

ABELHAS MEGACHILIDAE (INSECTA, HYMENOPTERA): ASPECTOS
ECOLÓGICOS E ANÁLISE DO POTENCIAL PARA MANEJO EM
ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA

MARCELITA FRANÇA MARQUES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2019

ABELHAS MEGACHILIDAE (INSECTA, HYMENOPTERA): ASPECTOS
ECOLÓGICOS E ANÁLISE DO POTENCIAL PARA MANEJO EM
ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA

MARCELITA FRANÇA MARQUES

Tese apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Gaglianone

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

M357

Marques, Marcelita Franca.

Abelhas Megachilidae (Insecta, Hymenoptera) : aspectos ecológicos e análise do potencial para manejo em áreas de Mata Atlântica / Marcelita Franca Marques. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

75 f. : il.

Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2019.
Orientadora: Maria Cristina Gaglianone.

1. Biologia de Nidificação. 2. Dinâmica Populacional. 3. Abelhas Solitárias. 4. Ninhos-Armadilha. 5. Florestas Estacionais Semidecíduais. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

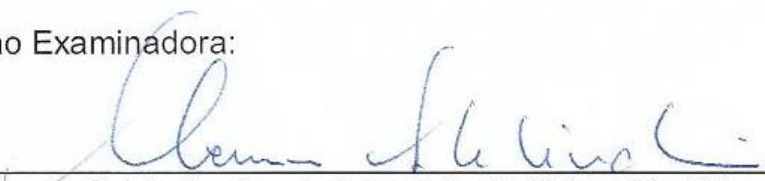
**ABELHAS MEGACHILIDAE (INSECTA, HYMENOPTERA): ASPECTOS
ECOLÓGICOS E ANÁLISE DO POTENCIAL PARA MANEJO EM ÁREAS DE
MATA ATLÂNTICA**

MARCELITA FRANÇA MARQUES

Tese apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 19 / 03 / 2019.


Comissão Examinadora:




Dr. Clemens Schlindwein – Laboratório de Sistemática Vegetal/UFGM



Dr. Carlos Ruiz Miranda – Laboratório de Ciências Ambientais/UENF



Dra. Magali Hoffmann – Laboratório de Entomologia e Fitopatologia/UENF



Dra. Maria Cristina Gaglianone – Laboratório de Ciências Ambientais/UENF
(Orientadora)

*“A melhor recompensa para o trabalho não é o que se ganha,
mas o que se torna com ele”.*
(Jean Ruskin)

Dedico aos meus pais Cirlene França e Eugenio Marques, avós Conselita França e Maria Turques (in memorian) e meu irmão de coração Hector Lucas Rivas. Minha família, bem maior e mais precioso em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, ao Programa de Ecologia e Recursos Naturais - PGERN e ao Laboratório de Ciências Ambientais - LCA pela oportunidade de pesquisa e apoio logístico para a realização deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Maria Cristina Gaglianone, por compartilhar comigo seu conhecimento, experiência e oportunidades ao longo de 14 anos de orientação desde a graduação.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPERJ Nota 10 pela concessão da bolsa de doutorado. Ao RioRural/GEF/BIRD e PPBio/Mata Atlântica pelo financiamento da pesquisa. À Emater do município de São Francisco de Itabapoana e à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento-SEAPPA-RJ pelo suporte logístico dado durante o período de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, em especial aos professores Dr. Magali Hoffmann, Dr. Marcelo Trindade Nascimento, Dr. Carlos Ruiz Miranda e Dr. Marcelo Nogueira, pelo auxílio na proposição do projeto e discussão de informações ao longo do processo de escrita desta tese. À Dra. Ilana Rozental Zalmon que mesmo não participando diretamente da minha pesquisa me incentivou e a apoiou.

Aos proprietários Salmo C. Duarte, João R. Moreira e Francisco Carlos Rosa Neto por terem permitido a realização das coletas em suas propriedades particulares. Ao INEA-RJ e à Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba-EEEG, pela permissão de pesquisa, pela infraestrutura e pelo apoio durante as coletas de dados na EEEG. Em especial, gostaria muito de agradecer à Vânia Coelho (Chefe da estação), à Dona Angela Martins, à Luciana Correia e ao Cleber Alves (Clebinho).

Ao técnico da Emater-RJ Walmir Henriques Macedo e aos guarda-parques da EEEG, Bruno Stellet, Herick Viana, Leonardo Andrade, Lucas Pereira, Ralph Barreto, Renato Gomes e Reginaldo Caetano (Ceará), pelo auxílio da seleção das áreas de estudo e acompanhamento imprescindível nas atividades de campo. Aos técnicos Helmo Siqueira e, em especial ao Gerson da Purificação, pelo auxílio na obtenção dos ninhos-armadilha, apoio na logística e coletas de dados em campo.

A todo o grupo de pesquisa do Setor de Ecologia Experimental do LCA pelo apoio e aprendizado durante todo o meu tempo na universidade e em especial Caíque Barcellos, Maira Coelho, Mariana Deprá, Sônia Guimarães, Vivian Manhães pelo auxílio da coleta de dados em campo e sugestões relacionadas à tese e, principalmente à Fernanda Werneck, que além do auxílio no campo, foi uma companheira primordial (filha e amiga) nas atividades do laboratório, confecção de planilhas e levantamento de dados bibliográficos. Aos amigos Bianca Nunes, Douglas Ribeiro, Gustavo Viana, Herick Viana, Igor Broggio e Mariana Faitanin, pelo auxílio na coleta de dados e logística em campo.

Ao Dr. Gabriel A. R. Melo (UFPR) pela identificação das espécies de abelhas.

Aos membros da banca avaliadora Dr. Carlos Ruiz Miranda, Dr. Clemens Schlindwein e Dra. Magali Hoffmann, pela disponibilidade em participar da banca.

Ao Sávio Bastos, pela paciência, companheirismo, pelos momentos de força e incentivo e grande dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Aline Nascimento, Livia Dias, Marcenilda Amorim, Mírian Nogueira e Paola Maia, em especial à Amanda Friaes, Hector Lucas Rivas e Paulo Victor Zaquieu, por todo apoio durante esses anos de curso, pelo incentivo nas horas mais difíceis enfrentadas e pelo companheirismo. Muito obrigada por tudo, vocês fazem parte desta história.

Agradeço, acima de tudo, a minha família a quem devo tudo. Em especial aos meus pais, Cirlene França e Eugenio Marques, aos meus irmãos Ennio França, Rodolfo França e Ryan França, e às minhas tias Cilmeia França, Cirléia França e Marina de Oliveira, por todo amor e compreensão que sempre devotaram a mim. Obrigada.

À Deus pela graça de poder usufruir deste momento especial.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
ESTRUTURA GERAL DA TESE	xvi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO 1	12
POTENCIAL PARA MANEJO DE ABELHAS MEGACHILIDAE (INSECTA, HYMENOPTERA) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA	12
Resumo	12
1. Introdução.....	13
2. Materiais e Métodos	15
2.1 Áreas de Estudo	15
2.2 Delineamento Amostral e Coleta de Dados das Abelhas	18
2.3 Caracterização das variáveis ambientais dos pontos amostrais.....	19
2.4 Avaliação do Potencial de Manejo de Ninhos	20
2.5 Análise de Dados.....	23
3. Resultados	24
3.1 Riqueza de Espécies e Abundância de Ninhos	24
3.2 Sazonalidade de Ninhos	25
3.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos	26
3.4 Taxa de Mortalidade e Espécies Associadas aos Ninhos.....	27
3.5 Potencial de Manejo	28
3.5.1 Abundância e Distribuição de Ninhos.....	28
3.5.2 Sazonalidade de Ninhos e Emergentes	31
3.5.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos	32
3.5.4 Cleptoparasita e Parasitóide	34
3.5.5 Classificação de Potencial para Manejo.....	34
4. Discussão	35
4.1 Comunidade de Abelhas.....	35
4.2 Sazonalidade	36
4.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos	36

4.4 Mortalidade e Espécies Associadas	37
4.5 Potencial de Manejo	37
5. Referências	38
CAPÍTULO 2	46
BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO E POTENCIAL PARA MANEJO DE <i>EPANTHIDIUM TIGRINUM</i> (SCHROTTKY, 1905) (HYMENOPTERA: MEGACHILIDAE)	46
Resumo	46
1. Introdução	47
2. Materiais e Métodos	49
2.1 Obtenção de Ninhos e de Indivíduos	49
2.2 Procedimentos de Marcação	50
2.3 Observações de Comportamento	50
2.4 Análise de Dados	51
3. Resultados	52
3.1 Dinâmica Populacional	52
3.2 Comportamento na Área de Nidificação	55
3.4 Construção e Arquitetura de Ninhos	57
3.5 Uso de Recursos nos Ninhos e Potenciais Fontes Polínicas	60
4. Discussão	63
5. Referências	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Informações referentes aos critérios e classificações do potencial de manejo e formas de avaliação. A classificação apresentada indica baixo (1), médio (2) ou alto (3) potencial para manejo.....	15
Tabela 2. Número de ninhos de Megachilidae construídos em ninhos-armadilha em quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (localização no item 2.1 Áreas de estudo).....	18
Tabela 3. Comprimento e diâmetro dos ninhos-armadilha ocupados pelas espécies de Megachilidae. Dados expressos em valores mínimo e máximo (média ± desvio padrão).....	20
Tabela 4. Número de ninhos de abelhas Megachilidae onde ocorreu emergência de espécies associadas.....	21
Tabela 5. Velocidade média do vento (m/s), cobertura do dossel (%), temperatura média (°C), umidade relativa do ar média (%) e luminosidade média (μmols), de acordo com as estações sazonais (ES: estação seca; EC: estação chuvosa) nos 13 pontos amostrais pertencentes aos quatro fragmentos de mata atlântica avaliados (F1, F2, F3 e F4).....	22
Tabela 6. Número de ninhos de Megachilidae nos 13 pontos amostrais avaliados nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.....	24
Tabela 7. Número de células construídas nos ninhos ocupados pelas espécies de Megachilidae. Dados expressos em valores mínimo e máximo (média ± desvio padrão).....	26
Tabela 8. Pontuação dos parâmetros avaliados para uso da seleção de espécies de Megachilidae em uma escala de potencial de manejo.....	28

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Parâmetros da tabela de vida avaliados para <i>Epanthidium tigrinum</i> ao longo dos dias amostrados.....	50
Tabela 2. Uso de cavidades e construção de ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> na área experimental.....	52
Tabela 3. Fontes potenciais de recursos florais para <i>Epanthidium tigrinum</i> na área experimental, com seus respectivos recursos e horário de antese.....	57

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização dos fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (F1: EEEG; F2: Mata do João e Jorge; F3: Mata do Salmo e Mário Correia; F4: Mata do Francisco Carlos).....	10
Figura 2. Fitofisionomias dos quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (A: F1; B: F2; C: F3; D: F4).....	10
Figura 3. Condições climáticas entre março de 2016 e fevereiro de 2018 dos fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. Temperatura Média (°C): quadrados; Umidade Relativa Média (%): círculos; Precipitação Total (mm): barras.....	11
Figura 4. Ninhos-armadilha de tubos de cartolina preta inseridos em bloco de madeira (à esquerda) e de gomos de bambu arranjado em três feixes (à direita) instalados nas áreas de estudo.....	12
Figura 5. Número de ninhos das tribos de Megachilidae nos 13 pontos amostrais distribuídos nos quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (F1: P1 a P10; F2: P11; F3: P12 e F4: P13).....	18
Figura 6. Variação mensal na abundância de ninhos construídos por espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Estação Chuvosa: marcação em azul e Estação seca: sem marcação).....	19
Figura 7. Dendrograma representativo da similaridade (coeficiente de Bray Curtis) entre os pontos amostrais com relação às variáveis ambientais da tabela 5, nas estações seca (A) e chuvosa (B) nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (F1= P1 a P10; F2= P11; F3= P12; F4= P13). ES= Estação seca; EC= Estação chuvosa; G= grupos.....	23
Figura 8. Análise de componentes principais (PCA) entre variáveis ambientais e pontos amostrais dos quatro fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (VM: Velocidade do vento média; CD: Cobertura do dossel; TM: Temperatura média; UR: Umidade relativa do ar média; DL: Intensidade Luminosa, C1: Estação Seca; C2: Estação Chuvosa).....	23
Figura 9. Variação mensal na abundância de ninhos construídos pelas quatro espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.....	25
Figura 10. Variação mensal na abundância de indivíduos emergentes dos ninhos construídos pelas quatro espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.....	25

Figura 11. Ocupação de dois tipos de ninhos-armadilha ocupados por espécie de Megachilidae, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.....	26
Figura 12. Relação de número de células construídas com o diâmetro dos ninhos-armadilha ocupados por Megachilidae no período de março de 2016 a fevereiro de 2018, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.....	27
Material Suplementar 1. Ninhos construídos por <i>Epanthidium tigrinum</i> (A); <i>Carloticola paraguayensis</i> (B); <i>Megachile cylindrica</i> (C); <i>Megachile pseudanthidioides</i> (D); <i>Megachile stilbonotaspis</i> (E); <i>Megachile</i> sp1 (F), <i>Megachile</i> sp2 (G) e <i>Megachile</i> sp3 (H).....	40

CAPÍTULO 2

Figura 1. Disposição dos ninhos-armadilha de gomos de bambu arranjados em feixes (A) e de tubos de cartolina preta em bloco de madeira (B), instalados em fragmentos florestais de Mata Atlântica, Brasil.....	44
Figura 2. Procedimento de marcação de adultos de <i>Epanthidium tigrinum</i> com caneta permanente no tórax (A) e rancho de criação de abelhas onde foram introduzidos os emergentes de ninhos trazidos de áreas florestais (B).....	45
Figura 3. Fluxograma com as etapas e parâmetros do comportamento de <i>Epanthidium tigrinum</i> avaliados na área experimental.....	46
Figura 4. Abundância de <i>Epanthidium tigrinum</i> emergentes em ninhos-armadilha provenientes das áreas florestais e introduzidos na área experimental (n= número de ninhos onde respectivos machos e fêmeas emergiram).....	48
Figura 5. Abundância de <i>Epanthidium tigrinum</i> introduzidos na área experimental (F= Fêmea; M= Macho) e população destas abelhas que persistiu na área experimental (P).....	48
Figura 6. Abundância de <i>Epanthidium tigrinum</i> nidificantes na área experimental (P1= População oriunda dos ninhos dos fragmentos florestais e introduzida na área experimental; P2= População existente na área experimental).....	49
Figura 7. Curva de sobrevivência (A) e taxa de mortalidade (B) de <i>Epanthidium tigrinum</i> nas diferentes classes de idade em dias (1= 1 a 5 dias, 2= 6 a 10 dias, 3= 11 a 15 dias, 4= 16 a 20 dias, 5= 21 a 25 dias, 6= 26 a 30 dias, 7= 31 a 35 dias, 8= 36 a 40 dias, 9= 41 a 45 dias, 10= 46 a 50 dias e 11= 51 a 55 dias).....	50
Figura 8. Comportamentos de fêmeas (f) e machos (m) de <i>Epanthidium tigrinum</i> na área experimental.....	51
Figura 9. Representação das cópulas (n=4) de <i>Epanthidium tigrinum</i> observadas na área experimental, envolvendo machos e fêmeas emergentes de ninhos das áreas florestais (marcados) e emergentes de ninhos na área experimental (não marcados)..	51
Figura 10. Período de construção de 55 ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> (fêmeas A1 a A29) entre junho e outubro de 2016, em ninhos-armadilha em área experimental.....	53

Figura 11. Relação entre o número de células construídas por ninho e o diâmetro do substrato utilizado por <i>Epanthidium tigrinum</i> em 55 ninhos na área experimental.....	54
Figura 12. Arquitetura de ninhos de <i>Epanthidium tigrinum</i> , destacando as células sobrepostas (A) e lineares (B) construídas com resina, este último ninho foi construído em um ninho desativado de vespa (detalhe para argila de cor clara).....	54
Figura 13. Emergência de Athracinae sp em ninho de <i>Epanthidium tigrinum</i>	55
Figura 14. Frequência de entradas de fêmeas de <i>Epanthidium tigrinum</i> (n= 6) com recursos (pólen e resina) em nove ninhos fundados na área experimental.....	56

RESUMO

Megachilidae é um grupo de abelhas economicamente importante, com algumas espécies utilizadas na polinização dirigida de plantas de interesse agrícola em vários países de clima temperado. No Brasil, até o momento, não há registro de manejo destas abelhas em áreas nativas e cultivadas, portanto, o estudo da fauna silvestre de Megachilidae é imprescindível para avaliação de seu potencial para criação padronizada. Este estudo tem como objetivo descrever e analisar aspectos da biologia de construção de ninhos de Megachilidae, a fim de avaliar seu potencial para manejo em áreas de Mata Atlântica. As abelhas foram amostradas mensalmente (fev/2016 a mar/2018), em ninhos-armadilha instalados em 13 pontos amostrais em quatro fragmentos de floresta estacional semidecidual sobre tabuleiro no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. A fim de selecionar espécies de Megachilidae com características favoráveis para manejo, foram estabelecidos critérios relacionados à biologia de nidificação e o peso de cada critério foi dado atribuindo-se as notas de 1 (valor baixo), 2 (valor mediano) e 3 (valor alto). Diante da espécie selecionada no Capítulo 1, foram descritos aspectos populacionais e do comportamento de nidificação, avaliando características importantes para a confirmação de seu potencial de manejo (Capítulo 2). De acordo com os resultados, oito espécies de Megachilidae nidificaram nas áreas estudadas, pertencentes aos gêneros *Megachile* (6 espécies), *Carloticula* (1) e *Epanthidium* (1). Destaca-se *Epanthidium tigrinum* que recebeu maior pontuação na somatória dos diferentes critérios, indicando ser esta espécie a melhor candidata de potencial de manejo, com valores máximos em 63% dos critérios como maior abundância de ninhos, maior ocupação em diferentes áreas, ausência de sazonalidade, multivoltinismo e menor taxa de parasitismo. Em situações experimentais, *E. tigrinum* também apresentou um incremento populacional, pouca exigência por substratos utilizados e maior número de células construídas por ninho. Esse esforço de priorização de espécies para manejo evidenciou a grande lacuna de conhecimento sobre as inúmeras espécies de abelhas solitárias encontradas em ambientes naturais e agrícolas. Apesar disso, foi possível mostrar que critérios relacionados aos aspectos da biologia de nidificação são úteis para avaliações quanto ao potencial de manejo em áreas de Mata Atlântica.

Palavras-chave: Biologia de Nidificação, Dinâmica Populacional, Abelhas Solitárias, Ninhos-Armadilha, Florestas Estacionais Semidecíduais.

ABSTRACT

Megachilidae is a group of economically important bees in temperate countries. In Brazil, there are no records of management of these bees to evaluate their potential to forest restoration in Atlantic Forest. This study aims to describe and analyze aspects of nesting biology of Megachilidae, indicating its management potential in Atlantic Forest conservation areas. Bees were sampled monthly (Feb/2016 - Mar/2018), in trap-nests placed in 13 sampling points in fragments of semideciduous seasonal lowland forest in the northern Rio de Janeiro, Brasil. In order to select species of Megachilidae with favorable characteristics for management, criteria related to nesting biology were established. The final score of each species was measured by the scores 1 (low value), 2 (median value), 3 (high value). After the species selected in Chapter 1, aspects of population and nesting behavior were evaluated for the confirmation of their management potential (Chapter 2). Eight species of Megachilidae nested in the studied areas, belonging to the genera and *Megachile* (6 species), *Carloticola* (1), *Epanthidium* (1). Following the main criteria evaluated (nest abundance, occupation in different areas, seasonality, multivoltinism and parasitism rate), *Epanthidium tigrinum* received the highest score (with maximum values in 63% of the criteria), indicating that this species is the best candidate for management potential. In experimental areas, this species also presented a population increase, use by substrates varied and greater number of cells per nest. This effort of prioritization of species for management evidenced the great lack of knowledge about the numerous species of solitary bees found in natural and agricultural environments. Despite this, it was possible to show that criteria related to aspects of nesting biology are useful for evaluating the management potential in areas of the Atlantic Forest.

Keywords: Nesting Biology, Population Dynamics, Solitary Bees, Trap Nests, Semideciduous Seasonal Forests.

ESTRUTURA GERAL DA TESE

Essa tese é composta de:

(1) Introdução geral, em que é abordada sinteticamente a importância ecológica e econômica dos polinizadores, com foco no grupo de abelhas. Nesta seção inicial, é discutida a importância de estudos de hábitos e comportamentos de nidificação das abelhas para o conhecimento de seu papel ecológico e da importância do manejo de polinizadores como estratégia para a conservação e produção das plantas em áreas de mata e de cultivos, dando exemplos de sucesso e lacunas de conhecimento de manejo de abelhas.

(2) Capítulo 1, teve como objetivo caracterizar a estrutura de comunidade de Megachilidae em quatro fragmentos de floresta estacional semidecidual no norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil, avaliando os critérios de seleção dessas abelhas para o manejo.

(3) Capítulo 2, objetivou caracterizar a biologia e comportamento de nidificação de *Epanthidium tigrinum* (Hymenoptera: Megachilidae), abordando os principais aspectos biológicos e populacionais da espécie, sendo estes importantes para a avaliação de seu potencial de manejo.

(4) Considerações Finais, ressaltam uma síntese dos principais resultados e conclusões alcançados neste trabalho, bem como as sugestões e perspectivas associadas ao desenvolvimento de novos estudos.

INTRODUÇÃO GERAL

O papel ecológico desempenhado pelos polinizadores traz muitos benefícios aos ecossistemas, como a manutenção e a variabilidade genética de populações de plantas nativas que sustentam a biodiversidade e as funções ecossistêmicas (Steffan-Dewenter & Westphal, 2008). Nas comunidades tropicais, aproximadamente 87% das espécies de angiospermas são polinizadas por animais (Ollerton *et al.*, 2011), relação que leva a expressiva interdependência entre grupos de animais e plantas.

A importância da polinização também pode ser ressaltada quando associada à produção de alimentos para o homem; garantindo o fornecimento adequado e diversificado de frutos e sementes (Costanza *et al.*, 2017; IPBES, 2019). Dentre as plantas cultivadas para alimentação, 35% dos alimentos vegetais produzidos mundialmente e 68% produzidos no Brasil, dependem da polinização para a produção de frutos e sementes (IPBES, 2016; Novais *et al.*, 2016). A valoração econômica da polinização é estimada entre 235 e 577 bilhões de dólares anuais mundialmente (IPBES, 2016). No Brasil, calcula-se que o valor da polinização relacionada à produção agrícola anual esteja próximo a 43 bilhões de reais anuais (IPBES, 2019).

A maior parte dos polinizadores é composta por insetos como abelhas, besouros, borboletas, mariposas, moscas e vespas (Ollerton *et al.*, 2011; IPBES, 2019). As abelhas são os principais polinizadores de plantas nativas e cultivadas (Klein *et al.*, 2007), principalmente devido a sua dependência pelos recursos florais para sua alimentação, reprodução e construção de ninhos (Crone, 2013; Roulston & Goodell, 2011).

O declínio das populações de abelhas e da polinização prestada por estes agentes são temas preocupantes atualmente, por serem descritos de forma global e causados por diversos fatores como, fragmentação de habitat, intensificação do uso da terra, uso indiscriminado de agroquímicos, mudanças climáticas, doenças, parasitismo e introdução de espécies exóticas (Pywell *et al.*, 2006; Goulson *et al.*, 2008; Ricketts *et al.*, 2008; Winfree *et al.*, 2009; Johnson *et al.*, 2010; Potts *et al.*, 2010; Vaissière *et al.*, 2011; Garibaldi *et al.*, 2014).

