RUST, R.W. 1998. The effects of cavity diameter and length on the nesting biology of *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of Hymenoptera Research**. 7: 84-93.

SCHLINDWEIN, C., MARTINS, C. F., ZANELLA, F. C. V., ALVES, M. V., CARVALHO, A. T., DARRAULT, R. O., DUARTE JR., J. A., OLIVEIRA, M. D., FERREIRA, A. G., GUEDES, R. S., FERREIRA, R. P., PINTO, C. E., SILVEIRA, M. S. & VITAL, M. T. A. B. 2006. Diagnóstico e manejo dos polinizadores de mangabeira e aceroleira. **In: VII Encontro sobre abelhas**, SP. Simpósios.Ribeirão Preto, SP: USP.

SILVA, F.O.; VIANA, B.F.; NEVES, E.L. 2001. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Neotropical Entomology** 30 (4): 541-545.

SIQUEIRA, K.M.M. de; MARTINS, C. F.; KIILL, L. H. P.; SILVA, L. T. 2011. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, Malpighiaceae). **Revista Caatinga**, Mossoro 24 (2): 18-25.

STEPHEN, W. P.; OSGOOD, C. E.. 1965. Influence of tunnel size and nesting medium on sex ratios in a leaf-cutter bee, *Megachile rotundata*. **J. Econ. Entomol.** 58:965-968.

TORCHIO, P. F. & TEPEDINO, V. J.. 1980. Sex ratio, body size and seasonality in a solitary bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). **Evolution** 34: 993-1003.

VANDENBERG, J.D. 1995. Nesting preferences of the solitary bee *Osmia sanrafaelae* (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of Economic Entomology**. 88: 592-599.

VIANA, B. F. ; SILVA, F. O. da ; KLEINERT, A. M. P. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no Nordeste do Brasil. **Neotropical Entomology** 30 (2): 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. **Biosci. J.** 23 (1): 14-23.

VINSON, S.B.; FRANKIE, G.W.;COVILLE, R.E. 1987. Nesting habitats of *Centris flavofasciata* Friese (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae) in Costa Rica. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Kansas 60 (2): 249-263.