Essa diminuição das abelhas foi difundida inicialmente pelo quadro drástico do desaparecimento das colônias de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Apidae) na América

do Norte (Lee *et al.*, 2015). O declínio de populações de *A. mellifera* evidencia o risco e a vulnerabilidade da dependência de um único polinizador, podendo prejudicar a manutenção da biodiversidade em comunidades naturais e a estabilidade da produção de alimentos. Diante deste cenário, a estratégia de manutenção e conservação da polinização, como o manejo de polinizadores nativos, constitui uma alternativa sustentável e imprescindível para minimizar o declínio de abelhas e contribuir para o incremento da produção de frutos e sementes em áreas nativas e agrícolas e, também, como ferramenta de conservação destes polinizadores (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012; Bommarco *et al.*, 2013; Steward *et al.*, 2014).

O manejo das espécies de abelhas é conceituado como uma interferência humana planejada e criteriosa para manipular uma espécie e alcançar um benefício comum na funcionalidade do sistema natural (Miranda, 1993; IBGE, 2004). O manejo de abelhas visa o incremento e a manutenção de uma espécie ou de um número reduzido de espécies de interesse (Melo *et al.*, 2014), para garantir o fornecimento da polinização (manutenção da biodiversidade vegetal e da produtividade na agricultura), ou de um produto (mel, pólen, cera, própolis), além de garantir a conservação das populações de espécies em declínio (Morse & Calderone, 2000).

A abelha eussocial *A. mellifera* é uma das mais conhecidas quanto ao manejo. Nativa da África, Ásia e Europa, esta espécie foi introduzida em várias partes do mundo (Brand, 1988; Delariva & Agostinho, 2008) com objetivos de aumentar a produção agrícola através da polinização, incluindo abóbora, alfafa, maçã e melão e de produzir mel e outros produtos (Calderone, 2012; Faostats, 2013). Porém, a ampla utilização de *A. mellifera* na polinização de diferentes cultivos agrícolas tem gerado grande discussão quanto aos problemas ecológicos, como exigência de grande quantidade de pólen e néctar para sua manutenção, comportamento de recrutamento durante o forrageamento e exclusão competitiva de espécies nativas. Outro fato importante é que *A. mellifera* pode apresentar menor eficiência, ou até mesmo ineficiência, na polinização de diversas espécies nativas e cultivadas quando comparada aos polinizadores nativos (Bosch & Kemp, 2001; Malogodi-Braga & Kleinert, 2004; Bispo dos Santos *et al.*, 2009; Deprá *et al.*, 2014; Garibaldi *et al.*, 2014).

Outras abelhas manejadas pertencem à tribo Meliponini (Apidae), cuja criação racional é realizada nas regiões tropicais da América, África, Ásia e Austrália (Venturieri *et al.*, 2012). No Brasil, o manejo dessas abelhas beneficia principalmente cultivos agrícolas importantes comercialmente como o açaí, berinjela, maçã, pimentão e tomate (Bispo-dos-Santos *et al.*, 2009; Roselino *et al.*, 2010; Nunes-Silva *et al.*, 2013; Viana *et al.*, 2014; Venturieri *et al.*, 2016), porém estes exemplos do uso no manejo ainda englobam poucas espécies de abelhas e experimentos em cultivos protegidos.

As abelhas primitivamente eussociais do gênero *Bombus* (Apidae) são importantes polinizadores de plantas nativas e agrícolas (Corbet *et al.*, 1991; Memmott *et al.*, 2004; Pywell *et al.*, 2006) e seu manejo é difundido para a polinização do tomate na Europa e América do Norte (Corbet *et al.*, 1991; Velthuis & Doorn, 2006; Pywell *et al.*, 2006). Diversas espécies de *Bombus* que são manejadas comercialmente para polinização de cultivos em outros países não ocorrem no Brasil e as espécies de *Bombus* nativas no Brasil ainda não foram estudadas para serem utilizadas comercialmente.

O manejo de abelhas solitárias é menos comum comparado às abelhas sociais e primitivamente sociais, onde poucas espécies são utilizadas para polinização aplicada em algumas regiões. Dentre essas abelhas, a família Halictidae e Megachilidae apresentam as principais espécies de abelhas solitárias utilizadas na polinização dirigida de plantas de interesse agrícola em regiões de clima temperado (Michener, 2007; Gonzalez *et al.*, 2010). *Nomia melanderi* Cockerell, 1906 (Halictidae) é uma abelha solitária que nidifica no solo e é manejada nos Estados Unidos e na Nova Zelândia para polinização de alfafa (Cane, 2002; Pitts-Singer, 2008). *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787) (Megachilidae) é utilizada para polinização de alfafa na América do Norte e Europa (Mader *et al.*, 2010; Pitts-Singer & Cane, 2011). As abelhas do gênero *Osmia* (Megachilidae) são reconhecidas pelo sucesso no manejo nos Estados Unidos, Europa e Japão, principalmente para polinização de cultivos de amêndoas, amoras, maçãs, morangos e peras (Bosch & Kemp, 2001; Pitts-Singer *et al.*, 2008; Sedivy & Dorn, 2014).

No Brasil, o manejo de abelhas do gênero *Xylocopa* e *Centris* (Apidae) ainda é restrito a poucas espécies, locais e sistemas polinizador-plantas e, nenhuma outra espécie de abelha solitária foi manejada para uso como polinizador (Freitas & Oliveira-Filho, 2003; Garófalo *et al.*, 2004; Oliveira & Schindwein, 2009). Na

agricultura, as abelhas *Xylocopa* são importantes polinizadores de uma variedade de cultivos agrícolas como abóbora, algodão, girassol, goiaba, maracujá e urucum (Sihag, 1993; Alves, 2000; Benevides *et al.*, 2009; Reis *et al.*, 2012). O conhecimento de manejo das abelhas *Centris* é relatado para a polinização de espécies frutíferas nativas como o murici e o caju (Freitas *et al.*, 2014; Rêgo *et al.*, 2014) e exótica como a acerola (Oliveira & Schlindwein, 2009; Magalhães & Freitas, 2013; Schlindwein *et al.*, 2014; Sazan, 2015).

A dificuldade de manejo de abelhas solitárias no país é devida principalmente ao desconhecimento de aspectos da biologia de nidificação e desenvolvimento das espécies (Bosch *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2014). Segundo Bosch *et al.* (2008), as abelhas solitárias altamente eficientes para polinização têm permanecido como “polinizadores potenciais” devido a carência de estudos básicos sobre sua biologia e estratégias de manejo para sua criação. Garófalo *et al.* (2004) recomendam que se estude a fauna silvestre de Megachilidae, em busca de polinizadores para leguminosas e outras famílias de plantas. Nesse sentido, o tema central desta tese é a caracterização da comunidade de Megachilidae a partir de diferentes atributos relacionando aspectos da biologia de nidificação e ecologia populacional de espécies nativas da Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J.E. 2000. *Eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (Psidium guajava)*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. 82p.
- Benevides, C.R.; Gaglianone, M.C. & Hoffmann, M. 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3): 415-421.
- Bispo dos Santos, S.A.; Roselino, A.C.; Hrcir, M. & Bego, L.R. 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 751-757.
- Bommarco, R.; Kleijn, D. & Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28: 230-238.
- Bosch, J. & Kemp, W. 2001. *How to manage the blue orchard bee*. Sustainable Agriculture Network handbook series. 88p.
- Bosch, J.; Sgolastra, F. & Kemp, W.P. 2008. Life cycle ecophysiology of *Osmia* mason bees used as crop pollinators. pp. 83-104. *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems* (ed. James, R.R. & Pitts-Singer, T.L.) Oxford: Oxford University Press.
- Brand, D. 1988. The Honey Bee in New Spain and Mexico. *Journal of Cultural Geography*, 9(1): 71-82.
- Calderone, N.W. 2012. Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. *Plos One*, 7(5): e37235.
- Campos, M.J.O.; Pizano, M.A.; Neto, J.C.; Malaspina, O.; Patricio, G.B.; Gomig, E.G.; Leung, R.; Souza, L.; Giordano, L.C.; Villas-Boas, J.K.; Prata, E.M.B.; Ferreira, B.; Brown, T.E.; Fang, H.S.; Sasaki, D.L. & Souza, E.S.S. 2014. Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros, p. 369-399. In: Yamamoto, M.; Oliveira, P.E. & Gaglianone, M.C. (Coord.). *Uso Sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo*. Rio de Janeiro: Funbio. 406p.

- Cane, J.H. 2002. Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of US alfalfa compared for rates of pod and seed set. *Journal of Economic Entomology*, 95: 22-27.
- Corbet, S.A.; Williams, I.H. & Osborne, J.L. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World*, 72: 47-59.
- Costanza, R.; Groot, R.; Braat, L.; Kubiszewski, I.; Fioramonti, L.; Sutton, P.; Farber, S. & Grasso, M. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28: 1-16.
- Crone, E.E. 2013. Responses of social and solitary bees to pulsed floral resources. *The American Naturalist*, 182:465-473.
- Delariva, R. & Agostinho, A.A. 2008. Introdução de espécies: uma síntese comentada. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 21: 255-262.
- Deprá, M.S.; Delaqua, G.C.G.; Freitas, L. & Gaglianone, M.C. 2014. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, southeast Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, 12(1): 1-8.
- Faostat. 2013. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAOSTAT (Database). Disponível em: <http://data.fao.org/ref/262b79ca-279c-4517-93de-ee3b7c7cb553.html?version=1.0>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- Freitas, B.M. & Oliveira-Filho, J.H. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*, 33: 1135-1139.
- Freitas, B.M.; Filho, A.J.S.P.; Andrade, P.B.; Lemos, C.Q.; Rocha, E.E.M.; Pereira, N.O.; Bezerra, A.D.M.; Nogueira, D.S.; Alencar, R.L.; Rocha, R. F. & Mendonça, K.S. 2014. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, 12(4): 22-30.
- Garibaldi, L.A.; Carvalheiro, L.G.; Leonhardt, S.D.; Aizen, M.A.; Blaauw, B.R.; Isaacs, R.; Kuhlmann, M; Kleijn, D.; Klein, A.M.; Kremen, C.; Morandin, L.; Scheper, J & Winfree, R. 2014. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(8): 439-447.
- Garófalo, C.A.; Martins, C.F. & Alves-dos-Santos, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p.77-84. In: Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 285p.

- Gonzalez, V.H.; Engel, M.S. & Hinojosa-Díaz, I.A. 2010. A new species of *Megachile* from Pakistan, with taxonomic notes on the subgenus *Eutricharaea* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83: 58-67.
- Goulson, D.; Lye, G.C. & Darvill, B. 2008. Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, 53: 191-208.
- IBGE. 2004. *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 332p.
- Imperatriz-Fonseca, V.L.; Canhos, D.A.L.; Alves, D.A. & Saraiva, A.M. 2012. *Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 488p.
- IPBES. 2016. Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader, and B. F. Viana (eds.). Secretariat of IPBES, Bonn, Germany, pp. 1–30.
- IPBES. 2019. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e Produção de alimentos no Brasil. Wolowski, M.; Agostini, K.; Rech, A.R.; Varassin, I.G.; Maués, M.; Freitas, L.; Carneiro, L.T.; Bueno, R.O.; Consolaro, H.; Carvalheiro, L.; Saraiva, A.M.; Silva, C.I. Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador. 93p.
- Jaffé, R.; Pope, N.; Carvalho, A.T.; Maia, U.M.; Blochtein, B.; Carvalho, C.A.L.; Carvalho-Zilse, G.A.; Freitas, B.M.; Menezes, C.; Ribeiro, M.F.; Venturieri, G.C. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2015. Bees for Development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *Plos One*, 10(3): 1-21.
- Johnson, R.M.; Ellis, M.D.; Mullin, C.A.; Frazier, M.; Johnson, R.M.; Ellis, M.D.; Mullin, C.A. & Frazier, M. 2010. Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie*, 41: 312-331.
- Klein, A.M.; Vaissiere, 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(1608): 303-313.
- Lee, K.V.; Steinhauer, N.; Rennich, K.; Wilson, M.E.; Tarpy, D.R.; Caron, D.M.; Rose, R.; Delaplane, K.S.; Baylis, K.; Lengerich, E.J.; Pettis, J.; Skinner, J.A.; Wilkes, J.T.; Sagili, R. & Vanengelsdorp, D. 2015. A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie*, 46: 292-305.
- Mader, E.; Spivak, M. & Evans, E. 2010. *Managing Alternative Pollinators: A Handbook for Beekeepers, Growers, and Conservationists*. New York: SARE and NRAES, 162p.
- Magalhães, C.B. & Freitas, B.M. 2013. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. *Apidologie*, 44: 234-239.
- Malagodi-Braga, K.S. & Kleinert, A.M.P. 2004. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 771-773.
- Melo, G.A.R.; Varassin, I.G.; Vieira, A.O.S.; Menezes-Junior, A.O.; Lowenberg-Neto, P.; Bressan, D.F.; Elbl, P.M.; Moreira, P.A.; Oliveira, P.C.; Zanon, M.M.F.; Androcioli, H.G.; Ximenes, B.M.S.; Alves, D.S.M.; Cervigne, N.S.; Prado, J. & Ide, A.K. 2014. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. p. 207-254. *In: Yamamoto, Y.; Oliveira, P.E. & Gaglianone, M.C. (coords.). Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Rio de Janeiro: Funbio. 404p.
- Memmott, J.; Waser, N.M. & Price, M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London*, 271: 2605-2611.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*, 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 992p.
- Miranda, A. 1993. Manejo de fauna silvestre. *Ciencias*, 103-110.
- Morse, R.A. & Calderone, N.W. 2000. The value of honey bees as pollinators of US crops in 2000. *Bee culture*, 128: 1-15.
- Novais, S.M.A.; Nunes, A.A.; Santos, N.B.; D'Amico, A.R.; Fernandes, G.W.; Quesada, M.; Braga, R.F. & Neves, A.C.O. 2016. Effects of a Possible Pollinator Crisis on Food Crop Production in Brazil. *Plos One*, 11(11): e0167292. DOI:10.1371/journal.pone.0167292.

- Nunes-Silva, P.; Hnrcir, M.; Shipp, L.; Imperatriz-Fonseca, V.L. & Kevan, P.G. 2013. The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) flowers: pollination and reward perception. *Journal of Pollination Ecology*, 11(5): 33-40.
- Oliveira, R. & Schlindwein, C. 2009. Searching for a Manageable Pollinator for Acerola Orchards: The Solitary Oil-Collecting Bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 265-273.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. How many flowering are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.
- Pitts-Singer, T.L. & Cane, J.H. 2011. The alfafa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, 56: 221-237.
- Pitts-Singer, T.L. 2008. Past and present management of alfalfa bees, p.105-123. In: R. James, R.R. & Pitts-Singer, T.L. (eds.). *Bees in agricultural ecosystems*. New York: Oxford University Press. 232p.
- Potts, S.G.; Biesmeijer, J.C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 345-53.
- Pywell, R.F.; Warman, E.A.; Hulmes, L.; Hulmes, S.; Nuttall, P.; Sparks, T.H.; Critchley, C.N.R. & Sherwood, A. 2006. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation*, 129: 192-206.
- Rêgo, M.M.C.; Albuquerque, P. M. C.; Ramos M. C.; Silva, O.; Mendes, F. N. & Ribeiro, E.K.M.D. 2014. Polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae) em uma área nativa: diversidade de espécies, nidificação e seu uso sustentável na agricultura, p. 131-153. In: Yamamoto, M.; Oliveira, P. M. & Gaglianone, M.C. (Coord.), *Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Rio de Janeiro: Funbio, 404p.
- Reis, F.A.L.M.; Reis, I.T.; Freitas, B.M.; Milfont, M.O. & Rizzardo, R.A.G. 2012. Diversidade comportamental entre diferentes espécies de abelhas *Xylocopa* visitantes de uma mesma área de cultivo de urucum (*Bixa orellana* L.). In: *Anais do VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, Palmas-TO.

- Ricketts, T.H.; Regetz, J.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Bogdanski, A.; Gemmill-Herren, B.; Greenleaf, S.S.; Klein, A.M.; Mayfield, M.M.; Morandin, L.A.; Ochieng, A., Potts, S.G. & Viana, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11: 499-515.
- Roselino, A.C.; Santos, A.B. & Bego, L.R. 2010. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. *Revista Brasileira de Biociência* 8: 154-158.
- Roulston, T.H. & Goodell, K. 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology*, 56: 293-312.
- Roubik, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Italia: FAO. Agricultural Services Bulletin. 196p.
- Sazan, M.S. 2015. *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius, 1804) e *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874 (Hymenoptera: Apidae: Centridini): polinizadores de *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae) com diferentes potencialidades para manejo. Tese (Doutorado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, Ribeirão Preto-SP. 142p.
- Schlindwein, C.; Martins C.F.; Zanella, F.; Oliveira, R.; Ferreira R. P.; Guedes, R.S.; Vital, M.T A. B.; Oliveira, M.D. & Ferreira, A.G. 2014. Os polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) no nordeste do Brasil: manejo e demandas ambientais, p. 155-183. In: Yamamoto, M.; Oliveira, P. M.; Gaglianone, M.C. (Coord.), *Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Rio de Janeiro: Funbio, 404p.
- Sedivy, C. & Dorn, S. 2014. Towards a sustainable management of bees of the subgenus *Osmia* (Megachilidae; *Osmia*) as fruit tree pollinators. *Apidologie*, 45:88–105.
- Sihag, R.C. 1993. Behaviour and ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 6. Foraging dynamics, crop hosts and pollination potential. *Journal of Apicultural Research*, 32(2): 94-101.

- Steward P.R ; Shackelford G.; Carvalheiro, L.G.; Benton, T.G.; Garibaldi, L.A. & Sait S.M. 2014. Pollination and biological control research: are we neglecting two billion smallholders. *Agriculture & Food Security*, 3:5.
- Vaissière, B.E.; Freitas, B.M. & Gemmill-Herren, B. 2011. Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: A handbook for its use. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Velthuis, H.H.W. & Van Doorn, A. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37: 421-451.
- Venturieri, G.C.; Alves, D.A.; Villas-Bôas, J.K.; Carvalho, C.A.; Menezes, C.; Vollet-Neto, A.; Contrera, F.A.L.; Cortopassi-Laurino, M.; Nogueira-Neto, P. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2012. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para uso na polinização agrícola. p.213-236. *In: Imperatriz-Fonseca, V.L.; Canhos, D.A.L.; Alves, D.A. & Saraiva, A.M. Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 488p.
- Venturieri, G.R.; Venturieri, G.C. & Venturieri, G.A. 2016. Suggested methodology to evaluate the effectiveness of artificial introduction of stingless beehives in the productivity of assai palm tree orchards. *Biota Amazônia*, 6(4): 107-108.
- Viana, B.F.; Coutinho, J.G.E.; Garibaldi, L.A.; Gastagnino, G.L.B.; Gramacho, C.P. & Silva, F.O. 2014. Stingless bees further improve apple pollination and production. *Journal of Pollination Ecology*, 14(25): 261-269.
- Winfree, R.; Aguilar, R.; Vazquez, D.P.; LeBuhn, G. & Aizen, M.A. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90: 2068-2076.

CAPÍTULO 1

POTENCIAL PARA MANEJO DE ABELHAS MEGACHILIDAE (INSECTA, HYMENOPTERA) EM ÁREAS DE MATA ATLÂNTICA

Resumo

O manejo de polinizadores é uma ferramenta importante para aumentar a reprodução de plantas nativas e cultivadas e promover a conservação de ecossistemas. Megachilidae é um grupo de abelhas economicamente importantes em países temperados e no Brasil, não há registros de manejo dessas abelhas para avaliar seu potencial de restauração florestal na Mata Atlântica. Neste estudo, busca-se descrever a comunidade e a biologia de nidificação de Megachilidae, caracterizando de acordo com uma classificação quanto ao potencial de manejo. Um total de 170 ninhos-armadilha de bambu e de cartolina preta foi disponibilizado mensalmente em cada um dos 13 pontos amostrais distribuídos em quatro fragmentos florestais de Mata Atlântica (RJ). As abelhas foram avaliadas e classificadas de acordo com as informações referentes aos critérios importantes para potencial de manejo. Oito espécies de Megachilidae construíram 273 ninhos no período de março de 2016 a fevereiro de 2018 (1 espécie de *Carloticola*, 1 de *Epanthidium* e 6 de *Megachile*). A tribo Anthidiini correspondeu a 71,4% dos ninhos ocupados e Megachilini a 27,5%, principalmente no início da estação seca e final da chuvosa. Os pontos amostrais com maiores valores de abundância de ninhos para as tribos Anthidiini e Megachilini compreenderam cerca de 70% dos ninhos (P11, P12 e P13). Para as quatro espécies com maior abundância de ninhos construídos, destaca-se as que receberam maior pontuação na somatória dos diferentes critérios de potencial de manejo: *E. tigrinum* (apresentou valores máximos em cinco dos 8 critérios), seguido de *M. pseudanthidioides*, *Megachile* sp3 e *M. stilbonotapis*. Essas características da biologia de nidificação avaliadas na comunidade de Megachilidae (abundância, distribuição e sazonalidade de ninhos, tipos de substratos e arquitetura dos ninhos construídos e taxa de parasitismo) nos fragmentos de Mata Atlântica possibilitou compreender as respostas de cada espécie aos critérios avaliados na análise do potencial de manejo.

Palavras-chave: Biologia de Nidificação, Abelhas Solitárias, Polinizadores, Ninhos-armadilha, Florestas Estacionais Semidecíduais.

1. Introdução

Na região Neotropical, a família Megachilidae é composta por aproximadamente 924 espécies de abelhas (Moure *et al.*, 2012). A maioria destas espécies é solitária, mas algumas são comunais e parasitas (Silveira *et al.*, 2002). Seus ninhos podem ser construídos em cavidades pré-existentes em solo, rocha, madeira, folha enrolada, cupinzeiro abandonado ou estruturas de outros animais como concha, ou escavados em solo, madeira morta e esterco seco de gado ou, ainda, células expostas sobre rochas, ramos e folhas (Silveira *et al.*, 2002; Raw, 2004). Além de incorporarem areia, argila ou pequenos fragmentos minerais e vegetais, ninhos de espécies desta família são construídos com fragmentos vegetais (folhas ou pétalas) ou ainda com resinas florais (Krombein, 1967; Raw, 2004).

Uma das características morfológicas distintivas das abelhas da subfamília Megachilinae é a escopa abdominal ventral nas fêmeas, utilizada para o transporte de pólen (Silveira *et al.*, 2002). Outra característica entre essas abelhas é a presença de lâminas cortantes entre os dentes nas mandíbulas em fêmeas do gênero *Megachile* (Megachilini), utilizadas para cortar tecidos vegetais para a construção e revestimento de suas células de cria (Raw, 2004; Michener, 2007). Assim, as espécies desse gênero é conhecida como abelhas cortadoras de folhas e pétalas ou “leafcutter bees” e ao grupo de abelhas Megachilinae que constroem seus ninhos com resina vegetal, argila e folhas mastigadas é dado o nome de “mason bees” (Raw, 2007).

Espécies de Megachilidae, na região Neotropical, são relatadas como visitantes florais de cerca de 330 espécies de 66 famílias de plantas (Raw, 2007), constituindo um cenário ideal para estudos do potencial deste grupo de abelhas como polinizadores efetivos e em programas de manejo dirigido. Espécies de Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae e Scrophulariaceae são constituídas como fontes alimentares principais (Garófalo *et al.*, 2004; Schlindwein, 2004; Nogueira & Vaz-de-Arruda, 2006; Raw, 2007; Buschini *et al.*, 2009; Mello, 2014). Quanto ao seu valor econômico como polinizadores para cultivos agrícolas, poucas espécies de Megachilidae, para as quais foi proposto um eficiente sistema de criação e manejo, foram introduzidas em diversos países na América do Norte, Ásia e Europa (Gonzalez *et al.*, 2010; Sheffield, 2014; Boyle & Pitts-Singer, 2017). *Megachile rotundata* (Fabricius) e abelhas do gênero *Osmia*, são exemplos importantes na produção de sementes de alfafa e cenoura e na polinização de amêndoa, canola,

cereja, maçã, morango e pera na América do Norte (Pinzauti, 1993; Soroka *et al.*, 2001; Bosch *et al.*, 2006; Maccagnani *et al.*, 2007; Pitts-Singer *et al.*, 2008; Pitts-Singer & Cane, 2011). O uso dessas abelhas no manejo em áreas agrícolas é facilitado pelo grande volume de informações sobre sua biologia e história natural (Pitts-Singer & Cane, 2011).

No Brasil, o manejo dirigido de abelhas nativas solitárias para polinização, através do incremento e manutenção de uma única espécie ou de um número reduzido de espécies de interesse, é pouco explorado. Os estudos dos aspectos ecológicos e biológicos foram relatados para espécies dos gêneros *Centris* em áreas cultivadas próximas às áreas de Mata Atlântica (Oliveira & Schlindwein, 2009; Magalhães & Freitas, 2013; Sazan, 2015) e *Xylocopa* em áreas cultivadas (Freitas & Oliveira-Filho, 2001; Junqueira & Augusto, 2017), e nenhuma outra espécie de abelha solitária foi utilizada como polinizador. O manejo dirigido de abelhas nativas, além de garantir a polinização ou a geração de produtos diversos, visa também à conservação das espécies (Melo *et al.*, 2014). Porém, o sucesso e otimização dessas intervenções dirigidas dependem do volume de informações adquiridas sobre a biologia e ecologia das espécies de interesse.

Dado o conhecimento da maior riqueza registrada de abelhas Megachilidae da região Neotropical (Raw, 2007) e a grande demanda pela polinização em áreas nativas e cultivadas, recomenda-se um esforço nos estudos sobre o manejo dirigido das espécies nativas de Megachilidae do Brasil (Wittmann & Hoffmann, 1990; Garófalo *et al.*, 2004; Raw, 2007; Fontes *et al.*, 2016). Sabe-se que as florestas tropicais abrigam grande parte da biodiversidade, fornecendo serviços ecossistêmicos e produtos para as comunidades locais; contudo, como resultado da perturbação antrópica, esse ecossistema e seus papéis ecológicos encontram-se ameaçados (Laurance & Cassman, 2014). Portanto, o manejo apropriado das atividades humanas nesses sistemas é necessário visando identificar os polinizadores de plantas que atendam às necessidades locais de recuperação florestal e de demanda na agricultura.

Assim, o conhecimento dos aspectos biológicos e ecológicos das espécies de Megachilidae irá auxiliar na seleção de espécies potenciais para o manejo, no desenvolvimento de modelos sistemáticos e técnicas de criação adequadas e na polinização dirigida de plantas nativas e cultivadas (Garófalo *et al.*, 2004). Neste estudo, busca-se descrever a biologia de nidificação de algumas espécies de

Megachilidae da Mata Atlântica, caracterizando-as de acordo com uma classificação quanto ao potencial de manejo visando ao incremento de suas populações.

2. Materiais e Métodos

2.1 Áreas de Estudo

Este trabalho foi desenvolvido em quatro fragmentos florestais de Mata Atlântica, constituídos pelo tipo fitofisionômico floresta estacional semidecidual de terras baixas ou mata dos tabuleiros, localizados no município de São Francisco de Itabapoana, norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1). Segundo moradores locais, essa região possui o histórico de fragmentação, principalmente devido a exploração de madeira para produção de carvão e pelos ciclos de expansão da agropecuária.

O fragmento florestal mais significativo desta formação no estado do Rio de Janeiro é a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba-EEEG (21°24'S 41°04'W, denominada neste estudo como Fragmento 1 - F1). Esta área apresenta em seu histórico de desmatamento, atividades canavieiras e pecuárias e retirada de madeira para produção de carvão vegetal e comercialização das madeiras nobres como *Paratecoma peroba* (Record) Kuhl. e *Melanoxylon brauna* Schott (Nascimento & Silva, 2003). Atualmente, a EEEG é constituída por 1.190 ha de mata nativa, 535 ha de área em restauração pelo plantio de mudas nativas e matriz com pastagens, estradas e propriedades rurais com diversas atividades agropecuárias (Figura 2A). O dossel da floresta é contínuo, com altura média das árvores em torno de 15 m e um sub-bosque pouco desenvolvido (Abreu, 2013; Broggio, 2018).

Outros três fragmentos desta fitofisionomia estudados no presente trabalho estão localizados em propriedades rurais adjacentes ao F1, com diferentes tamanhos, graus de perturbação e matrizes da paisagem, onde estão sendo desenvolvidas iniciativas que visam à recuperação de áreas degradadas, promovidas pelo Programa Rio Rural desde 2008 (RioRural, 2019).

O remanescente de mata dos Srs. João R. Moreira, Ismael B. Santos e Jorge C. Silva (21°22'47"S 41°08'04"W, Fragmento 2 - F2) é o mais próximo de F1 (500 m), com 25 ha e sua matriz é composta por pasto e plantio de maracujá (Figura 2B). O referido fragmento foi contemplado com subprojetos de recuperação de mata

ciliar, no qual cada produtor rural, inicialmente, isolou 0,5 ha de sua área adjacente à mata e realizou o plantio de mudas de espécies nativas e exóticas (RioRural, 2016).

O outro fragmento (21°21'53"S 41°07'49"W, Fragmento 3 - F3) pertence ao Salmo C. Duarte e Mario Carlos C. Santos, ambos beneficiados com subprojetos de recuperação de mata ciliar, no qual cada produtor isolou 2 ha de sua propriedade e plantou mudas de espécies nativas e exótica (RioRural, 2016). Atualmente, o fragmento contém 6 ha, sendo a matriz composta por cana-de-açúcar, maracujá, mandioca e manga (Figura 2C) e dista cerca de 3 km de F1.

O último fragmento estudado (21°24'42"S 41°06'22"W, Fragmento 4 - F4) pertence ao Francisco Carlos Rosa Neto, contemplado com o subprojeto de proteção de nascente (RioRural, 2016). No qual inicialmente este produtor isolou 1 ha de sua área de mata e atualmente o fragmento possui 12 ha e matriz de mandioca, jiló e abacaxi (Figura 2D), distando cerca de 3,3 km de F1. A distância entre esses três fragmentos florestais é dada a seguir: F2 a F3 - 4,5 km, F2 a F4 - 5,1 km e F3 a F4 - 1,6 km.

O clima da região tem uma estação seca marcada de abril a setembro e o período mais chuvoso de outubro a março (Figura 3). A precipitação média anual é de aproximadamente 1100 mm (RadamBrasil, 1983), contudo, no período estudado a precipitação foi mais baixa no primeiro ano de estudo com cerca de 630 mm (março de 2016 a fevereiro de 2017) e no segundo ano com cerca de 400 mm (março de 2017 a fevereiro de 2018). A média da temperatura e umidade anual durante o estudo foi de 25,15°C e 75,04%, respectivamente. A variação climática que engloba o período do presente estudo foi feita a partir de dados obtidos da estação meteorológica da Estação Ecológica de Guaxindiba, administrada pelo INEA-RJ. O latossolo da região é argiloso amarelo álico com pouca retenção de água e pobre em nutrientes (Villela *et al.*, 2006).



Figura 1. Localização dos fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (F1: EEG; F2: Mata do João e Jorge; F3: Mata do Salmo e Mário Correia; F4: Mata do Francisco Carlos).

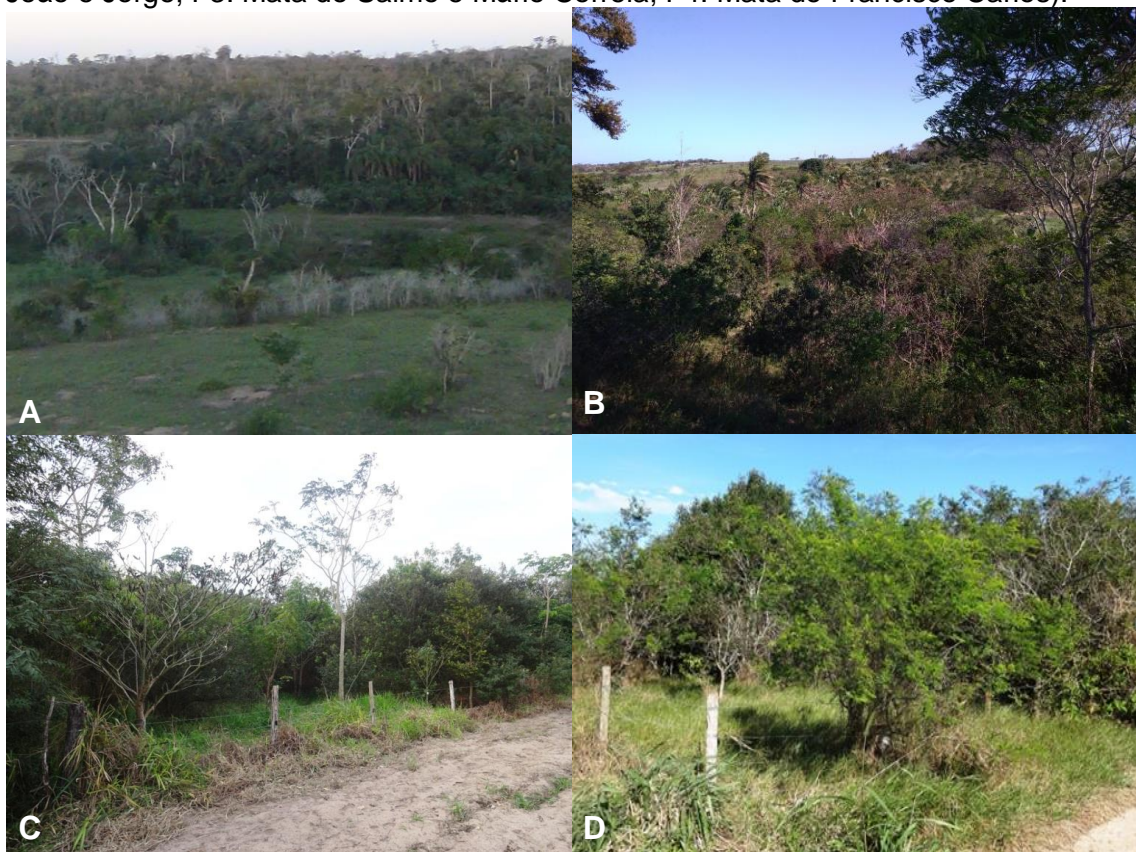


Figura 2. Fitofisionomias dos quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (A: F1; B: F2; C: F3; D: F4).

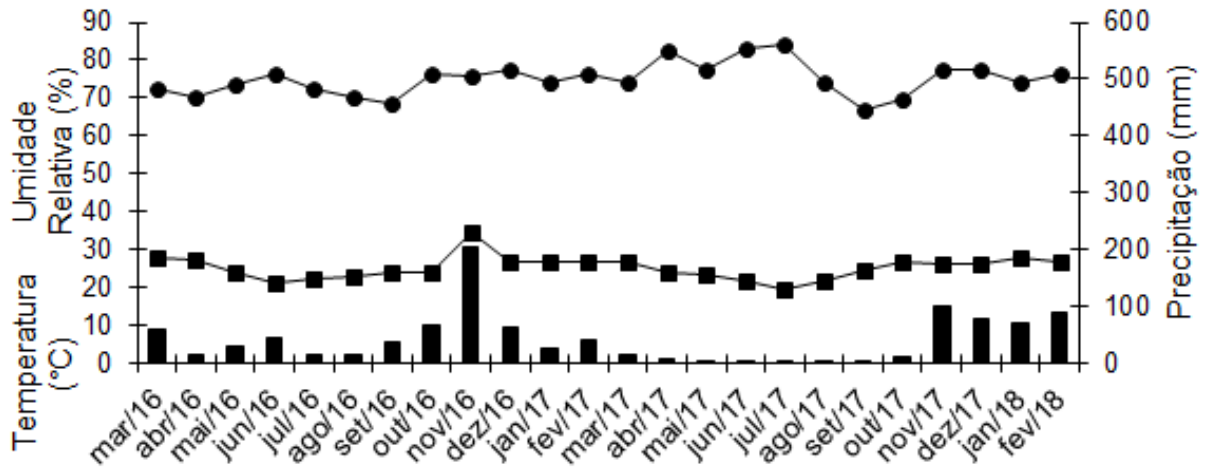


Figura 3. Condições climáticas entre março de 2016 e fevereiro de 2018 no local de estudo do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Temperatura Média (°C): quadrados; Umidade Relativa Média (%): círculos; Precipitação Total (mm): barras.

2.2 Delineamento Amostral e Coleta de Dados das Abelhas

A técnica de ninhos-armadilha consiste em cavidades artificiais oferecidas para que as abelhas nidifiquem, e os modelos mais utilizados são blocos de madeira perfurados (Frankie *et al.*, 1993), gomos de bambu (Jayasingh & Taffe, 1982) e tubos de cartolina inseridos em placas de madeira (Camillo *et al.*, 1995). Neste estudo, foram utilizados ninhos-armadilha confeccionados em dois substratos: gomos de bambu secos fechados em uma das extremidades pelo próprio nó e tubos de cartolina preta, com diâmetros de 5 a 25 mm, de preferência por abelhas Megachilidae, e comprimentos de 40 a 250 mm.

Os ninhos-armadilha foram instalados em 13 pontos amostrais, 10 pontos em F1 e um ponto em cada um dos fragmentos, F2, F3 e F4. O monitoramento destes ninhos foi realizado mensalmente durante dois anos, de março de 2016 a fevereiro de 2018. Em cada um dos 13 pontos amostrais foram selecionadas duas estações amostrais, com distância de no mínimo 100 m entre elas, contendo os ninhos-armadilha a 1,50 m do solo e protegidos de chuva. Cada estação amostral foi constituída da seguinte forma: 45 tubos de cartolina em um bloco de madeira e 40 gomos de bambu arrumados em três feixes (Figura 4). Um total de 170 ninhos-armadilha foi disponibilizado mensalmente em cada ponto amostral (85 em cada estação amostral) nos quatro fragmentos estudados.

Os ninhos de Megachilidae ocupados no campo foram levados para o laboratório e colocados em mangueira plástica transparente em condições ambiente.

Após a emergência, as espécies de abelhas e de cleptoparasitas e parasitóides associados aos ninhos foram sacrificadas em acetato de etila, montadas em alfinete entomológico e, após identificação taxonômica, depositadas na Coleção de Zoologia do LCA/UENF.



Figura 4. Ninhos-armadilha de tubos de cartolina preta inseridos em bloco de madeira (à esquerda) e de gomos de bambu arranjado em três feixes (à direita) instalados nas áreas de estudo.

2.3 Caracterização das variáveis ambientais dos pontos amostrais

Para responder a um dos critérios da classificação do potencial de manejo das abelhas Megachilidae descritos no próximo tópico 2.4, a caracterização abiótica dos pontos amostrais foi descrita quanto à velocidade média do vento, cobertura do dossel, temperatura média, umidade relativa do ar média e intensidade luminosa média de cada um dos 13 pontos amostrais. As medidas das variáveis ambientais foram tomadas em um período na estação seca e outro na estação chuvosa, nos 13 pontos amostrais, onde foram calculados os valores médios que serviram para a caracterização de cada ponto amostral como um todo.

A velocidade do vento (m/s) foi medida através de um anemômetro manual a 2 m do solo nos quatro pontos cardeais. Os dados de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade (%) foram obtidos em um termohigrômetro digital. Cada ponto amostral nas parcelas teve incidência luminosa (μmols) inferida em oito locais com o uso do radiômetro (foto-radiômetro Li-Cor® LI-250A). Todas essas medições foram realizadas em dias ensolarados das 11 às 13 horas.

Para a avaliação da cobertura do dossel, foi utilizado um densiômetro esférico convexo nos quatro pontos cardiais de cada ponto amostral. O densiômetro é um espelho convexo dividido em 24 quadrantes, cada quadrante foi dividido em quatro

partes e para sua leitura foram contados quantos quartos do quadrante refletiam o dossel. A quantidade de quadrantes é multiplicada por 1,04, resultando na porcentagem estimada da cobertura de área ocupada pelo dossel.

2.4 Avaliação do Potencial de Manejo de Ninhos

A fim de selecionar espécies de abelhas Megachilidae com características favoráveis para manejo, foi realizada uma metodologia através de critérios biológicos. Diante disto, a tabela 1 foi construída utilizando-se os seguintes critérios:

a) Abundância de ninhos – espécies candidatas para manejo possuem sucesso na aceitação e ocupação de ninhos-armadilha (Roubik, 1995; Oliveira & Schindwein, 2009; Fontes *et al.*, 2016).

b) Distribuição em diferentes pontos – é dada como a capacidade de ocupação de uma espécie de abelha em diferentes locais onde os ninhos são dispostos (de acordo com item 2.3), indicando maior adaptação às diferenças ambientais encontradas e maior plasticidade fenotípica com potencial de adaptação às condições distintas de variáveis climáticas encontradas em diferentes ambientes (Roubik, 1995; Santos, 2011; Fontes *et al.*, 2016).

c) Sazonalidade – espécies podem nidificar em um período curto (sazonal) ou longo (não sazonal) durante o tempo avaliado. Segundo Roubik (1995), um aspecto do potencial de manejo levantado é a longa atividade de reprodução das abelhas e, conseqüentemente, a longa atividade de forrageamento em espécies de plantas de interesse.

d) Gerações por ano – é dado como o tempo relativo de emergência do adulto que pode incluir um padrão de emergência univoltino (uma geração ao ano), bivoltino (duas gerações ao ano) ou multivoltino (mais de duas gerações ao ano), onde algumas espécies de abelhas podem apresentar período de diapausa em seu ciclo de vida (Torchio & Tepedino, 1982). Neste aspecto, entende-se que quanto maior o número de gerações por ano, maior a abundância da população de abelhas em uma dada área e maior seu potencial para o manejo (Roubik, 1995).

e) Uso de substratos de ninhos – o uso de ninhos-armadilha de bambu e de cartolina preta demonstra uma aceitação no uso de dois diferentes tipos de substratos, podendo este critério facilitar tanto a criação e manejo racional em larga

escala dessas abelhas quanto o transporte, a manipulação das células de cria e a flexibilidade no uso de substratos (Roubik, 1995; Santos, 2011).

f) Número médio de células de cria por ninho – o maior número de células construídas por ninho é uma garantia de disponibilidade de um grande número de indivíduos emergentes e da atividade de polinização realizada por eles (Fontes *et al.*, 2016).

g) Tipos de células de cria – um critério importante para abelhas candidatas ao manejo é a ocorrência do “sistema de células soltas”, onde os ninhos são constituídos por células de cria facilmente separadas (Richards, 1978). Esse sistema, quando as células são separadas facilmente, permite sua remoção de ninhos para transporte e armazenamento durante condições ambientais adversas para as abelhas, sem danificar o material de nidificação, além de dificultar a atividade de espécies associadas aos ninhos (Richards & Kevan, 2002; Santos, 2011).

h) Taxa de parasitismo por espécies associadas – está relacionada com a porcentagem de ninhos com espécies associadas e, quanto menor a ocorrência desta associação de outros insetos (como cleptoparasita, parasitóides e predadores) com os ninhos de abelhas, um maior potencial para manejo é inferido para tal espécie (Roubik, 1995).

Tabela 1. Informações referentes aos critérios e classificações do potencial de manejo e formas de avaliação. A classificação apresentada indica baixo (1), médio (2) ou alto (3) potencial para manejo.

Crítérios	Pesos das Classificações	Avaliação
Abundância de ninhos	1 (1-15 ninhos), 2 (16-25 ninhos), 3 (>26 ninhos)	Abundância de ninhos no campo
Distribuição em diferentes pontos	1 (ocupa pontos homogêneos), 2 (ocupa diferentemente pontos heterogêneos), 3 (ocupa similarmente pontos heterogêneos)	Taxa de ocupação por ponto amostral no campo, com ou sem distinções das variáveis ambientais
Sazonalidade	1 (ocorrência em uma única estação), 2 (um pico em cada estação), 3 (ocorre em todas as estações sazonais)	Atividade de construção de ninhos por estação sazonal
Gerações por ano	1 (1 geração), 2 (2 gerações), 3 (mais de 2 gerações)	Tempo de geração a partir da abundância dos emergentes
Uso de substratos de ninhos	1 (ocupa um único tipo de substrato), 2 (ocupa mais um substrato que outro), 3 (ocupa igualmente substratos utilizados)	Taxa de ocupação dos ninhos de bambu e cartolina preta
Número médio de células de cria por ninho	1 (<3 células), 2 (3 a 5 células), 3 (>5 células)	Análise da arquitetura interna de ninhos
Tipos de células de cria	1 (células não podem ser separadas), 2 (células separadas com dificuldade), 3 (células facilmente separadas)	Separação das células de cria uma das outras
Taxa de parasitismo por espécies associadas	1 (>30%), 2 (16 a 30%), 3 (5 a 15%)	Porcentagem de células atacadas por inimigos naturais

2.5 Análise de Dados

A abundância absoluta de número de ninhos e de emergentes e a abundância relativa foram analisadas para verificar a distribuição das espécies e o respectivo sucesso de ocupação nos 13 pontos dos quatro fragmentos estudados. A sazonalidade, avaliada através da abundância de ninhos e de indivíduos emergentes, foi comparada de acordo com as estações e as variáveis abióticas ao longo dos anos amostrados.

A similaridade de *Bray-Curtis* nos 13 pontos amostrais foi calculada no programa *Past*, para a observação da porcentagem de similaridade de cada ponto amostral de acordo com as variáveis biótica (cobertura do dossel) e abióticas inferidas (velocidade do vento, temperatura, umidade e intensidade luminosa). A fim de determinar as variáveis ambientais mais explicativas para a distinção dos pontos amostrais, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) aos dados das variáveis ambientais avaliadas em cada ponto amostral, utilizando-se o *software Action Stat 3.5.152.34*.

O número de gerações foi avaliado de acordo com a abundância de ninhos e emergentes ao longo do ano, sendo as espécies sazonais caracterizadas como univoltinas (uma geração ao ano) e bivoltinas (duas gerações ao ano) e, as espécies não sazonais como multivoltinas (ocorrem ao longo dos meses no ano).

O comprimento e o diâmetro dos ninhos-armadilha ocupados e o número de células construídas foram apresentados em seus valores mínimos e máximos, além da média e desvio padrão correspondente. Para verificar a relação entre o número de células construídas com o diâmetro do substrato utilizado foram realizadas análises de regressão linear. A taxa de mortalidade foi avaliada de acordo com a proporção de células de cria que não apresentaram emergência da espécie fundadora.

A avaliação do potencial de manejo das espécies de Megachilidae foi realizada com base nos critérios listados na Tabela 1. Porém, a classificação do potencial de manejo foi determinada apenas para as espécies com maior abundância de ninhos (≥ 15 ninhos), visto que, um padrão de potencial de manejo é difícil de observar para as espécies com menores valores de ninhos e emergentes. A classificação da pontuação de cada espécie foi aferida pela somatória total dos pontos de cada critério. As espécies com maior pontuação foram conceituadas como de maior potencial para o manejo, de acordo com as características avaliadas.

3. Resultados

3.1 Riqueza de Espécies e Abundância de Ninhos

Oito espécies de Megachilidae construíram 273 ninhos no período de março de 2016 a fevereiro de 2018: *Carloticola paraguayensis* (Schrottky, 1908), *Epanthidium tigrinum* (Schrottky, 1905), *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure, 1943, *Megachile (Pseudocentron) stilbonotaspis* Moure, 1945, *Megachile (Sayapis) cylindrica* Friese, 1906, *Megachile* sp1, *Megachile* sp2 e *Megachile* sp3 (Tabela 2).

A tribo Anthidiini correspondeu a 71,4% dos ninhos ocupados e Megachilini a 27,5%. Para 1,1% dos ninhos construídos não foi possível identificar a espécie fundadora, sabendo-se somente que eram ninhos pertencentes ao gênero *Megachile* devido à presença de células construídas com fragmentos de folhas; estes ninhos não foram considerados nos demais resultados apresentados neste trabalho (Tabela 2). No total, 552 indivíduos de Megachilidae (295 machos e 257 fêmeas) emergiram de 165 ninhos.

Tabela 2. Número de ninhos de Megachilidae construídos em ninhos-armadilha em quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (localização no item 2.1 Áreas de estudo).

Espécies de Megachilidae	F1	F2	F3	F4	Total de Ninhos
Anthidiini					
<i>Carloticola paraguayensis</i> (Schrottky, 1908)	10	1	0	0	11
<i>Epanthidium tigrinum</i> (Schrottky, 1905)	55	32	52	45	184
Megachilini					
<i>Megachile cylindrica</i> Friese, 1906	4	0	0	0	4
<i>Megachile pseudanthidioides</i> Moure, 1943	9	3	2	1	15
<i>Megachile stilbonotaspis</i> Moure, 1945	3	1	7	16	27
<i>Megachile</i> sp1	1	0	0	0	1
<i>Megachile</i> sp2	0	2	2	7	11
<i>Megachile</i> sp3	2	1	10	4	17
Megachilidae spp	0	0	1	2	3
Abundância de ninhos	84	40	74	75	273 ninhos
Riqueza de emergentes	7	6	5	5	9 espécies

Os pontos amostrais com maiores valores de abundância de ninhos para as tribos Anthidiini e Megachilini compreenderam cerca de 70% dos ninhos, P12 e P13 com 73 ninhos cada e P11 com 40 ninhos (Figura 5).

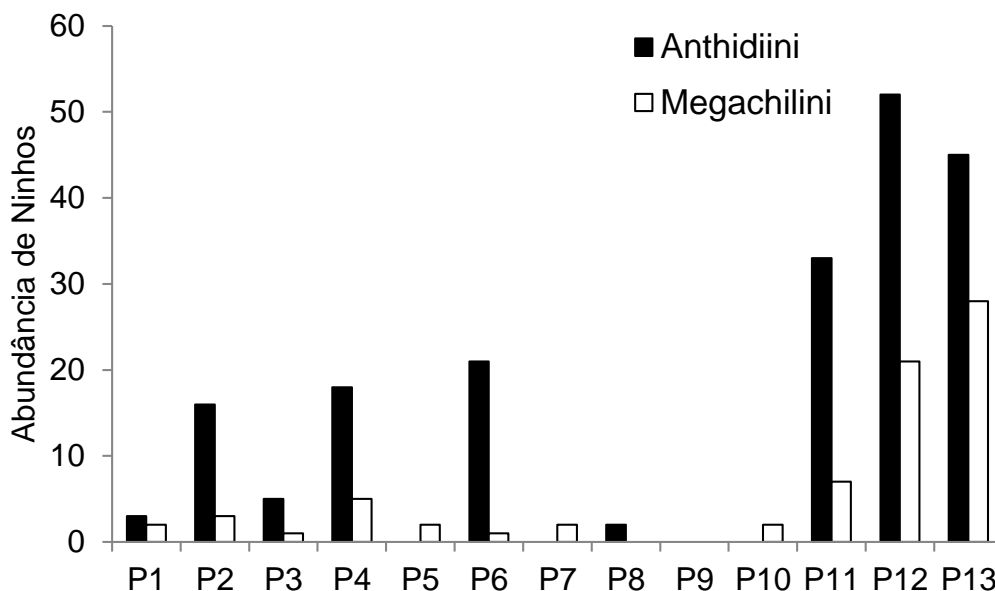


Figura 5. Número de ninhos das tribos de Megachilidae nos 13 pontos amostrais distribuídos nos quatro fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (F1: P1 a P10; F2: P11; F3: P12 e F4: P13).

3.2 Sazonalidade de Ninhos

A distribuição dos ninhos construídos ao longo do período amostral aponta picos de abundância de ninhos e de riqueza de espécies nidificando no início da estação seca, entre abril e junho de 2016 (temperatura média: 24,13^oC; umidade média: 73,30%; precipitação média: 30,5 mm), e na estação chuvosa, entre dezembro e fevereiro de 2017 (temperatura média: 26,85 ^oC; umidade média: 75,90% e precipitação média: 43,9 mm) (Figura 6).

O padrão do número de gerações ao ano encontrado para as espécies de Megachilidae, considerando o período de nidificação, foi variado com espécies univoltinas, bivoltinas e multivoltinas.

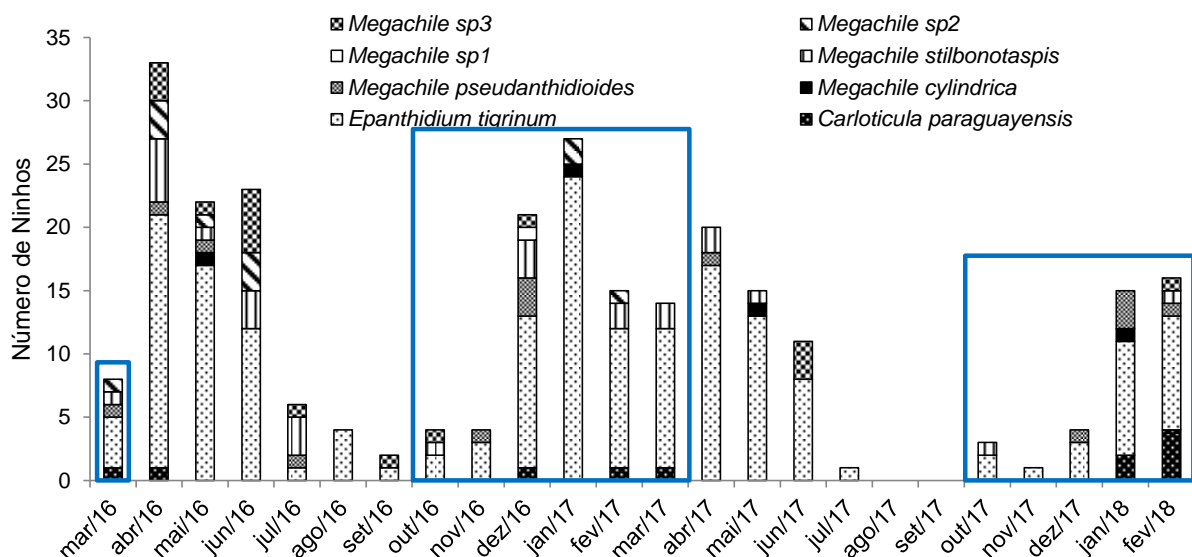


Figura 6. Variação mensal na abundância de ninhos construídos por espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Estação Chuvosa: marcação em azul e Estação seca: sem marcação).

3.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos

As abelhas ocuparam 128 ninhos de bambu (comprimentos de 5,2 a 25,3 cm e diâmetros de 0,6 a 6,2 cm) e 140 ninhos de cartolina (comprimento de 8 a 9,5 cm e diâmetros de 0,5 a 1,2 cm) (Tabela 3).

As abelhas da tribo Anthidiini construíram ninhos com material resinoso, onde as células eram dispostas de maneira linear em ninhos-armadilha com diâmetro de 0,5 a 0,92 cm (média= 0,66 ±0,08), inclinada em ninhos com diâmetro de 0,8 a 0,95 cm (média= 0,88 ±0,04) e sobreposta em ninhos com diâmetro de 1,19 a 2,0 (média= 1,48 ±0,23) (Material Suplementar 1).

As abelhas Megachilini construíram suas células com fragmentos de folhas vegetais (e às vezes argila dependendo da espécie) em uma série de células quando o ninho-armadilha apresentou diâmetro de 0,8 a 2,7 cm (média= 1,54 ± 0,66) e em mais de uma série de células em ninhos com diâmetro de 1,50 a 2,2 cm (média= 1,82 ± 0,27) (Material Suplementar 1).

Tabela 3. Comprimento e diâmetro dos ninhos-armadilha (NA) ocupados pelas espécies de Megachilidae. Dados expressos em valores mínimo e máximo (média \pm desvio padrão)

Espécie	Comprimento do NA (cm)	Diâmetro do NA (cm)
Anthidiini		
<i>Epanthidium tigrinum</i>	5,2 a 21,1 (10,7 \pm 3,8)	0,5 a 2,0 (0,8 \pm 0,4)
<i>Carloticola paraguayensis</i>	8,3 a 19,3 (10,4 \pm 4,2)	0,6 a 1,6 (0,9 \pm 2,9)
Megachilini		
<i>Megachile cylindrica</i>	8,6 a 18,6 (14,5 \pm 4,2)	0,8 a 1,5 (1,2 \pm 2,9)
<i>Megachile pseudanthidioides</i>	8,1 a 20,3 (15,6 \pm 4,3)	1,0 a 1,9 (1,4 \pm 3,7)
<i>Megachile stilbonotaspis</i>	5,8 a 25,3 (17,2 \pm 1,0)	1,0 a 2,2 (1,6 \pm 3,2)
<i>Megachile</i> sp1	17,0	1,6
<i>Megachile</i> sp2	10,0 a 22,8 (16,7 \pm 3,8)	1,1 a 2,7 (1,6 \pm 0,4)
<i>Megachile</i> sp3	12,7 a 19,9 (17,7 \pm 2,0)	1,1 a 1,8 (1,8 \pm 1,1)

3.4 Taxa de Mortalidade e Espécies Associadas aos Ninhos

Em 552 das 1125 células de Megachilidae construídas não houve emergência, o que perfaz 49,06% de mortalidade no período de março de 2016 a fevereiro de 2018. No total, cinco espécies de cleptoparasitas e duas de parasitóides emergiram de 36 ninhos, correspondendo a 13,3% dos 270 ninhos de Megachilidae (Tabela 4). Dentre esses 36 ninhos, 38% não houve emergência da espécie fundadora, os mesmos foram identificados a partir dos imaturos mortos encontrados no interior das células. Bombyliidae sp (Diptera) e *Coelioxys* spp (Megachilidae) foram as mais abundantes (44,4 e 25% dos ninhos parasitados), respectivamente; *Coelioxys* spp também foi a que parasitou o maior número de espécies de hospedeiros.

Tabela 4. Número de ninhos de abelhas Megachilidae onde ocorreu emergência de espécies associadas

Espécies	<i>Carloticola</i>	<i>Epanthidium</i>	<i>Megachile</i>	<i>Megachile</i>	<i>Megachile</i>
Associadas	<i>paraguayensis</i>	<i>tigrinum</i>	<i>pseudanthidioides</i>	<i>stilbonotaspis</i>	sp3
HYMENOPTERA					
<i>Coelioxys</i> spp ¹	2	-	1	3	3
<i>Hoplostelis</i>	-	1	-	-	-
<i>nigritula</i> ¹					
<i>Mesocheira</i>	-	1	-	-	-
<i>bicolor</i> ¹					
Chalcididae sp ²	-	4	-	-	-
Chrysididae spp ¹	-	2	-	-	-
DIPTERA					
Bombyliidae sp ²	1	13	-	1	-
Sarcophagidae sp ¹	1	-	-	1	1
HYMENOPTERA					
E DIPTERA					
Chrysididae sp ¹ e	-	1	-	-	-
Bombyliidae sp ²					
Abundância de ninhos	4	22	1	5	4

1- Cleptoparasitas (Alves-dos-Santos *et al.*, 2007; Michener, 2007; Lucena *et al.*, 2012); 2- Parasitóide (Yeates & Greathead, 1997; Tavares & Araújo, 2007; Mello-Patiu *et al.*, 2009).

3.5 Potencial de Manejo

Para as quatro espécies com maior abundância de ninhos construídos, *Epanthidium tigrinum*, *Megachile stilbonotaspis*, *Megachile pseudanthidioides* e *Megachile* sp3, os resultados dos critérios para uso na classificação do potencial de manejo foram definidos (Tabela 1):

3.5.1 Abundância e Distribuição de Ninhos

Através da análise de similaridade nos 13 pontos amostrais (Tabela 5, Figura 7, 8), o Grupo 1 (ES-G1: estação seca; EC-G1: estação chuvosa) constitui a maioria dos pontos com características de áreas abertas e menos preservadas, com menores valores de cobertura de dossel e umidade e maiores valores de temperatura, luminosidade e velocidade de vento; e o Grupo 2 (ES-G2: estação seca; EC-G2: estação chuvosa) com a maioria dos pontos com características de

áreas fechadas e bem preservadas, com maiores valores de cobertura de dossel e umidade e menores valores de temperatura, luminosidade e velocidade de vento. A Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou que 75,8% das relações entre as variáveis ambientais e os 13 pontos amostrais são explicadas pelos eixos 1 e 2 (Figura 8). Esta análise demonstrou que, de maneira geral, os pontos amostrais da paisagem mostraram-se bastante distintos com relação às variáveis ambientais investigadas.

Epanthidium tigrinum nidificou em nove pontos amostrais, cujos pontos pertenceram a grupos distintos: P2, P6, P12 e P13 pertencem aos grupos ES e EC-G1 e, P1, P3 e P4 aos ES e EC-G2 (Tabela 6). As espécies de Megachilini construíram poucos ninhos em cada ponto amostral. *Megachile pseudanthidioides* foi amostrada em pontos com variáveis ambientais distintas, pertencentes a todos os grupos, principalmente, ES e EC-G1 (P2, P6, P12 e P13). *Megachile stilbonotaspis* e *Megachile* sp3 construíram ninhos em cinco pontos amostrais, sendo a maioria em P12 e P13 (EC-G1 e ES-G1), além disso, estas espécies nidificaram em dois pontos em F1 (*M. stilbonotaspis*: P1 e P2 pertencem a grupos de variáveis ambientais distintos em ambas as estações; *Megachile* sp3: P4 e P10, que pertencem ao grupo de variáveis ambientais similares, ES-G2 e EC-G2) (Tabela 6).

Tabela 5. Velocidade média do vento (m/s), cobertura do dossel (%), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar média (%) e luminosidade média (μmols), de acordo com as estações sazonais (ES: estação seca; EC: estação chuvosa) nos 13 pontos amostrais pertencentes aos quatro fragmentos de mata atlântica avaliados.

Pontos Amostrais	Vento		Dossel		Temperatura		Umidade		Luminosidade	
	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC
P1	0,28	1,3	65,6	83,88	28,82	30	59,25	64	140,5	200
P2	1,37	1,6	61	73,01	30,9	35	45,25	54	455,4	505,38
P3	0,66	0,2	70,8	87,05	27	31,98	50	70,25	86	124,46
P4	0,4	1,5	65,2	80,63	28	31	50,5	65	88,65	140
P5	1,37	1,2	76,3	89,86	28,65	28	46,75	72	78,18	225
P6	0,74	0,8	56,7	73,09	30,25	32,22	44,75	61	628,3	543,44
P7	1,37	1,3	67,5	82,5	30,25	31	54,75	69,30	170,8	515
P8	0,73	0,8	62,3	84,53	26,97	30	54,25	62	344,2	302
P9	0,84	1,2	73,2	87,5	28	32	54,5	71,25	60,3	112
P10	0,67	0,15	71,9	90,67	26,05	29,05	66,5	73	223,7	230
P11	1,69	1,5	55,1	72,94	28,67	32,77	40	60,50	316,1	279,10
P12	1,52	1,62	50,6	76,28	29,52	34,48	29,75	51,75	364,3	429,25
P13	1,40	1,10	50,6	78,7	30,27	33,8	36,25	54	345	399,33

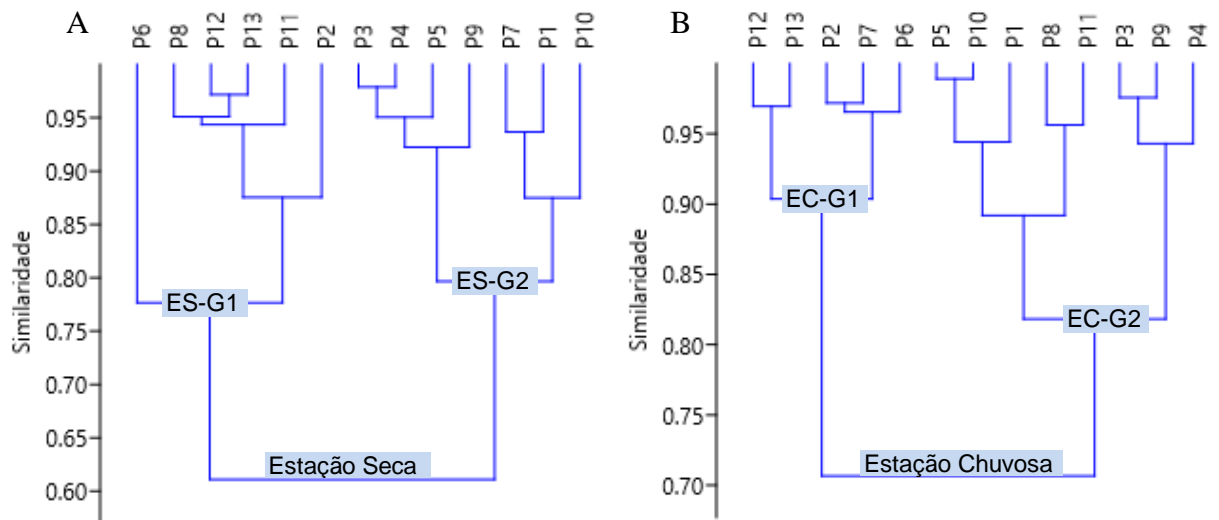


Figura 7. Dendrograma representativo da similaridade (coeficiente de Bray Curtis) entre os pontos amostrais com relação às variáveis ambientais da tabela 5, nas estações seca (A) e chuvosa (B). ES= Estação seca; EC= Estação chuvosa; G= grupos.

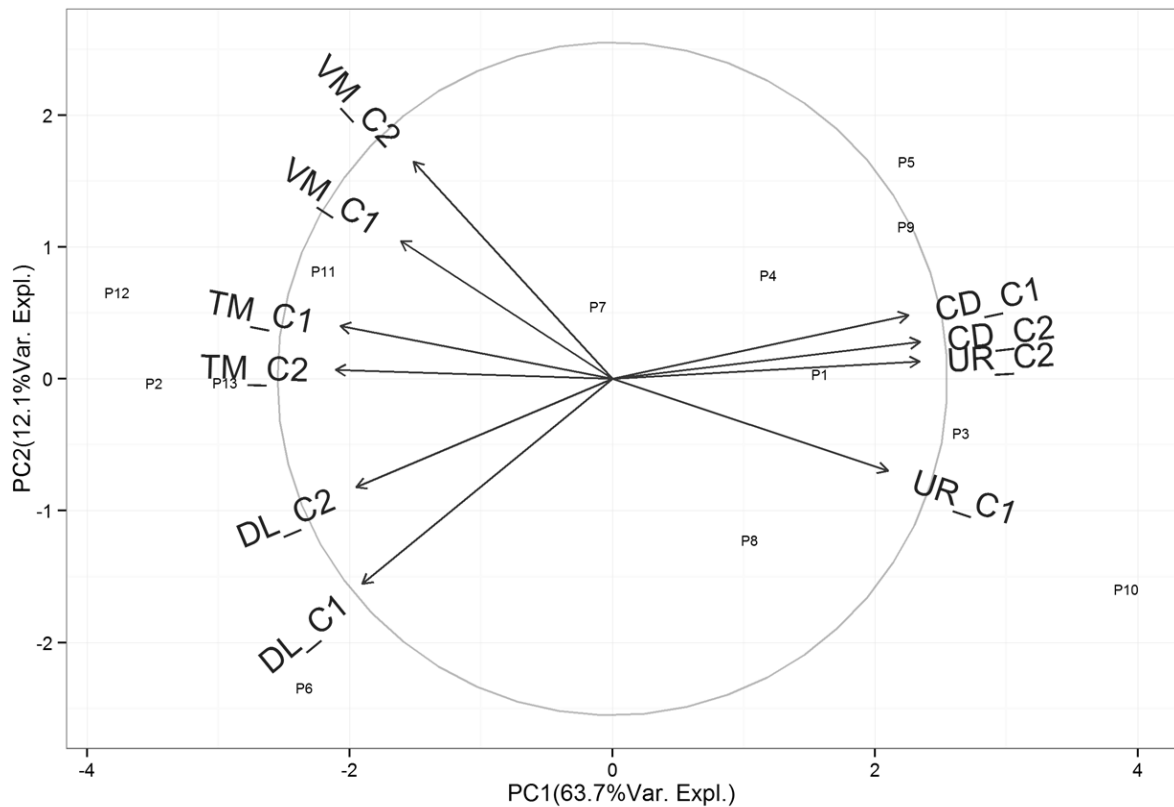


Figura 8. Análise de componentes principais (PCA) entre variáveis ambientais e pontos amostrais dos quatro fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (VM: Velocidade do vento média; CD: Cobertura do dossel; TM: Temperatura média; UR: Umidade relativa do ar média; DL: Intensidade Luminosa, C1: Estação Seca; C2: Estação Chuvosa).

Tabela 6. Número de ninhos de Megachilidae nos 13 pontos amostrais avaliados nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil

Espécies	F1								F2	F3	F4		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Epanthidium tigrinum</i>	2	16	2	15		19		1			32	52	45
<i>Megachile pseudanthidioides</i>	2	1		2	2	1	1				2	2	1
<i>Megachile stilbonotaspis</i>	1	2									1	7	13
<i>Megachile sp3</i>				2						1	1	10	4
Abundância Total	5	19	1	19	2	20	1	1	0	1	66	71	36

3.5.2 Sazonalidade de Ninhos e Emergentes

O maior número de nidificações ocorreu no período de abril a junho de 2016 (estação seca), e, no período de dezembro de 2016 a maio de 2017, meses que compreendem o final da estação chuvosa e início da seca (Figura 9).

Epanthidium tigrinum construiu ninhos em todos os meses, com exceção de agosto e setembro de 2017, meses de menores valores de precipitação, temperatura e umidade; sendo a abundância de ocupação de ninhos iguais entre as estações (Chuvosa: 49,2% e Seca: 50,8%). A maioria dos ninhos de *M. stilbonotaspis* e *Megachile sp3* foi construída principalmente na estação seca comparada a chuvosa (Seca: 57,7% e 82,4%; Chuvosa: 42,3% e 17,6%, respectivamente). *Megachile pseudanthidioides* construiu poucos ninhos nas duas estações, sendo a maior na estação chuvosa (60%) comparada à seca (40%).

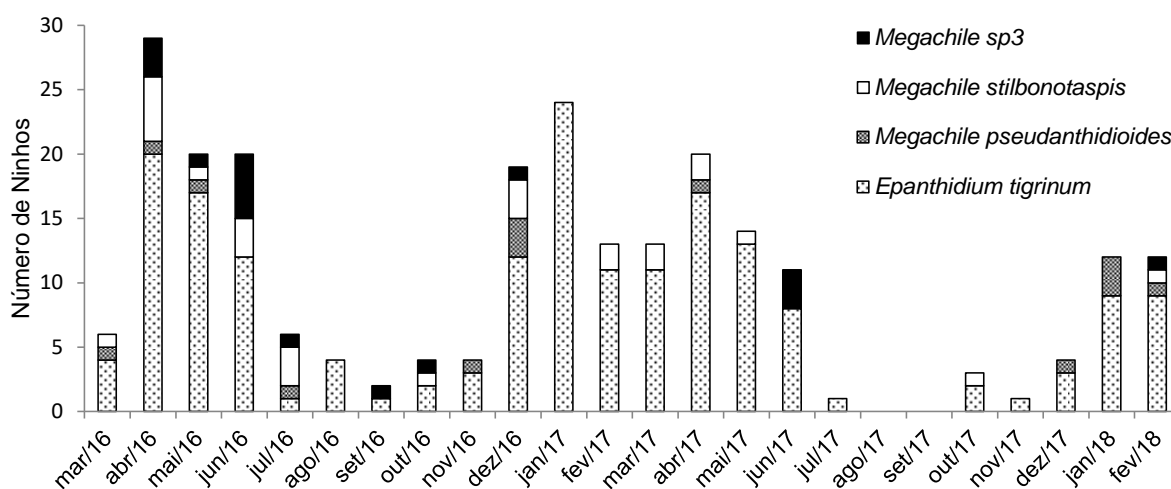


Figura 9. Variação mensal na abundância de ninhos construídos pelas quatro espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.

De acordo com a sazonalidade da abundância dos emergentes ao longo dos meses estudados, *E. tigrinum* foi caracterizada como multivoltina e as espécies de *Megachile* com padrão de emergência bivoltino (Figura 10).

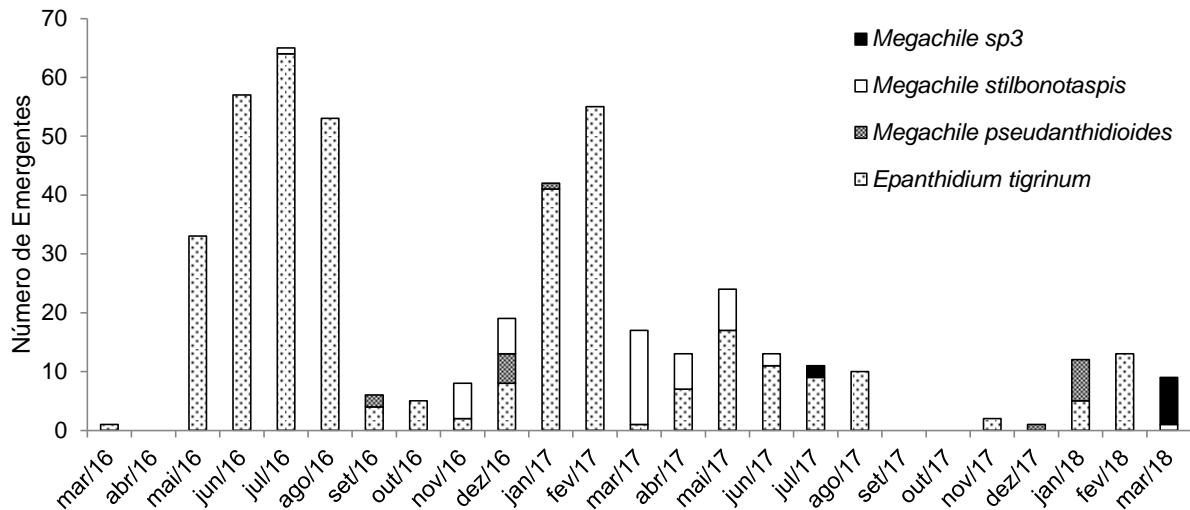


Figura 10. Variação mensal na abundância de indivíduos emergentes dos ninhos construídos pelas quatro espécies de Megachilidae amostradas ao longo dos anos nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.

3.5.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos

Todas as quatro espécies de abelhas ocuparam ninhos de bambu, sendo *M. stilbonotaspis* e *Megachile sp3* exclusivas neste substrato (Figura 11). As fêmeas das espécies construíram número médio similar de células por ninho, entre 4,2 a 4,9 células por ninho. Dentre as espécies, *E. tigrinum* construiu o maior número de células, variando de 2 a 16 células por ninho, seguida de 2 a 13 células construídas por *M. stilbonotaspis*, 2 a 11 por *Megachile sp3* e 2 a 9 por *M. pseudanthidioides* (Tabela 7). A análise de regressão mostrou relação positiva entre o número de células e o diâmetro do ninho-armadilha, com maiores valores de R^2 para *E. tigrinum* e *Megachile sp3* (Figura 12).

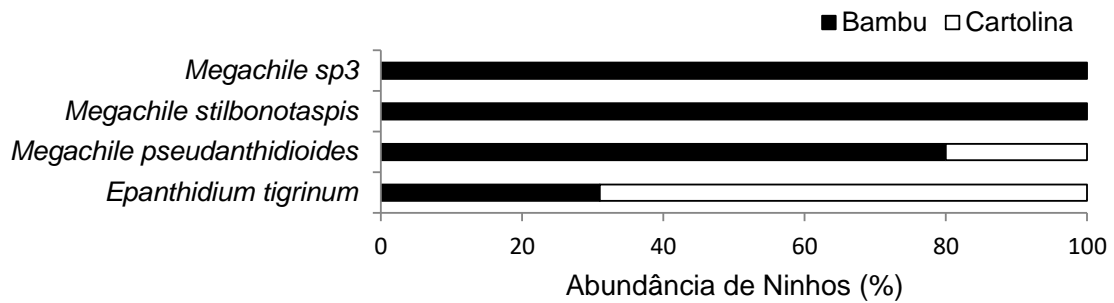


Figura 11. Ocupação de dois tipos de ninhos-armadilha ocupados por espécie de Megachilidae, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.

Tabela 7. Número de células construídas nos ninhos ocupados pelas espécies de Megachilidae. Dados expressos em valores mínimo e máximo (média \pm desvio padrão)

Espécie	Número de Ninhos	Número de Células	Total de Células
<i>Epanthidium tigrinum</i>	177	2 a 16 (4,9 \pm 2,9)	870
<i>Megachile pseudanthidioides</i>	11	2 a 9 (4,2 \pm 2,3)	47
<i>Megachile stilbonotaspis</i>	27	2 a 13 (4,5 \pm 2,5)	122
<i>Megachile sp3</i>	12	2 a 11 (4,6 \pm 3,3)	56

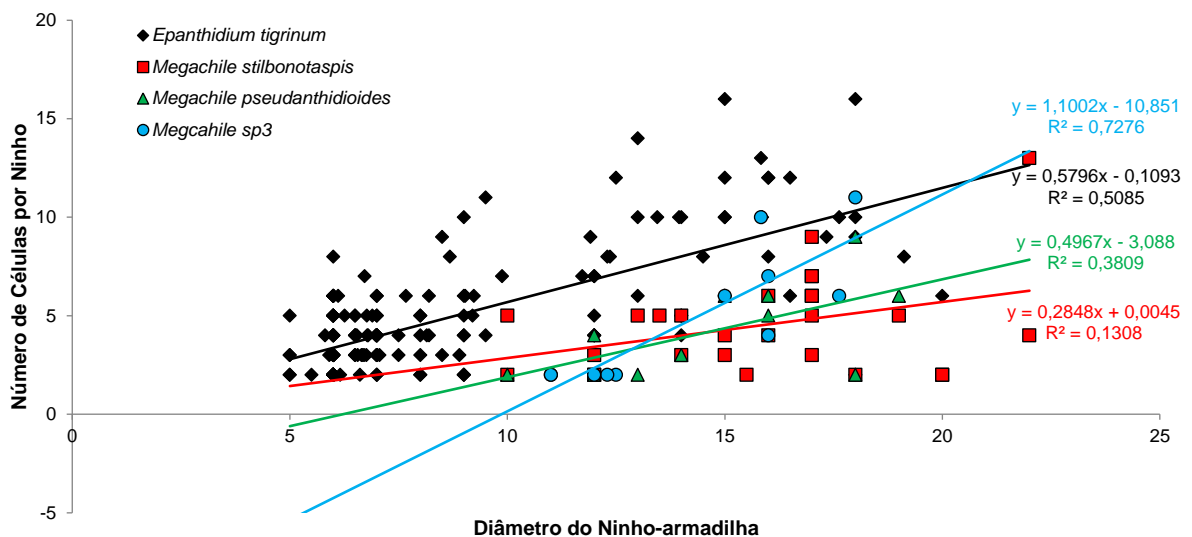


Figura 12. Relação de número de células construídas com o diâmetro dos ninhos-armadilha ocupados por Megachilidae no período de março de 2016 a fevereiro de 2018, nos fragmentos de floresta estacional semidecidual na região norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil.

Células de *E. tigrinum* foram construídas com material resinoso aderido às paredes internas dos ninhos-armadilha, sendo difícil a sua separação. Fêmeas de *M. pseudanthidioides* construíram seus ninhos com fragmentos de folhas e argila,

considerado nesse estudo como um grau de dificuldade moderado para a separação das células devido ao uso da argila nas partições e entre as folhas que formavam as paredes dos ninhos. *M. stilbonotaspis* e *Megachile* sp3 construíram ninhos com fragmentos de folhas vegetais arranjadas de maneira frouxa no interior dos ninhos-armadilha, sendo fácil a separação de suas células (Material Suplementar 1).

3.5.4 Cleptoparasita e Parasitóide

Megachile sp3 e *M. stilbonotaspis* apresentaram as maiores taxas de ninhos parasitados, 23,5% e 18,51% e *M. pseudanthidioides* a menor taxa, 6,6%. Dentre os 185 ninhos ocupados por *E. tigrinum*, 22 foram parasitados (11,8%).

3.5.5 Classificação de Potencial para Manejo

Sumarizando, a aplicação da matriz de seleção para as quatro espécies avaliadas (Tabela 8) destaca os Megachilidae que receberam maior pontuação na somatória dos diferentes critérios de potencial de manejo: *E. tigrinum* (apresentou valores máximos em cinco dos 8 critérios), seguido de *M. pseudanthidioides*, *Megachile* sp3 e *M. stilbonotaspis*.

Tabela 8. Pontuação dos parâmetros avaliados para uso da seleção de espécies de Megachilidae em uma escala de potencial de manejo.

Parâmetros Avaliados	<i>Epanthidium tigrinum</i>	<i>Megachile pseudanthidioides</i>	<i>Megachile stilbonotaspis</i>	<i>Megachile</i> sp3
Abundância de Ninhos	3	1	2	3
Distribuição de ocupação em diferentes áreas	3	3	2	2
Sazonalidade	3	2	2	2
Gerações por ano	3	2	2	2
Uso de Substrato	2	2	1	1
Número médio de células por ninho	2	2	2	2
Tipos de células	1	2	3	3
Taxa de parasitismo	3	3	2	2
Somatório Total	20	17	16	17

4. Discussão

As diferentes características da biologia de nidificação avaliadas na comunidade de Megachilidae nos fragmentos de Mata Atlântica possibilitou compreender as respostas de cada espécie aos critérios avaliados na análise do potencial de manejo. Diante disso, os principais critérios avaliados (abundância, distribuição e sazonalidade de ninhos, tipos de substratos e arquitetura dos ninhos construídos e taxa de parasitismo) indicaram *Epanthidium tigrinum* como a melhor candidata em uma escala de classificação de potencial de manejo para áreas de Mata Atlântica no norte do estado do Rio de Janeiro.

4.1 Comunidade de Abelhas

O número de ninhos de Megachilidae obtido neste trabalho é maior comparado aos resultados encontrados em outros estudos na mesma região durante dois anos (Silva, 2009; Marques, 2011; Teixeira, 2011). Este resultado parece estar relacionado principalmente à heterogeneidade ambiental da grande quantidade dos pontos amostrais em que os ninhos ficaram expostos neste trabalho. Esse valor alto de número de ninhos para espécies de interesse é importante, pois possibilita uma caracterização mais robusta de padrões para o estudo de potencial de manejo.

Ao longo dos 13 pontos amostrais, as duas espécies de Anthidiini apresentaram maiores taxas de ocupação de ninhos-armadilha comparada às espécies de Megachilini. Esses pontos amostrais distribuídos ao longo dos fragmentos florestais são caracterizados por variáveis ambientais distintas, separando os pontos e fragmentos em uma escala de paisagem com diferentes condições físicas e climáticas. Portanto, as espécies *E. tigrinum* e *Carloticula paraguayensis* parecem apresentar maior plasticidade às diferentes variáveis ambientais, principalmente nas áreas abertas e ensolaradas. Essa amplitude de ocorrência de abelhas em áreas com condições ambientais variadas (Schlindwein, 1998; Aguiar & Zanella, 2005; Santos, 2011) está relacionada às espécies com ampla distribuição na paisagem, aspecto importante para ser considerado em análises de potencial de manejo (Santos, 2011). Uma vegetação diversificada nestes habitats, também pode fornecer maior variação e disponibilidade de recursos alimentares, proporcionando condições para a manutenção de um número maior de espécies de abelhas (Gathmann *et al.*, 1994; Tscharrntke *et al.*, 1998).

4.2 Sazonalidade

Preferência de nidificação de *M. stilbonotaspis*, *E. tigrinum* e outras espécies de *Megachile* no período após a estação chuvosa, já foi relatada por Gomes (2016) e Marinho *et al.* (2018). *E. tigrinum* se destaca pela ausência de sazonalidade, ocorrendo ao longo dos meses nos fragmentos estudados, com várias gerações anuais. Gomes (2016) encontrou ninhos desta espécie durante todo o período amostral em uma área na região nordeste do Brasil. Embora a maioria dos estudos relata uma variação sazonal de nidificação de outras espécies da tribo Anthidiini e Megachilini estudadas (Teixeira *et al.*, 2011; Cardoso & Silveira, 2012; Marques & Gaglianone, 2013; Rinehart *et al.*, 2013; Mello, 2014; Marinho *et al.*, 2018), a ausência de sazonalidade e multivoltinismo pode conferir maior destaque de importância no manejo para polinização de diferentes plantas com variação na fenologia de floração. O multivoltinismo parece ser um padrão para abelhas nas regiões tropicais, contrastando com as regiões temperadas, onde é comum a ocorrência de diapausa entre as espécies univoltinas (Kemp & Bosch, 2001; Yocum *et al.*, 2006; Santos, 2011). *Megachile pseudanthidioides* apresentou atividade bivoltina no presente estudo e também no sul do Brasil em áreas com clima mais frio (Zillikens & Steiner, 2004), indicando que este padrão de emergência seja uma característica da história de vida desta espécie.

4.3 Uso de Cavidades e Arquitetura de Ninhos

A alta aceitação de substratos de ninhos-armadilha de bambu e de cartolina neste estudo foi observada para as espécies de Megachilidae, com exceção de *M. stilbonotaspis* e *Megachile* sp3 que nidificaram exclusivamente em gomos de bambu. Essa aceitação de ninhos-armadilha de diferentes substratos também é relatada como um critério importante para o manejo facilitando a manipulação de células de cria (Santos, 2011). As fêmeas de Megachilidae utilizaram cavidades de gomos de bambu e tubos de cartolina com diâmetros de 0,5 a 6,2 cm, nidificando preferencialmente entre 0,8 a 1,8 cm de diâmetro. Amplitudes menores de diâmetros foram relatadas para *M. cylindrica* em ambientes agrícolas (Santos, 2011) e *M. pseudanthidioides* em formações de vegetação secundária (Zillikens & Steiner, 2004). Esses diâmetros dos ninhos são importantes para serem considerados nas recomendações de eventuais programas de criação dessas abelhas.

4.4 Mortalidade e Espécies Associadas

A alta taxa de mortalidade (cerca de 50%) encontrada nos ninhos dessa família pode estar relacionada principalmente a falhas no desenvolvimento das larvas ou imaturos, visto que a taxa de parasitismo compreendeu cerca de 14% dos ninhos construídos. Taxa de mortalidade semelhante foi relatada para outras espécies da família (Torretta & Durante, 2011; Marques & Gaglianone, 2013; Rocha-Filho & Garófalo, 2016). Insetos cleptoparasitas e parasitóides, como amostrados neste estudo, são comumente relatados em ninhos de Megachilidae (Raw, 2007; Mello, 2014; Cardoso & Silveira, 2012; Marques & Gaglianone, 2013; McCallum *et al.*, 2018; Marinho *et al.*, 2018). Além das causas naturais de mortalidade, o manuseio dos ninhos durante o transporte pode levar à morte do imaturo em desenvolvimento (Parker, 1987); por isso, para fins de transporte para eventual manejo, a transferência de ninhos deve ser realizada de forma muito cuidadosa.

A baixa taxa de parasitismo, observada para *E. tigrinum* e *M. pseudanthidioides* é um fator desejável no manejo dos ninhos. Dentre os Hymenoptera associados aos ninhos, *Mesocheira bicolor* (Fabricius, 1804) é relatada neste estudo como um registro novo de parasitismo em ninhos de *E. tigrinum*. Esse cleptoparasita é citado geralmente invadindo ninhos de Centridini (Lima *et al.*, 2018; Oliveira-Rebouças *et al.*, 2018) e este registro amplia a relação de espécies com as quais interage.

4.5 Potencial de Manejo

A alta frequência de ninhos ocupados, a ausência de sazonalidade, o multivoltinismo, o sucesso de ocupação em diferentes pontos amostrais e a baixa taxa de parasitismo, configura *E. tigrinum* como espécie potencial para manejo. Em uma revisão de literatura sobre abelhas solitárias, Freitas e Pereira (2004) mencionam brevemente *E. tigrinum* como uma espécie promissora no potencial de polinização, visto sua ampla distribuição geográfica e alta frequência em ninhos-armadilha. Portanto, o **Capítulo 2** desta tese pretende contribuir com estudos mais aprofundados nos aspectos populacionais e comportamentais desta espécie que serão fundamentais para a maior compreensão de seu potencial de manejo em áreas de Mata Atlântica.

5. Referências

- Abreu, K.M.P. 2013. *Estrutura, florística e diversidade de fragmentos de floresta estacional semidecidual no norte-noroeste fluminense*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ. 190p.
- Aguiar, C.M.I. & Zanella, F.C.V. 2005. Estrutura da Comunidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma Área na Margem do Domínio da Caatinga (Itatim, BA). *Neotropical Entomology*, 1(34): 15-24.
- Alves-dos-Santos, I.; Machado, I.C. & Gaglianone, M.C. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis*, 11 (4): 544-557.
- Bosch, J., Kemp, W.P. & Trostle, G.E. 2006. Bee population returns and cherry yields in an orchard pollinated with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology*, 99: 408-413.
- Boyle, N.K. & Pitts-Singer, T.L. 2017. The effect of nest box distribution on sustainable propagation of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in commercial tart cherry orchards. *Journal of Insect Science*, 17(2): 41; 1-5.
- Broggio, I.S. 2018. *Dinâmica da biomassa arbórea em fragmentos de floresta estacional do Norte Fluminense, RJ*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 90p.
- Buschini, M.L.T.; Rigon, J. & Cordeiro, J. 2009. Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 1187-1194.
- Camillo, E.; Garófalo, C.A.; Serrano, J.C. & Muccillo, G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Revista Brasileira de Biologia*, 39: 459-470.
- Cardoso, C.F. & Silveira, F. 2012. Nesting biology of two species of *Megachile (Moureapis)* (Hymenoptera: Megachilidae) in a semideciduous forest reserve in southeastern Brazil. *Apidologie*, 43 (1): 71-81.
- Fontes, E. M.G.; Campos, L.A.O.; Sujii, E.R.; Torezani, K.R.S.; Souza, L.M.; Sousa, A.A.T.C.; Borges, G.V, & Pires, C.S.S. 2016. *Metodologia de Seleção de Abelhas sem Ferrão para Polinização em Cultivos Protegidos*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 16p.

- Frankie, G.W.; Newstrom, L.; Vinson, S.B. & Barthell, J.F. 1993. Nesting habitat preferences of selected *Centris* bee species in Costa Rican dry Forest. *Biotropica*, 25: 322-333.
- 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. & Pereira, J.O.P. 2004. *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária. 285p.
- Garófalo, C.A.; Martins, C.F. & Alves-dos-Santos, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p.77-84. *In*: Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 285p.
- Gathmann, A.; Greiler, H.J. & Tscharrntke, T. 1994. Trapnesting bees and wasps colonizing set-aside fields: succession and body size, management by cutting and sowing. *Oecologia*, 98: 8-14.
- Gomes, A.M.S. 2016. *Bionomia e comportamento de nidificação da abelha Epanthidium tigrinum (Hymenoptera - Megachilidae) em ninhos-armadilha*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará. 54p.
- Gonzalez, V.H.; Engel, M.S. & Hinojosa-Díaz, I.A. 2010. A new species of *Megachile* from Pakistan, with taxonomic notes on the subgenus *Eutricharaea* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83: 58-67.
- Jayasingh, D.B. & Taffe, C.A. 1982. The biology of the eumenid mud-wasp *Pachodynerus nasidens* in trapnests. *Ecological Entomology*, 7: 283-289.
- Junqueira, C.N. & Augusto, S.C. 2017. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. *Apidologie*, 48: 131-140.
- Kemp, W.P. & Bosch, J. 2001. Postcocooning temperatures and diapause in the alfalfa pollinator *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 94(2).
- Krombein, K.V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests and associates*. Washington: Smithsonian Press, 570p.
- Lima, R.; Moure-Oliveira, D. & Garófalo, C.A. 2018. Interaction Network and Niche Analysis of Natural Enemy Communities and their Host Bees (Hymenoptera: Apoidea) in fragments of Cerrado and Atlantic Forest. *Sociobiology*, 65(4): 591-602.

- Maccagnani, B.; Giovanni, B.; Stanisavljevic, L. & Maini, S. 2007. *Osmia cornuta* management in pear orchard. *Bulletin of Insectology*, 60: 77-82.
- Magalhães, C.B. & Freitas, B.M. 2013. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. *Apidologie*, 44: 234-239.
- Marinho, D.; Muniz, D.B. & Azevedo, G.G. 2018. Nesting biology of three *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae) species from Eastern Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 62: 97-106.
- Marques, M.F. 2011. *Gilda de Aculeata (Insecta, Hymenoptera) nidificantes em ninhos-armadilha em um gradiente altitudinal na mata atlântica, Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ. 107p.
- Marques, M.F. & Gaglianone, M.C. 2013. Biologia de nidificação e variação altitudinal na abundância de *Megachile (Melanosarus) nigripennis* Spinola (Hymenoptera, Megachilidae) em um inselbergue na Mata Atlântica, Rio De Janeiro. *Bioscience Journal*, 29(1): 198-208.
- McCallum, R.S.; McLean, N.L. & Cutler, G.C. 2018. An assessment of artificial nests for cavity-nesting bees (Hymenoptera: Megachilidae) in lowbush blueberry (Ericaceae). *Canadian Entomologist*, 00: 1-11.
- Mello, B.N.S. 2014. *Nicho de abelhas Megachilidae (Hymenoptera, Apidae) em floresta ombrófila na Mata Atlântica: dinâmica temporal, relações tróficas e uso de recursos de nidificação*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 78p.
- Melo, G.A.R.; Varassin, I.G.; Vieira, A.O.S.; Menezes-Junior, A.O.; Lowenberg-Neto, P.; Bressan, D.F.; Elbl, P.M.; Moreira, P.A.; Oliveira, P.C.; Zanon, M.M.F.; Androcioni, H.G.; Ximenes, B.M.S.; Alves, D.S.M.; Cervigne, N.S.; Prado, J. & Ide, A.K. 2014. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. p.207-254. *In: Yamamoto, Y.; Oliveira, P.E. & Gaglianone, M.C. (coords.). Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo*. Rio de Janeiro: Funbio. 404p.
- Mello-Patiu, C.A.; Soares, W.F. & Silva, K.P. 2009. Espécies de Sarcophagidae (Insecta: Diptera) registradas no estado do Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional*, 67(3-4): 173-188.

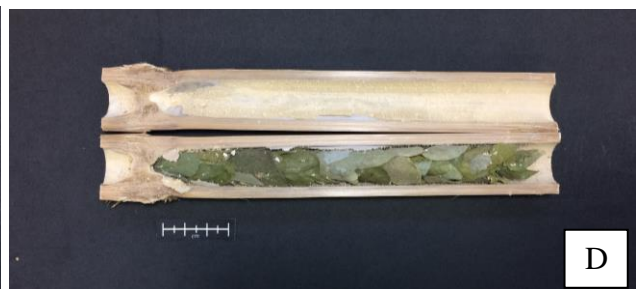
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*, 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 992p.
- Moure, J.S.; Melo, G.A.R. & Faria-Jr., L.R.R. 2012. *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. In: Moure, J.S.; Urban, D. & Melo, G.A.R. (orgs) - online version. Disponível em: <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>>, Acesso em: 09 junho 2019.
- Nascimento, M.T & Silva, F.L. 2003. *Avaliação da taxa de desmatamento no período de 1986 a 2002 na Estação Ecológica de Guaxindiba (Mata do Carvão), São Francisco de Itabapoana, RJ*. In: VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza. p. 127-128.
- Nogueira, E.M.L. & Vaz-de-Arruda, L. 2006. Fenologia reprodutiva, polinização e sistema reprodutivo de *Sophora tomentosa* L. (Leguminosae-Papilionoideae) em restinga da praia da Joaquina, Florianópolis, sul do Brasil. *Biotemas*, 19(2): 29-36.
- Oliveira, R. & Schlindwein, C. 2009. Searching for a Manageable Pollinator for Acerola Orchards: The Solitary Oil-Collecting Bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 265-273.
- Oliveira-Rebouças, P.; Aguiar, C.M.L.; Ferreira, V.S.; Sodré, G.S.; Carvalho, C.A.L. & Gimenes, M. 2018. The Cavity-Nesting Bee Guild (Apoidea) in a Neotropical Sandy Coastal Plain. *Sociobiology*, 65(4): 706-713.
- Parker, F.D. 1987. Factors influencing mortality and nesting in managed populations of the sunflower leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology*, 15(4):877-879.
- Pinzauti, M. 1993. Some observation on the bio-ethology, flight and foraging activity of *Osmia cornuta* Latr. (Hymenoptera: Megachilidae) during strawberry pollination. *Apicultura*, 8: 7-15.
- Pitts-Singer, T.L.; Bosch, J.; Kemp, W.P. & Trostle, G.E. 2008. Field use of an incubation box for improved emergence timing of *Osmia lignaria* populations used for orchard pollination. *Apidologie*, 39(2): 235-246.
- Pitts-Singer, T.L. & Cane, J.H. 2011. The alfafa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, 56: 221-237.
- RadamBrasil. 1983. *Levantamento de recursos naturais*. V.32, folha S/F. 23/24. Rio de Janeiro/ Vitória. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro.

- Raw, A. 2004. *Leafcutter and mason bees: a biological catalogue of the genus Megachile of the neotropics*, 1. ed. Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz, 97 p.
- Raw, A. 2007. An Annotated Catalogue of the Leafcutter and Mason Bees (Genus *Megachile*) of the Neotropics. *Zootaxa*, 1601: 1-127.
- Richards, K.W. 1978. Comparisons of nesting materials used for the alfalfa leafcutter bee, *Megachile pacifica* (Hymenoptera: Megachilidae). *The Canadian Entomologist*, 110(8): 841-846.
- Richards, K.W. & Kevan, P.G. 2002. Aspects of bee biodiversity, crop pollination and conservation in Canada. p. 77-94. In: *Pollination Bees. The conservation link between agriculture and nature*. Kevan, P.G. Imperatriz-Fonseca, V.L. (eds.), Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Rinehart, J.P.; Yocum, G.D.; Kemp, W.P. & Greenlee, K.J. 2013. A fluctuating thermal regime improves long-term survival of quiescent prepupal *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(3):1081-1088.
- RioRural. 2016. *Relatório de atividades de Outubro/2016 do Projeto RioRural BIRD*. Disponível em: <<http://www.microbacias.rj.gov.br>>, Acesso em: 03 janeiro 2019.
- RioRural. 2019. *Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas - RioRural*. Disponível em: <<http://www.microbacias.rj.gov.br>>, Acesso em: 03 janeiro 2019.
- Rocha-Filho, L. & Garófalo, C.A. 2016. Nesting biology of *Megachile (Chrysosarus) guaranítica* and high mortality caused by its cleptoparasite *Coelioxys bertonii* (Hymenoptera: Megachilidae) in Brazil. *Austral Entomology*, 55, 25-31.
- Roubik, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Italia: FAO. Agricultural Services Bulletin. 196p.
- Santos, A.A. 2011. *Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de Megachile dentipes Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 95p.
- Santos, A.M.; Garófalo, C.A. 2006. *Biologia da Nidificação de Epanthidium tigrinum (Hymenoptera, Megachilidae) em Ninhos Armadilha*. In: 14º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP SIICUSP, Ribeirão Preto.

- Sazan, M.S. 2015. *Centris* (Heterocentris) analis (*Fabricius, 1804*) e *Centris* (*Hemisiella*) tarsata *Smith, 1874* (*Hymenoptera: Apidae: Centridini*): polinizadores de *Malpighia emarginata* (*Malpighiaceae*) com diferentes potencialidades para manejo. Tese (Doutorado em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, Ribeirão Preto-SP. 142p.
- Sheffield, C.S. 2014. Pollination, Seed Set And Fruit Quality In Apple: Studies With *Osmia lignaria* (*Hymenoptera: Megachilidae*) In The Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *Journal of Pollination Ecology*, 12(13): 120-128.
- Schlindwein, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33: 46-59.
- Schlindwein, C. 2004. *Abelhas solitárias e flores: Especialistas são polinizadores efetivos?*, p. 1-8. In: Anais do 55º Congresso Nacional e 26º Encontro Regional de Botânicos de MG, BA, ES, Universidade federal de Viçosa, MG.
- Silveira, F.A.; Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 253p.
- Soroka, J.J.; Goerzen, D.W.; Falk, K.C. & Bett, K.E. 2001. Alfalfa leafcutting bee (*Hymenoptera: Megachilidae*) pollination of oilseed rape (*Brassica napus* L.) under isolation tents for hybrid seed production. *Canadian Journal of Plant Science*, 81: 199-204.
- Tavares, M.T. & Araújo, B.C. 2007. Espécies de Chalcididae (*Hymenoptera, Insecta*) do Estado do Espírito Santo, Brasil. *Biota Neotropica*, 7(2): 213-220.
- Teixeira, F.M. 2011. *Aculeata (Insecta, Hymenoptera) em ninhos-armadilha em diferentes tipos fitofisionômicos de mata atlântica no estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ. 107p.
- Teixeira, F.M.; Schwartz, T.A.C. & Gaglianone, M.C. 2011. Biologia de nidificação de *Megachile (Moureapis) benigna* Mitchell. *EntomoBrasilis*, 4(3): 92-99.
- Torchio, P.F. & Tepedino, V.J. 1982. Parsivoltinism in three species of *Osmia* bees. *Psyche* 89, 221-238.
- Torretta, J.P. & Durante, S.P. 2011. Nesting ecology of *Megachile (Sayapis) mendozana* Cockerell and its synonymy with *Megachile (Sayapis) santiaguensis* Durante (*Hymenoptera: Megachilidae*). *Zootaxa*, 3008: 63-68.

- Tscharntke, T.; Gothmann, A. & Steffan-Dewenter, I. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, 35: 708-719.
- Villela, D.M.; Nascimento, M.T.; Aragão, L.E.O.C. & Gama, D.M. 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, 33: 506-516.
- Wittmann, D. & Hoffmann, M. 1990. Bees of Rio Grande do Sul, southern Brazil (insecta, Hymenoptera, apoidea). *Iheringia*, 70: 17-43.
- Yocum, G.D.; Kemp, W.P.; Bosch, J & Knoblett, J.N. 2006. Thermal history influences diapause development in the solitary bee *Megachile rotundata*. *Journal of Insect Physiology*, 52: 1113-1120.
- Zillikens, A. & Steiner, J. 2004. Nest architecture, life cycle and cleptoparasite of the neotropical leaf-cutting bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77: 193-202.

Material Suplementar 1. Ninhos construídos por *Epanthidium tigrinum* (A); *Carloticola paraguayensis* (B); *Megachile cylindrica* (C); *Megachile pseudanthidioides* (D); *Megachile stilbonotaspis* (E); *Megachile* sp1 (F), *Megachile* sp2 (G) e *Megachile* sp3 (H).



CAPÍTULO 2

BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO E POTENCIAL PARA MANEJO DE *EPANTHIDIUM TIGRINUM* (SCHROTTKY, 1905) (HYMENOPTERA: MEGACHILIDAE)

Resumo

Pela ampla ocorrência em áreas sob o domínio da Mata Atlântica, inclusive em ambientes seminaturais e em paisagens agrícolas, *Epanthidium tigrinum* configura-se como potencial para uso no manejo de polinizadores e na restauração de áreas na Mata Atlântica. Neste sentido, o completo entendimento da biologia da espécie e de suas interações intra e interespecíficas é essencial para avaliar o seu potencial para manejo. Este estudo tem como objetivos analisar a biologia de nidificação de *E. tigrinum* e quantificar atributos em uma escala de potencial para manejo. Ninhos-armadilha em gomos de bambu e tubos de cartolina preta (diâmetro de 0,5 a 2,5 cm e comprimento de 8 a 24 cm) foram instalados entre março e agosto de 2016 (n= 2.210 ninhos mensais), em quatro remanescentes de Mata Atlântica. Os ninhos-armadilha ocupados por *E. tigrinum* foram levados para o Setor de Ecologia Experimental, do Laboratório de Ciências Ambientais-LCA, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, em Campos dos Goytacazes. Machos e fêmeas emergentes foram marcados individualmente com tinta e introduzidos no rancho de criação de abelhas da área experimental, para acompanhamento da construção de ninhos, reprodução e forrageamento. As abelhas ocuparam 46 ninhos-armadilha nas áreas florestais (22 em bambu e 24 em tubos de cartolina). A partir destes ninhos, 181 indivíduos emergentes de *E. tigrinum* (108 machos e 73 fêmeas) foram introduzidos de maio a outubro de 2016. Após soltura, 24,8% destes indivíduos permaneceram na área experimental e 29 fêmeas ocuparam 55 ninhos-armadilha na área experimental. Cada fêmea construiu de 1 a 4 ninhos utilizando 8 a 26 dias, e apresentaram uma longevidade média em torno de 21,63 dias. De acordo com as características analisadas da dinâmica populacional e da biologia de nidificação neste estudo, *E. tigrinum* é classificada com alto potencial para manejo, visando aumento da população em áreas de interesse e a polinização.

Palavras-chave: Abelhas Solitárias, Manejo de Polinizadores, Dinâmica Populacional, Anthidiini, Mata Atlântica.

1. Introdução

O manejo de insetos polinizadores é fundamental para a manutenção da biodiversidade, das redes de interações plantas e animais em áreas naturais e, para a produtividade de cultivos agrícolas (Frankie *et al.*, 1998; Richards, 2001; Yamamoto *et al.*, 2010; Garrat *et al.*, 2014). Estima-se que 87,5% das Angiospermas dependam da polinização animal (Ollerton *et al.*, 2011), enquanto que cerca de 35% dos alimentos produzidos mundialmente e de 68% das espécies agrícolas brasileiras dependem de polinizadores (IPBES, 2016; Novais *et al.*, 2016).

Entretanto, o declínio de polinizadores tem sido observado mundialmente e fatores como a destruição de habitat, o uso de pesticidas e a introdução de espécies de abelhas exóticas estão envolvidos nesse processo (Freitas *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2015; Koh *et al.*, 2016). Assim, é evidente a necessidade de informações sobre a diversidade, a biologia e a dinâmica populacional de espécies de abelhas nativas (Garibaldi *et al.*, 2013, 2016) e a aplicação deste conhecimento em ações de aumento das populações das abelhas e preservação do habitat natural (Freitas *et al.*, 2009).

Apesar de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 ser um importante polinizador de diversos cultivos, na região neotropical, as espécies nativas têm papel relevante (Watanabe, 2008; Freitas *et al.*, 2009; Genersch *et al.*, 2010; Oliveira, 2015). No entanto é necessário conhecer sua biologia e diversificar as espécies utilizadas na polinização dirigida (Watanabe, 2008; Freitas *et al.*, 2009; Genersch *et al.*, 2010; Oliveira, 2015).

As abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes estão entre as abelhas potencialmente indicadas para manejo, principalmente devido à possibilidade de obtenção de ninhos através da técnica de ninhos-armadilha e de manter suas populações em áreas de interesse (Freitas & Oliveira-Filho, 2001; Garófalo *et al.*, 2004; Bosch *et al.*, 2008; Staab *et al.*, 2018). As abelhas solitárias constituem cerca de 85% das espécies de abelhas descritas (Michener, 2007) e desempenham importante papel como polinizadores eficientes de plantas nativas e agrícolas (Vicens & Bosch, 2000; Bosch & Kemp, 2001; Vilhena *et al.*, 2012; Staab *et al.*, 2018). Entretanto, poucas espécies de abelhas são atualmente manejadas, pois ainda são escassos os estudos quanto ao seu potencial uso na polinização dirigida (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2005; Alves & Freitas, 2006; Hogendoorn *et al.*, 2010).

Abelhas Megachilidae são de grande sucesso na criação em larga escala na região neártica e têm sido reconhecidas como importantes economicamente (Pitts-Singer & Cane, 2011; Sheffield, 2014; Boyle & Pitts-Singer, 2017); é o caso de *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787) em plantios de alfafa no Canadá e EUA (Mader *et al.*, 2010; Pitts-Singer, 2013) e de espécies de *Osmia*, na Ásia, América do Norte e Europa para polinização dirigida de pera, maçã, amêndoas, cereja, damasco, pêssigo, mirtilo, framboesa e alfafa (Sedivy & Dorn, 2014; Sheffield, 2014; Boyle & Pitts-Singer, 2017; Andrikopoulos, 2018). Na região neotropical, ainda são escassos os estudos que visam avaliar o potencial de manejo e criação de espécies nativas solitárias (Alves-dos-Santos, 2004; Freitas & Pereira, 2004; Buschini *et al.*, 2009; Gomes, 2016).

Abelhas da tribo Anthidiini possuem ampla distribuição geográfica e ocorrem em todos os continentes (Michener, 2007) e diferentemente de outras Megachilidae coleta resina vegetal na construção de ninhos (Alves-dos-Santos, 2004; Parizotto, 2011). Nos inventários de Anthidiini realizados no Brasil (Alves dos Santos, 2004; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005; Gomes, 2016), espécies foram registradas como visitantes florais de Lamiaceae, Fabaceae e Asteraceae, incluindo polinizadores de plantas de interesse comercial como alecrim (*Rosmarinus* sp.), hortelã (*Mentha* sp.), manjerição (*Basilicum* sp. e *Ocimum* sp.), manjerona (*Origanum* sp.) e tomilho (*Thymus* sp.) (Freitas & Pereira, 2004).

Epanthidium tigrinum (Schrottky, 1905) é mencionada como espécie promissora em estudos de potenciais polinizadores, devido a sua ampla distribuição geográfica e alta frequência em ninhos-armadilha Freitas & Pereira (2004). Experimentos de observação de comportamento de nidificação desta espécie não mencionam aspectos populacionais importantes para caracterizar o seu potencial de manejo (Santos & Garófalo, 2006; Gomes, 2016).

O objetivo deste trabalho foi descrever a biologia de nidificação e os aspectos populacionais de *E. tigrinum*, a fim de caracterizar o potencial de manejo desta espécie para áreas de restauração florestal de Mata Atlântica e de cultivo agrícola.

2. Materiais e Métodos

2.1 Obtenção de Ninhos e de Indivíduos

Ninhos-armadilha foram instalados em fragmentos florestais de Mata Atlântica, no município de São Francisco do Itabapoana, norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil, entre março e agosto de 2016. Os ninhos-armadilha foram constituídos por gomos de bambu (Figura 1A) e tubos de cartolina preta em blocos de madeira (Figura 1B), com diâmetro de 0,5 a 2,5 cm e comprimento de 8 a 24 cm, a 1,50 m do solo e protegidos de chuva. No total, 2.210 ninhos-armadilha foram disponibilizados mensalmente em quatro fragmentos florestais: Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba (21°24'S 41°04'W), Mata de João Moreira, Ismael Santos e Jorge Silva (21°22'47"S 41°08'04"W) Mata de Salmo Duarte e Mario Carlos Santos (21°21'53"S 41°07'49"W) e Mata de Francisco Carlos Rosa Neto (21°24'42"S 41°06'22"W).



Figura 1. Disposição dos ninhos-armadilha de gomos de bambu arranjados em feixes (A) e de tubos de cartolina preta em bloco de madeira (B), instalados em fragmentos florestais de Mata Atlântica, Brasil.

Os ninhos-armadilha ocupados por *E. tigrinum* foram levados para o Setor de Ecologia Experimental, do Laboratório de Ciências Ambientais-LCA, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, em Campos dos Goytacazes (21°45'42,4"S 41°17'28,5"W), para acompanhar a emergência dos indivíduos. As áreas florestais e a área experimental estão localizadas em região caracterizada por clima tipo Aw pela classificação de Köppen-Geiger (1928), com período seco no inverno e chuvoso no verão.

2.2 Procedimentos de Marcação

Machos e fêmeas emergentes foram marcados individualmente com tinta (caneta marcadora Uni Posca) no tórax, utilizando-se combinações de código de cores (amarelo, azul, branco, verde e vermelho) para diferenciar os indivíduos durante a construção de ninhos, reprodução e forrageamento (Figura 2A). As abelhas foram introduzidas no rancho de criação de abelhas da área experimental, onde foram oferecidas novas cavidades em ninhos-armadilha semelhantes aos usados nos fragmentos florestais (Figura 2B).



Figura 2. Procedimento de marcação de adultos de *Epanthidium tigrinum* com caneta permanente no tórax (A) e rancho de criação de abelhas onde foram introduzidos os emergentes de ninhos trazidos de áreas florestais (B).

2.3 Observações de Comportamento

Para as observações dos comportamentos das abelhas introduzidas na área experimental (construção de ninhos, forrageamento e cópulas, foram realizadas duas observações ao dia, durante 90 dias alternados, desde o dia da primeira soltura dos emergentes em 30 de maio de 2016 até o dia da última soltura em 31 de outubro de 2016. Cada observação durou 30 minutos, quando era percorrido a área experimental e vistoriada a entrada dos ninhos-armadilha com uso de lanterna e as flores existentes nessa área. A partir destas observações, foram anotados os seguintes parâmetros: visitas às flores, cópula, início e final de construção de ninhos, número de células e de ninhos construídos por abelha ao longo dos dias (Figura 3).

Para avaliar o comportamento de nidificação de *E. tigrinum* foram realizadas observações ininterruptas de 07:00 às 16:00 horas, durante 48 dias. Parâmetros medidos foram: número e horário de entrada e saída das abelhas nos ninhos,

número e horário de coleta de materiais (resina: bolota de cor variável trazida na mandíbula ou pólen: material polínico exposto na escopa abdominal) para aprovisionamento larval ou para construção dos ninhos (Figura 3). Além disso, foi observada nestes ninhos a presença de espécies cleptoparasita e parasitóides aos mesmos (Figura 3).

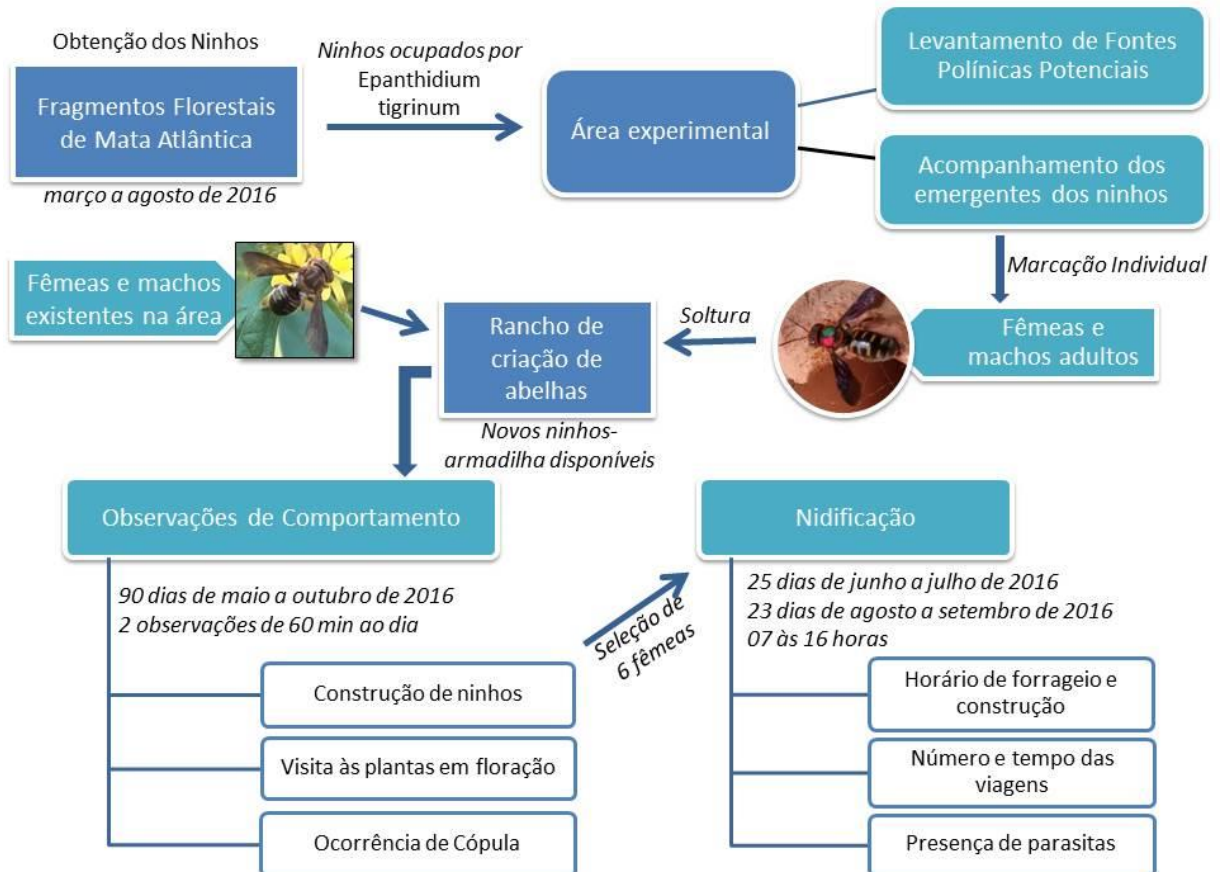


Figura 3. Fluxograma com as etapas e parâmetros do comportamento de *Epanthidium tigrinum* avaliados na área experimental.

2.4 Análise de Dados

O aumento do tamanho populacional de *E. tigrinum* foi avaliado pela proporção de abundância de fêmeas introduzidas que nidificaram no rancho de criação em relação às fêmeas existentes na área experimental que nidificaram no rancho. Para verificar a relação entre o número de células construídas com o diâmetro do substrato utilizado por *Epanthidium tigrinum* foi realizada análise de regressão linear.

Para compreender o crescimento da população de fêmeas de *E. tigrinum*, a tabela de vida foi construída com base na idade em dias, a partir da data de emergência das fêmeas introduzidas na área experimental (no caso de fêmeas

introduzidas) ou do primeiro dia observado de construção dos ninhos (no caso de fêmeas existentes na área) até a última observação destes indivíduos em atividade na área. Devido ao fato de que cavidades foram disponibilizadas durante todo o tempo do experimento e recursos florais também estavam disponíveis, as fêmeas que não foram observadas na área de nidificação foram consideradas mortas. Na tabela de vida, a classe etária (x) foi dada pelo intervalo de 5 dias e n_x representa o número de fêmeas presente em cada classe. A taxa de sobrevivência de cada classe etária foi calculada por $l_x = n_x / n_{total}$. A taxa de mortalidade foi calculada da seguinte forma: $M_x = (n_x - n_1) / n_x$. A partir da taxa de sobrevivência, a expectativa de vida média da população foi calculada por: $E_{média} = (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{final}) / l_1$. Para descrever as diferenças na sobrevivência entre as classes etárias distintas, foi plotada a curva de sobrevivência em função do tempo, em escala log, calculada a partir da taxa de sobrevivência (Ricklefs & Relyea, 2018).

3. Resultados

3.1 Dinâmica Populacional

Entre março e outubro de 2016, fêmeas de *E. tigrinum* ocuparam 46 ninhos-armadilha nas áreas florestais (22 em bambu e 24 em tubos de cartolina). A partir destes ninhos, 181 indivíduos emergentes (108 machos e 73 fêmeas) foram introduzidos, de maio a outubro, na área experimental do rancho de criação de abelhas (Figura 4).

Após soltura de fêmeas e machos de *E. tigrinum*, 24,8% destes indivíduos permaneceram na área experimental (Figura 5), onde foram observados em atividade de sobrevoo na entrada de ninhos, visita às flores e cópulas. Dentre esses indivíduos que persistiram no local, 11 fêmeas ocuparam ninhos-armadilha disponibilizados na área experimental. Outras 18 fêmeas, que chegaram espontaneamente à área experimental, contribuíram para um incremento de cerca de 160% de fêmeas nidificantes (Figura 6).

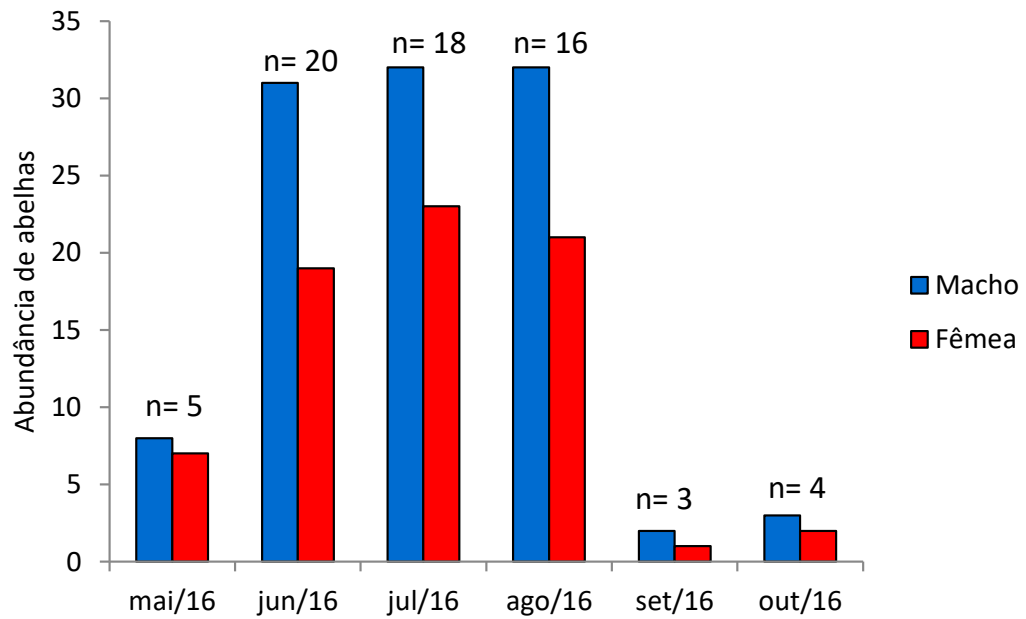


Figura 4. Abundância de *Epanthidium tigrinum* emergentes em ninhos-armadilha provenientes das áreas florestais e introduzidos na área experimental (n= número de ninhos onde respectivos machos e fêmeas emergiram).

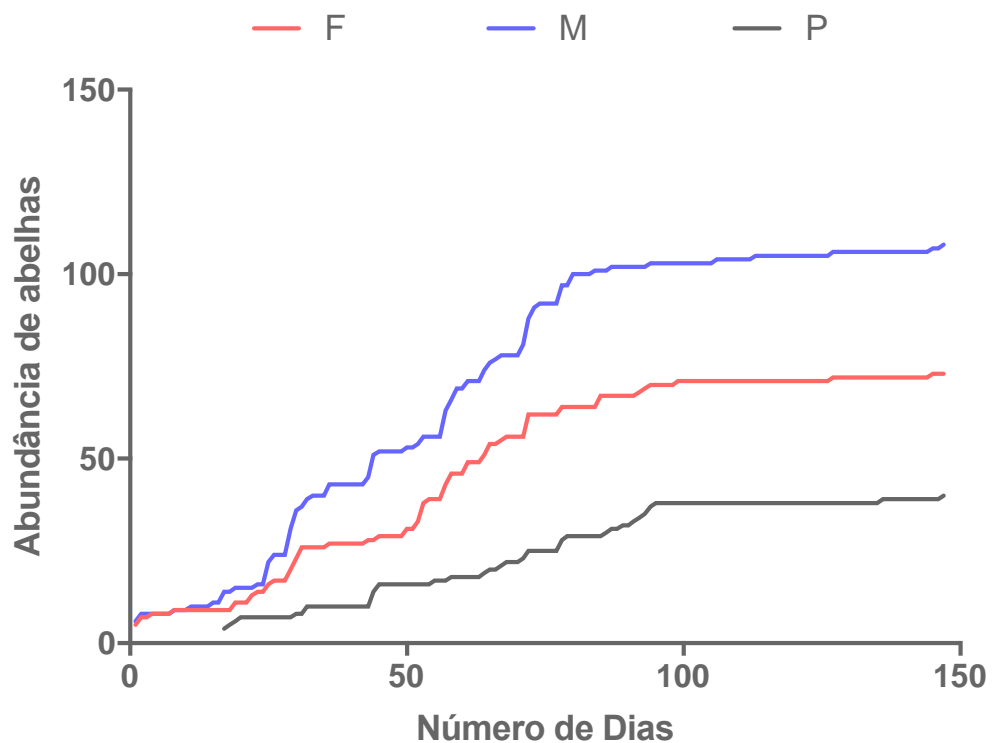


Figura 5. Abundância de *Epanthidium tigrinum* introduzidas na área experimental (F= Fêmea; M= Macho) e população destas abelhas que persistiu na área experimental (P).

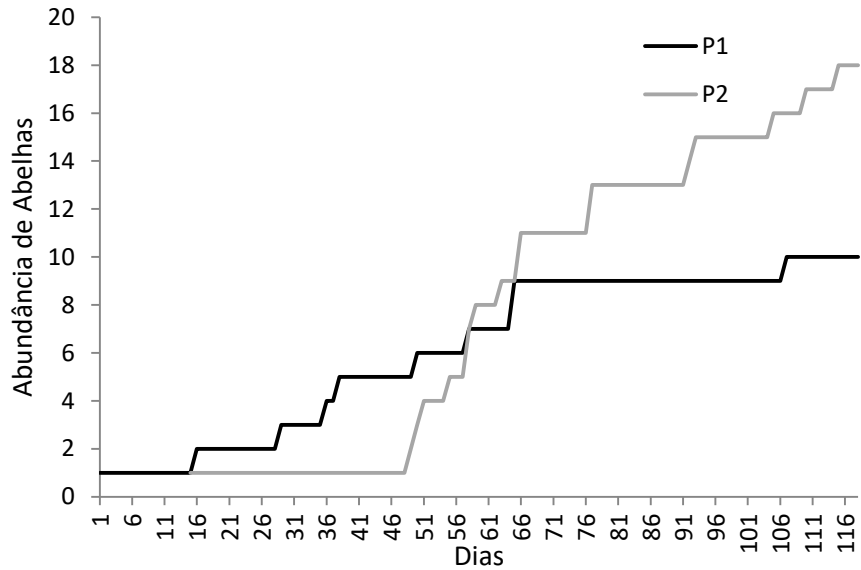


Figura 6. Abundância de *Epanthidium tigrinum* nidificantes na área experimental (P1= População oriunda dos ninhos dos fragmentos florestais e introduzida na área experimental; P2= População existente na área experimental).

Segundo a tabela de vida construída a partir de 29 fêmeas que ocuparam ninhos-armadilha na área experimental, as fêmeas de *E. tigrinum* viveram entre 8 e 46 dias, com taxa de sobrevivência de 82,7% entre 10 e 14 dias e de 3,4% entre 45 a 49 dias (Tabela 1, Figura 7A). A longevidade ou expectativa de vida média foi calculada em torno de 21,63 dias, com maior taxa de mortalidade nas classes de idade mais avançadas, caracterizando uma curva de sobrevivência de adultos de formato convexo, com maior mortalidade no final da vida (Tabela 1, Figura 7B).

Tabela 1. Parâmetros da tabela de vida avaliados para *Epanthidium tigrinum* ao longo dos dias amostrados

Idade em dias x	Número de Abelhas n_x	Taxa de Sobrevivência l_x	Taxa de Mortalidade M_x	Expectativa de Vida média $E_{média}$
1-6	29	1	0	21,63
5-9	29	1	0,1724	
10-14	24	0,8276	0,1667	
15-19	20	0,6896	0,15	
20-24	17	0,5862	0,4706	
25-29	9	0,3103	0,3333	
30-34	6	0,2069	0,1667	
35-39	5	0,1724	0,4	
40-44	3	0,1034	0,6667	
45-49	1	0,0345	1	
50	0	0,0		

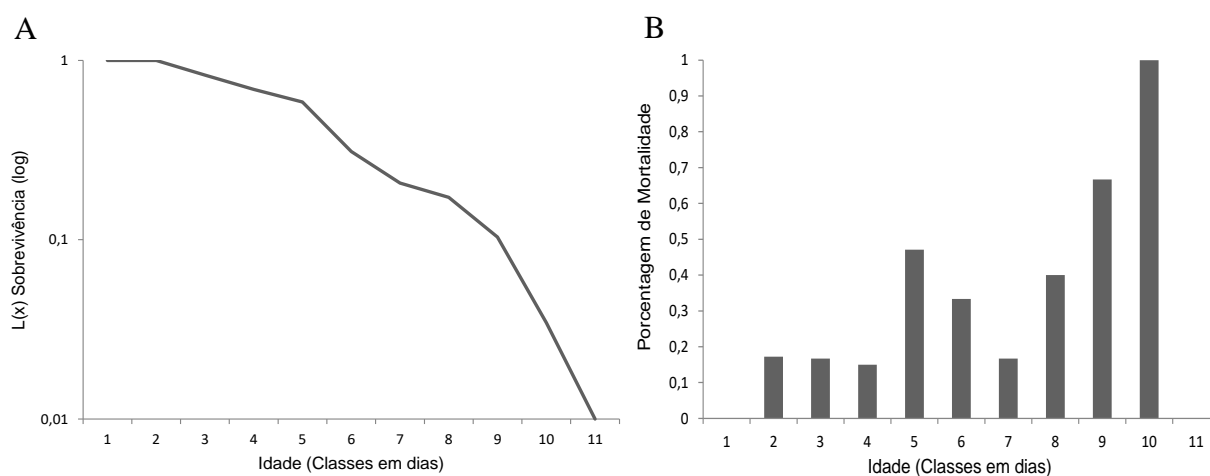


Figura 7. Curva de sobrevivência (A) e taxa de mortalidade (B) de *Epanthidium tigrinum* nas diferentes classes de idade em dias (1= 1 a 5 dias, 2= 6 a 10 dias, 3= 11 a 15 dias, 4= 16 a 20 dias, 5= 21 a 25 dias, 6= 26 a 30 dias, 7= 31 a 35 dias, 8= 36 a 40 dias, 9= 41 a 45 dias, 10= 46 a 50 dias e 11= 51 a 55 dias).

3.2 Comportamento na Área de Nidificação

Os indivíduos introduzidos na área experimental foram identificados nas seguintes atividades: sobrevoo na entrada de ninhos sem ocupação dos ninhos-armadilha (11,1%, fêmeas) e com ocupação dos ninhos-armadilha (24,4%, fêmeas), coleta de recursos em flores nas imediações dos ninhos (44,4%, fêmeas e machos), repouso em folhas (9,0%, machos) e cópulas (11,1%, fêmeas e machos) (Figura 8).

Cópulas (n=4) foram observadas sobre flores de *Ocimum basicum* (Lamiaceae) e *Triumfetta semitriloba* Jacq. (Malvaceae) próximas ao rancho de criação de abelhas, onde envolveram fêmeas e machos originados da população introduzida e/ou emergentes dos ninhos da área experimental, conforme ilustrado na Figura 9. Durante a cópula os machos seguravam as fêmeas em posição típica, enquanto as fêmeas coletavam recursos nas flores. No momento da cópula, fêmeas e machos marcados tinham de 1 a 5 dias de idade para ambos os sexos.

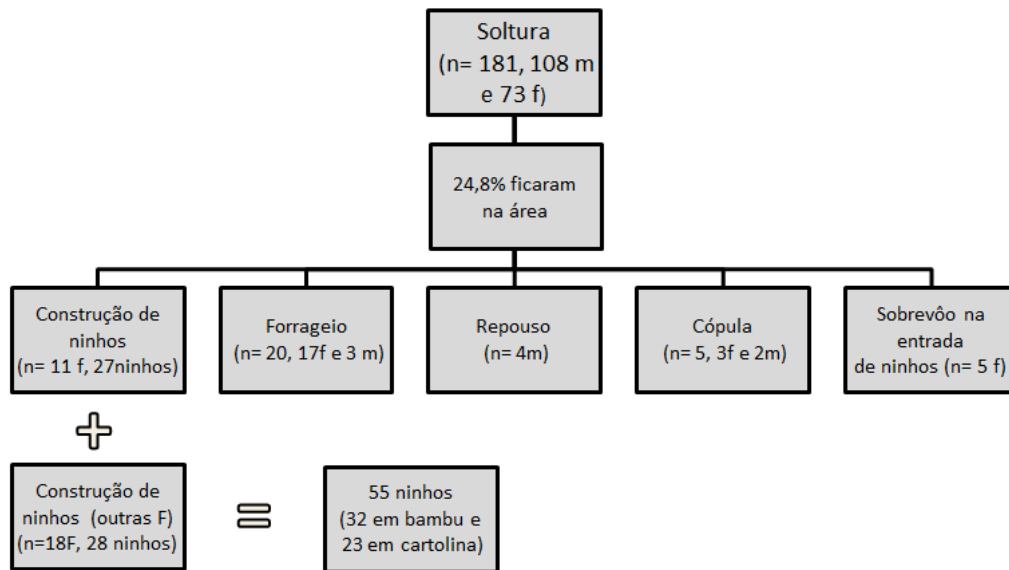


Figura 8. Comportamentos de fêmeas (f) e machos (m) de *Epanthidium tigrinum* na área experimental.

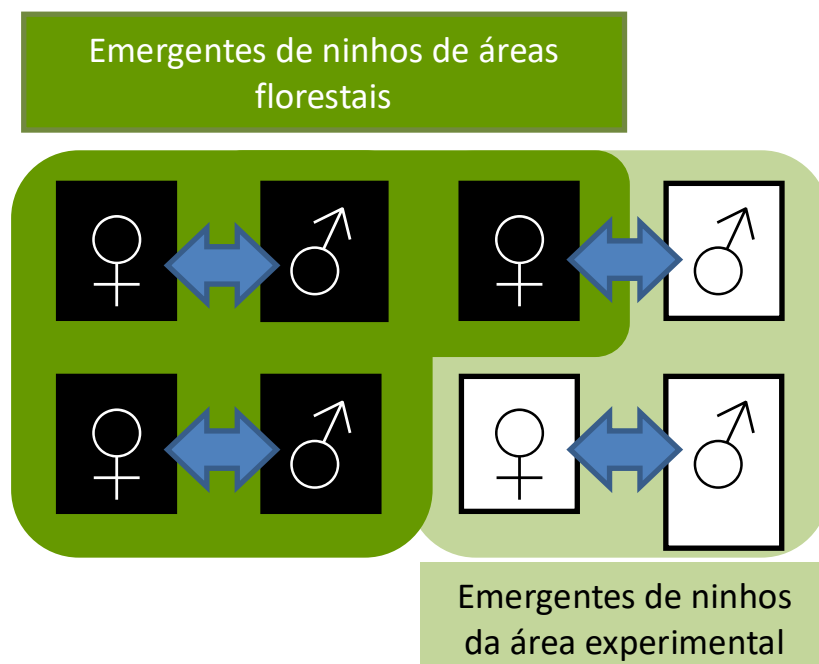


Figura 9. Representação das cópulas (n=4) de *Epanthidium tigrinum* observadas na área experimental, envolvendo machos e fêmeas emergentes de ninhos das áreas florestais (marcados) e emergentes de ninhos na área experimental (não marcados).

3.4 Construção e Arquitetura de Ninhos

Ao longo do período de estudo, 29 fêmeas de *E. tigrinum* construíram 55 ninhos em substratos de bambu e cartolina, sendo o diâmetro de cavidades utilizados de $0,88 \pm 0,35$ cm (0,4 a 1,9) (Tabela 2). Cada fêmea construiu uma média de $2 \pm 0,9$ ninhos (1 a 4 ninhos/fêmea) (Figura 10). O tempo médio de construção e provisionamento de cada ninho foi de $10 \pm 3,3$ dias (variando de 8 a 26 dias). As fêmeas construíram de 2 a 10 células por ninho. O intervalo de diâmetro do ninho-armadilha com maior número de células construídas foi de 14,4 a 16,2 mm. O número de células construídas por ninho foi correlacionado positivamente com o diâmetro do ninho-armadilha ($R^2 = 51\%$) (Figura 11). Os ninhos de *E. tigrinum* possuíam células lineares em substratos com diâmetros menores (Figura 12A) ou sobrepostas em ninhos com diâmetros maiores (Figura 12B) (Tabela 2).

Tabela 2. Uso de cavidades e construção de ninhos de *Epanthidium tigrinum* na área experimental

Parâmetros	Bambu	Cartolina	Células lineares	Células sobrepostas
Número de Ninhos	32	23	34	21
Amplitude do Diâmetro (mm)	0,45 a 1,92	0,6 a 1,2	0,45 a 0,94	1,0 a 1,92
Diâmetro médio (mm)	$0,96 \pm 0,43$	$0,77 \pm 0,17$	$0,3 \pm 0,13$	$1,0 \pm 0,30$
Amplitude de células	2 a 6 ($6 \pm 2,99$)	2 a 10 ($5 \pm 2,16$)		

Três ninhos foram construídos em cavidades anteriormente ocupadas, respectivamente, por *Trypoxylon lactitarse* Saussure, 1867 (Crabronidae), *Pachodynerus grandis* Willink e Roig-Alsina, 1998 (Vespidae) e *Euglossa* sp. (Apidae), identificadas através do uso de argila das vespas e resina de células de cria de *Euglossa* encontradas no interior dos ninhos recém ocupados. Além disso, três eventos de reocupação de ninho-armadilha de *E. tigrinum* foram observados (visto que os ninhos-armadilha ocupados também possuíam código individual), porém estes ninhos já não continham materiais utilizados na construção, pois foi observado que os mesmos foram retirados e reutilizados por outras fêmeas construtoras.

Um ninho de *E. tigrinum* foi parasitado por uma espécie de Anthracinae (Bombyliidae, Diptera) (Figura 13). O Diptera que emergiu, locomoveu-se até a entrada do ninho, liberou o restante do casulo preso na parte inferior de seu corpo (que ficou aderido na entrada do ninho) e ficou parado na entrada do ninho até a extensão de suas asas. Outro ninho de *E. tigrinum* foi atacado por formigas.

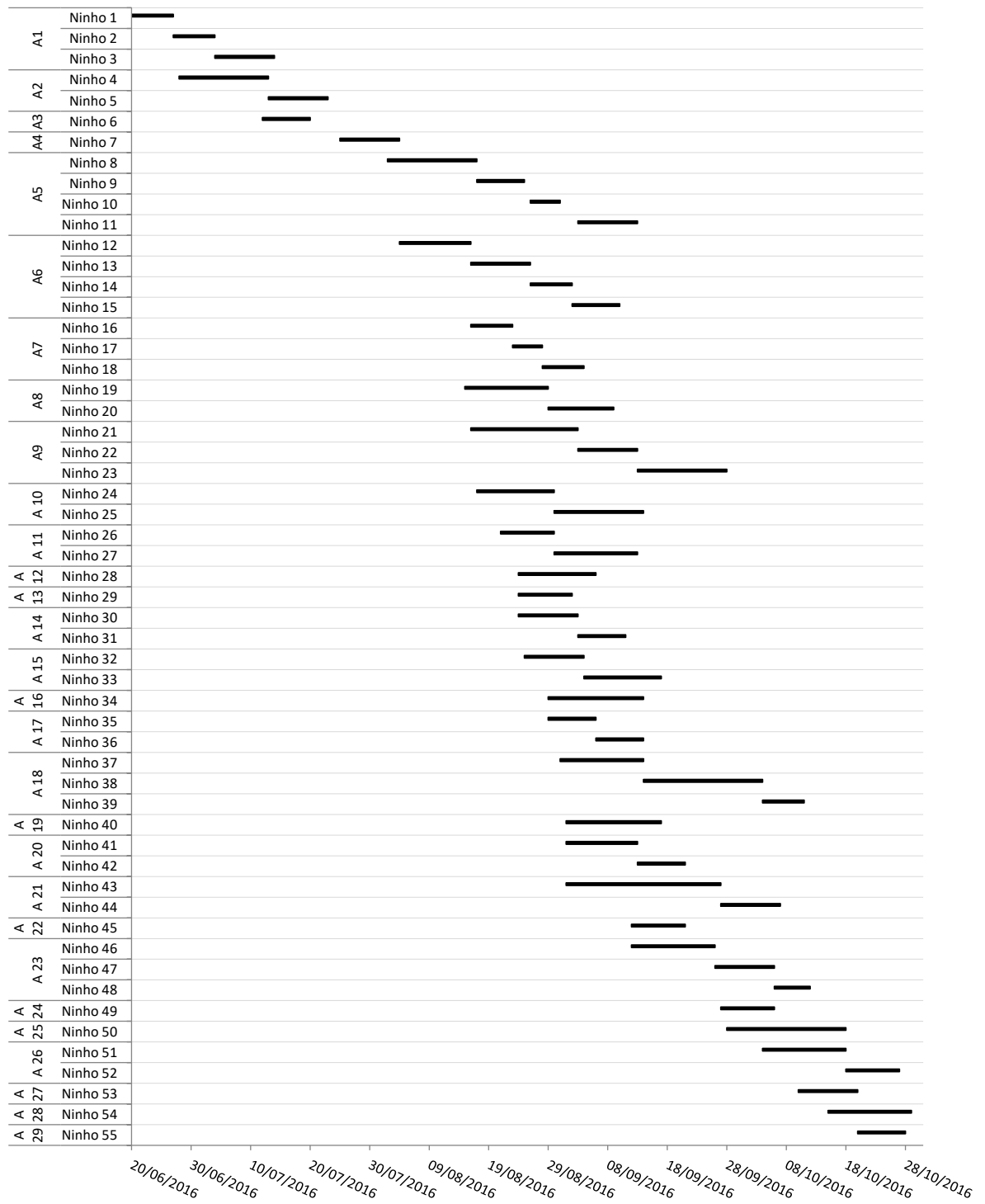


Figura 10. Período de construção de 55 ninhos de *Epanthidium tigrinum* (fêmeas A1 a A29) entre junho e outubro de 2016, em ninhos-armadilha em área experimental.

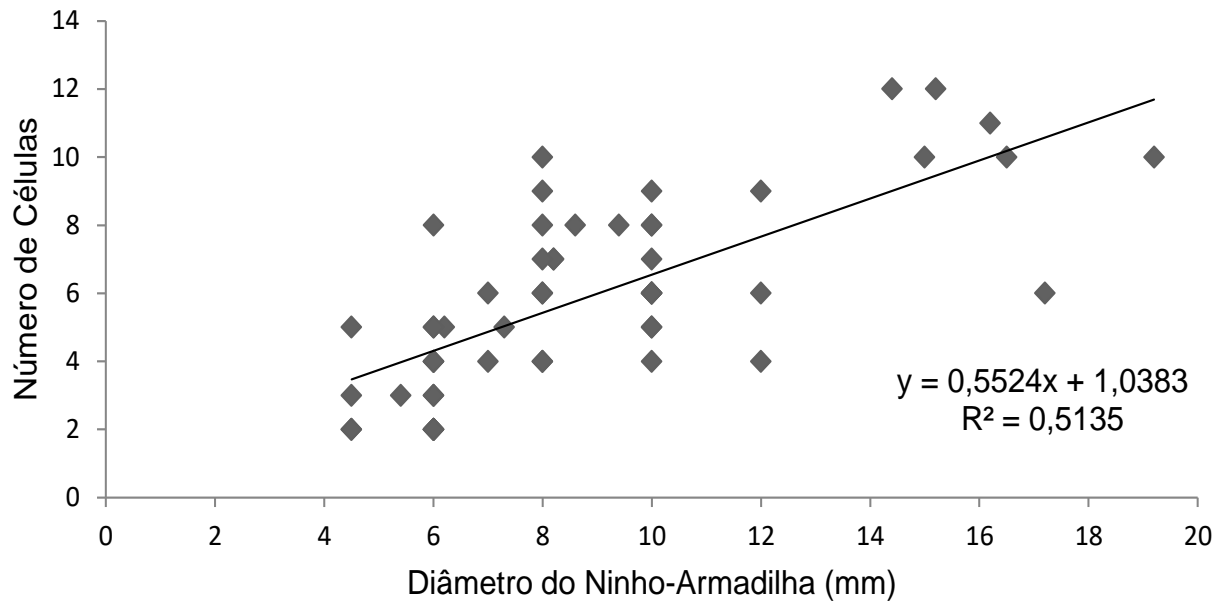


Figura 11. Relação entre número de células construídas por ninho e diâmetro da cavidade utilizada por *Epanthidium tigrinum* em 55 ninhos na área experimental.



Figura 12. Arquitetura de ninhos de *Epanthidium tigrinum*, destacando as células sobrepostas (A) e lineares (B) construídas com resina, este último ninho foi construído em um ninho desativado de vespa (detalhe para argila de cor clara).



Figura 13. Emergência de Atracinae em ninho de *Epanthidium tigrinum*.

3.5 Uso de Recursos nos Ninhos e Potenciais Fontes Polínicas

A atividade das fêmeas de coleta de recursos para construção de ninhos compreendeu de 07:00 às 17:00 horas (primeiro registo às 07:15 e último às 17:00 horas). As fêmeas coletaram resina nos primeiros e últimos dias da construção de cada ninho e durante o aprovisionamento das células, coletaram pólen com maior frequência na manhã e resina principalmente à tarde (Figura 14).

A resina foi transportada nas mandíbulas para o interior dos ninhos e utilizada para a construção das células (Figura 13). Em 9% de 55 ninhos construídos (n= 5 ninhos), foi observado a mistura de fibras vegetais com resina nas paredes, no interior da célula vestibular e principalmente após a construção da última célula. Durante as observações na área experimental, seis fêmeas recolheram resina de ninhos coespecíficos, cujos adultos já haviam emergido, de ninhos de *Euglossa* sp. e de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) na área experimental. Em uma ocasião, uma fêmea retirou resina depositada na entrada de um ninho em atividade de outra abelha da mesma espécie, não tendo levado à interrupção das atividades da fêmea ocupante daquele ninho.

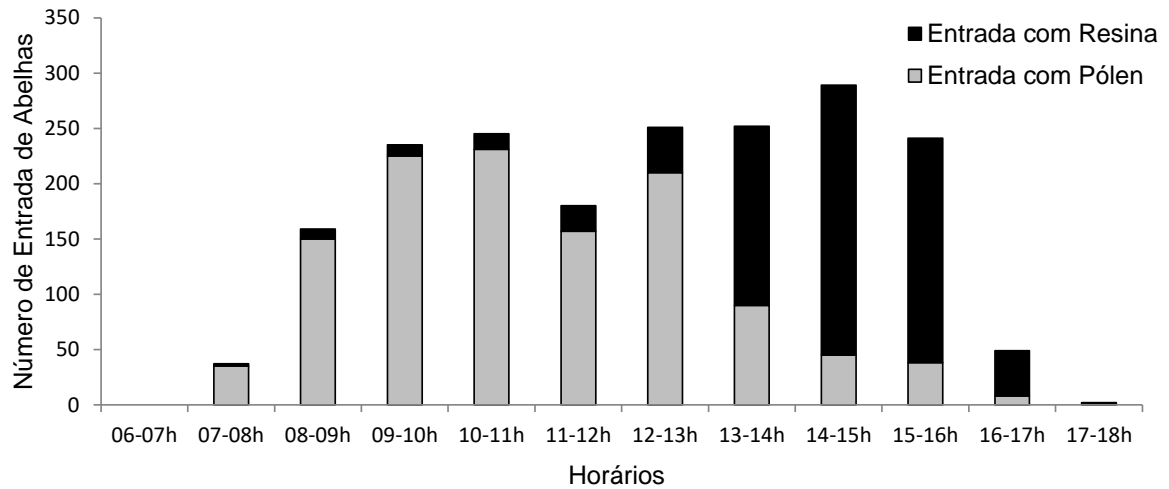


Figura 14. Frequência de entradas de fêmeas de *Epanthidium tigrinum* (n= 6) com pólen e resina em nove ninhos fundados na área experimental.

Espécies vegetais (S= 24) de nove famílias foram fontes potenciais de pólen e néctar para *E. tigrinum* na área experimental. Estas plantas têm antese floral diurna e 90% possuem síndrome melitófila (Tabela 3). Observações diretas de coleta de recursos foram feitas em flores de *Emilia sonchifolia* (L.) DC EX.Winght, *Ocimum basicum* L., *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth e *Triumfetta semitriloba* Jacq., onde fêmeas e machos coletaram pólen e néctar e se reproduziram durante o forrageamento.

Tabela 3. Fontes potenciais de recursos florais para *Epanthidium tigrinum* na área experimental, com seus respectivos recursos e horário de antese.

Família	Espécie	Origem ^{1,2}	Forma de Vida ^{1,2}	Recurso	Antese / Sistema de polinização
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	nativa	arbusto	pólen e néctar ^{2,3}	diurna / melitófila ^{1,3}
Asphodelaceae	<i>Bulbine frutescens</i> (L.) Willd.	exótica	erva	pólen ⁴	diurna ⁴
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC EX.Winght	nativa	erva	pólen e néctar ²	diurna / melitófila e psicófila ¹
	<i>Vernonanthura polyanthes</i> (Sprengel) Vega & Dematteis	nativa	arbusto	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp.	nativa	árvore	pólen e néctar ⁵	diurna / melitófila ⁵
	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	exótica	árvore	néctar ²	diurna / melitófila ¹
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	nativa	arbusto	pólen e néctar ⁹	diurna / melitófila ⁹
Fabaceae	<i>Arachis repens</i> Handro	nativa	erva	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Lamiaceae	<i>Ocimum basicum</i> L.	cultivada	arbusto	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	exótica	arbusto	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	nativa	árvore	pólen e óleo ^{2,6}	diurna / melitófila ^{2,6}
	<i>Malpighia</i> sp.	exótica	árvore	pólen e óleo ²	diurna / melitófila ¹
Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.	nativa	arbusto	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	nativa	arbusto	pólen ²	diurna / melitófila ¹
Moraceae	<i>Morus</i> sp.	exótica	árvore	pólen ⁹	diurna ⁹
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lank	cultivada	árvore	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	nativa	árvore	pólen ²	diurna / melitófila ¹
	<i>Syzygium</i> sp.	exótica	árvore	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Passifloraceae	<i>Passiflora alata</i> Curtis	nativa	arbusto	pólen e néctar ⁷	diurna / melitófila ⁷
	<i>Passiflora edulis</i> Sims.	cultivada	arbusto	pólen e néctar ⁸	diurna / melitófila ⁸
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	nativa	árvore	pólen e néctar ²	diurna / melitófila ¹
Portulacaceae	<i>Portulaca</i> sp.	nativa	erva	pólen ²	diurna / melitófila ¹
Rubiaceae	<i>Pentas lanceolata</i> (Forssk.) Deflers	cultivada	erva	néctar ²	diurna / ornitófila e psicófila ¹
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	nativa	arbusto	néctar ²	diurna / psicófila ¹

Listagem das citações: 1- FloraBrasil, 2019; 2- RCPol, 2016; 3- Cesário & Gaglianone, 2008; 4- Carvalho & Marchini, 1999; 5- Gibbs & Bianchi, 1999; 6- Menezes, 2011; 7- Costa *et al.*, 2009; 8- Benevides *et al.*, 2009; 9- Observação Pessoal.

4. Discussão

As características analisadas da dinâmica populacional e da biologia de nidificação de *E. tigrinum* permitem caracterizar esta espécie como promissora para o manejo e criação visando o aumento da população em áreas de interesse e a polinização. Estas características incluem sucesso de transferência de adultos e de manutenção de sua população, pouca exigência por locais de nidificação e por substratos utilizados, reuso de materiais de construção e de ninhos e baixo parasitismo em situação experimental.

Embora este estudo tenha ocorrido em um período curto para descrição do comportamento de nidificação de *E. tigrinum* (maio a outubro), Silva-Junior (2008) e Silva-Neto (2008) amostraram ninhos e visitantes florais desta espécie ao longo dos anos na mesma área de estudo. Estes dados indicam a ausência de sazonalidade da espécie, conforme relatado em outros estudos (**Capítulo 1**; Gomes, 2016).

Neste estudo, a permanência de *E. tigrinum* (24,8%) foi avaliada para fêmeas e machos introduzidos na área experimental e que foram observados em comportamentos de nidificação e forrageamento. O conhecimento da permanência de indivíduos introduzidos não é relatado em trabalhos sobre manejo de abelhas. Pereira (2002), Chaves-Alves (2009), Junqueira *et al.* (2012) e Bernardino & Gaglianone (2013) observaram taxa de permanência acima de 50% para abelhas do gênero *Xylocopa*, porém estes estudos avaliaram a permanência de abelhas a partir da transferência de ninhos. Em ninhos previamente ocupados pela abelha, a permanência dos indivíduos é maior podendo ser devido tanto pelo investimento energético gasto na construção e provisionamento das células de cria (Strohm & Linsenmair, 2000) quanto pelas informações visuais e químicas utilizadas para reconhecimento e localização de seus ninhos (Fauria & Campan, 1998).

Apesar da baixa porcentagem de fêmeas que permaneceu na área, os ninhos fundados por elas contribuíram para a atração de outras fêmeas, aumentando em 160% a população na área experimental no período de quatro meses. Isso significa que com uma população inicial introduzida, 11 fêmeas nidificaram na área no decorrer de seis meses e a população na área experimental totalizou 29 indivíduos. Este incremento de ninhos ocupados pode ter sido beneficiado pela atração da população de *E. tigrinum* existente na área experimental e pelos emergentes dos ninhos das fêmeas que foram introduzidos. Neste último caso, o comportamento filopátrico, característico de espécies de abelhas solitárias, no qual os emergentes

tendem a nidificar próximos aos ninhos maternos, pode ter influenciado o seu incremento (Antonini *et al.*, 2000; Camillo, 2003; Junqueira & Augusto, 2017). Este incremento observado para *E. tigrinum* foi maior comparado a estudos de outras abelhas solitárias, onde Oliveira-Filho e Freitas (2003) e Junqueira e Augusto (2017) observaram acréscimos de cerca de 30 a 100% para abelhas do gênero *Xylocopa*.

A curva de sobrevivência obtida neste estudo representa uma população com baixa taxa de mortalidade dos adultos no início da vida e alta mortalidade na idade mais avançada. As causas de morte não puderam ser identificadas, mas predadores (formigas) e parasitas (Anthracinae, Bombyliidae) foram raros. Outro estudo realizado em ambiente urbanizado com a mesma espécie (Gomes, 2016) não detectou a presença de parasitas.

A construção de ninhos em cavidades de bambu e de cartolina preta e em diferentes diâmetros e comprimentos foi observada por Mesquita (2009) no cerrado, sugerindo alta plasticidade desta espécie para utilização de ninhos-armadilha para nidificação. Entretanto, no presente estudo, as abelhas nidificaram apenas em ninhos-armadilha de bambu, mesmo tendo sido disponibilizado também ninhos de cartolina preta.

O maior número de células construídas por ninho de *E. tigrinum* observado neste estudo, corrobora com os dados de Gomes (2016) e é maior comparado aos resultados de Mesquita (2009) e Miashike (2010) para a mesma espécie e de Marinho *et al.* (2018) para outras espécies de Megachilidae. A disposição das células nos ninhos difere em cavidades de maior (células sobrepostas) ou menor diâmetro (células lineares), além disso, houve uma relação positiva entre o número de células construídas por ninho e o diâmetro dos ninhos-armadilha.

O uso de resina vegetal na construção de ninhos de *E. tigrinum* é característico da tribo Anthidiini (Krombein, 1967; Michener, 2007), cujo material possui potencial hidrofóbico, antimicrobiano e repelente de insetos (Ghisalberti, 1979). Observações no presente trabalho expandem o conhecimento sobre os materiais de construção para essa espécie de abelha visto que as fêmeas utilizaram também botões florais e fibras vegetais junto à resina na construção dos ninhos. Além disso, essas abelhas foram observadas recolhendo resina de ninhos coespecíficos e de outras espécies como *Euglossa* sp. e *T. angustula* existentes na área experimental para reaproveitamento em seus ninhos. Este reaproveitamento de resina de outras abelhas já foi relatado por Gomes (2016).

O padrão diário de coleta de recursos florais é semelhante aos resultados observados por Gomes (2016), com a coleta de pólen principalmente no período da manhã e a coleta de resina à tarde. O mesmo autor sugere também que a preferência da coleta de resina à tarde é justificada por este recurso se tornar mais maleável no período da tarde, que são as horas mais quentes do dia.

As observações de *E. tigrinum* em visita às flores indicaram interação com as espécies *Emilia sonchifolia* (Asteraceae), *Ocimum basicum* (Lamiaceae), *Tecoma stans* (Bignoniaceae) e *Triumfetta semitriloba* (Malvaceae). Essas famílias de plantas já foram relatadas como frequentes em inventários de Anthidiini realizados no Brasil (Alves dos Santos, 2004; Freitas & Pereira, 2004; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005; Gomes, 2016). Contudo, estudos de análise polínica das escopas e do material de provisionamento dos ninhos e testes de eficiência de polinização podem fornecer informações mais robustas sobre sua interação com as plantas em áreas de Mata Atlântica. Neste estudo, não foi observada nenhuma espécie de planta com disponibilidade de resina na área experimental e seriam necessários outros estudos para avaliar as fontes deste recurso. A abundância de ninhos de *E. tigrinum* certamente poderia ser aumentada com a disponibilidade de fontes de resina.

Diante dos aspectos discutidos da dinâmica populacional e da biologia de nidificação de *E. tigrinum*, diversos fatores favorecem o uso da espécie quanto ao seu potencial de manejo. *E. tigrinum* se destaca para manejo no aspecto de sua ausência de sazonalidade de nidificação, visto que a maioria dos estudos observou uma variação sazonal de nidificação de outras espécies da tribo Anthidiini e Megachilini (Alves-dos-Santos, 2004; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005; Cardoso & Silveira, 2011; Teixeira *et al.*, 2011; Marques & Gaglianone, 2013; Mello, 2014; Marinho *et al.*, 2018). O expressivo aumento populacional observado a partir da transferência de abelhas para a área, indica que a introdução de abelhas adultas ou de ninhos de *E. tigrinum* em configuração espacial agregada, como no rancho de criação, pode ser uma prática efetiva para o aumento da população de *E. tigrinum* a médio prazo.

A ampla ocupação observada das cavidades artificiais (diâmetros e substratos ocupados) demonstra o sucesso de atração dessa espécie e seu potencial para manejo em ambientes florestais e antropizados (Freitas & Oliveira-Filho, 2001; Pereira, 2002; Camillo, 2003; Chaves-Alves, 2005). Desse modo, a frequência de substratos com diâmetros variados pode aumentar a população desta espécie.

O uso de resina de ninhos de outras espécies e até mesmo da mesma espécie, é vantajoso no aspecto do manejo para o aumento da população desta espécie, visto que é menos gasto energético para voar longe à procura de resina e ocorre um reaproveitamento do material utilizado na área experimental utilizada para nidificação. Gomes (2016) observou a reutilização da resina de ninhos da própria espécie de *E. tigrinum* e recomendou a inserção de resina (oriunda de ninhos de Meliponina) no entorno dos ninhos-armadilha, para que este recurso esteja acessível e de fácil coleta, ampliando seus recursos de construção de ninhos e facilitando a manutenção de suas populações em áreas de interesse.

As plantas visitadas por *E. tigrinum* podem evidenciar a importância de potencial em sua polinização e reprodução. O conhecimento das fontes de recursos florais dessas abelhas pode ser utilizado como indicador de plantas nativas ou agrícolas de importância ecológica e econômica visitadas e, potencialmente, polinizadas por essas abelhas. De acordo com Gressler *et al.* (2006) e Gomes (2016), *E. tigrinum* é generalista. Em cultivos agrícolas, esta espécie é citada como visitante floral de caju *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae) (Freitas *et al.*, 2014) e goiaba *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) (Boti *et al.*, 2005). Porém, existe a necessidade de estudar o papel dessa abelha como agente polinizador efetivo dessas espécies de plantas.

Em conclusão, nossos resultados sugerem que *E. tigrinum* pode ser manejada de forma satisfatória, a partir da criação racional através do uso e transferência de ninhos-armadilha ou abelhas adultas em ranchos de criação para a manutenção desta espécie em áreas de interesse. O comportamento descrito e discutido sobre sua biologia de nidificação como uso de substratos de tipos e tamanhos variados, reuso de materiais de construção e de ninhos, baixa taxa de parasitismo, inexistência de sazonalidade para *E. tigrinum* podem constituir um delineamento de critérios adequados de manejo com o objetivo de manter e incrementar suas populações em áreas de interesse.

5. Referências

- Alves-dos-Santos, I. 2004. Biologia de nidificação de *Anthodiocetes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4): 739-744.
- Alves, J.E. & Freitas, B.M. 2006. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 37(2): 216-220.
- Andrikopoulos, C.J. 2018. Comparative *Pollination Efficacies of Bees on Raspberry and the Management of Osmia lignaria for Late Blooming Crops*. Thesis (Master of Science in Biology), Utah State University, Logan-Utah, 137p.
- Antonini, Y.; Jacobi, C.M. & Martins, R.P. 2000. Phylopatry in the Neotropical ground-nesting solitary digger bee, *Diadasina distincta* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera: Apidae) at a nesting site in Southeastern Brazil. *Revista de Etologia*, 2: 11-119.
- Benevides, C.R.; Gaglianone, M.C. & Hoffmann, M. 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(3): 415-421.
- Bernardino, A.S. & Gaglianone, M.C. 2013. Comparisons in nesting biology of two sympatric carpenter bee species (Apidae: Xylocopini). *Journal of Natural History*, 1-19.
- BDMEP. 2019. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.
- Bosch, J. & Kemp, W.P. 2001. *How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator*. Sustainable Agriculture Network, National Agricultural Library; Beltsville, MD, USA. 88 p.
- Bosch, J.; Sgolastra, F. & Kemp, W.P. 2008. Life cycle ecophysiology of *Osmia* mason bees used as crop pollinators. pp. 83-104. In: *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*, James, R.R. & Pitts-Singer, T.L. (eds.), Oxford: Oxford University Press.

- Boti, J.B.; Campos, L.A.O.; Junior, P.M. & Vieira, M.F. 2005. Influência da distância de fragmentos florestais na polinização da goiabeira. *Revista Ceres*, 52(304): 863-874.
- Boyle, N.K. & Pitts-Singer, T.L. 2017. The effect of nest box distribution on sustainable propagation of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in commercial tart cherry orchards. *Journal of Insect Science*, 17(2).
- Buschini, M.L.T.; Rigon, J. & Cordeiro, J. 2009. Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 1187-1194.
- Camarotti-de-Lima, M.F & Martins, C.F. 2005. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotropical Entomology*, 34(3): 375-380.
- Camillo, E. 2003. *Polinização de maracujá*. Ribeirão Preto: Holos Editora.
- Cardoso, C & Silveira, F. 2011. Nesting biology of two species of *Megachile (Moureapis)* (Hymenoptera: Megachilidae) in a semideciduous forest reserve in southeastern Brazil. *Apidologie*, 43(1): 71-81.
- Carvalho, C.A.L. & Marchini, L.C. 1999. Tipos polínicos coletados por *Nannotrigona testaceicornis* e *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Scientia Agricola*, 56(3): 1-6.
- Chaves-Alves, T.M. 2005. *Distribuição espacial de ninhos e recursos ecológicos utilizados por Xylocopa spp. (Hymenoptera, Apidae) em ambiente urbano, Uberlândia-MG, Brasil*. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.
- Cesário, L.F. & Gaglianone, M.C. 2008. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3): 828-833.
- Chaves-Alves, T.M. 2009. *Nidificação de Xylocopa spp. (Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha em áreas de cerrado do triângulo mineiro*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. 48p.

- Cilla, G. & Rolón G. 2012. Nidificación de Abejas Silvestres em Edificaciones en Tierra em la Provincia de La Rioja. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. *Huayllu-Bios*, 6: 73-88.
- Costa, R.S.; Mõro, F.V. & Oliveira, J.C. 2009. Influência do momento de coleta sobre a viabilidade de grão de pólen em maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(4): 956-961.
- Fauria, K. & Campan, R. 1998. Do solitary bees *Osmia cornuta* Latr. and *Osmia lignaria* Cresson use proximal visual cues to localize their nest? *Journal of Insect Behavior*, 11: 649e669.
- Ferreira, P.A.; Boscolo, D.; Carvalheiro, L.G.; Biesmeijer, J.C.; Rocha, P.L.B. & Viana, B.F. 2015. Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. *Landscape Ecology*, 30(10): 2067-2078.
- FloraBrasil. 2019. *Flora do Brasil 2020*. Disponível em: [www.http://floradobrasil.jbrj.gov.br/](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/). Acesso em: 15 jan. 2019.
- Frankie, G.W.; Thorp, R.W.; Newstrom-Lloyd, L.E.; Rizzardi, M.A.; Barthell, J.F.; Griswold, T.L.; Kim, J.Y. & Kappagoda, S. 1998. Monitoring solitary bees in modified wildland habitats: implications for bee ecology and conservation. *Environmental Entomology*, 27:1137-1148.
- Freitas, B.M. & Oliveira-Filho J.H. 2001. *Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas*. Fortaleza : Banco do Nordeste, 2001. 96p.
- Freitas, B.F. & Pereira, J.O. 2004. *Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária. 285p.
- Freitas, B.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Medina, L.M.; Kleinert, A.M.P.; Galetto, L.; Nates-Parra, G. & Quezada-Eu´Na, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40: 332-346.
- Garibaldi, L.A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M.A.; Bommarco, R.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Carvalheiro, L.G.; Harder, L.D.; Afik, O.; Bartomeus, I.; Benjamin, F.; Boreux, V.; Cariveau, D.; Chacoff, N.P.; Dudenhöffer, J.H.; Freitas, B.M.; Ghazoul, J.; Greenleaf, S.; Juliana Hipólito, J.; Holzschuh, A.; Howlett, B.; Isaacs, R.; Javorek, S.K.; Kennedy, C.M.; Krewenka, K.M.; Krishnan, S.; Mandelik, Y.; Mayfield, M.M.; Motzke, I.; Munyuli, T.; Nault, B.A.; Otieno, M.; Petersen, J.; Pisanty, G.; Potts, S.G.; Rader, R.;

- Ricketts, T.H.; Rundlöf, M.; Seymour, C.L.; Schüepp, C.; Szentgyörgyi, H.; Taki, H.; Tscharntke, T.; Vergara, C.H.; Viana, B.F.; Wanger, T.C.; Westphal, C.; Williams, N.; Klein, A.M. 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 339(6127): 1608-1611.
- Garibaldi, L.A.; Carvalheiro, L.G.; Vaissière, B.E.; Gemmill-Herren, B.; Hipólito, J.; Freitas, B.M.; Ngo, H.T.; Azzu, N.; Sáez, A.; Åström, J.; Jiandong, A.N.; Blochtein, B.; Buchori, D.; García, F.J.C.; Silva, F.O.; Devkota, K.; Ribeiro, M.F.; Freitas, L.; Gaglianone, M.C.; Goss, M.; Irshad, M.; Kasina, M.; Pacheco Filho, A.J.S.; Kiill, L.H.P.; Kwapong, P.; Nates Parra, G.; Pires, C.; Pires, V.; Rawal, R.S.; Rizali, A.; Saraiva, A.M.; Veldtman, R.; Viana, B.F.; Witter, S.; Zhang, H. 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351 (6271): 388-391.
- Garófalo, C.A.; Martins, C.F. & Alves-dos-Santos, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p.77-84. *In*: Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 285p.
- Garrat, M.P.D.; Breeze, T.D.; Jenner, N.; Polce, C.; Biesmeijer, J.C. & Potts, S.G. 2014. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184: 34-40.
- Genersch, E.; Evans, J.D. & Fries, I. 2010. Honey bee disease overview. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: S2-S4.
- Ghisalberti, E.L. 1979. *Própolis: a review*. *Bee World*, Cardiff, 60: 59-84.
- Gibbs, P.E. & Bianchi, M.B. 1999. Does late-acting self-incompatibility (LSI) show family clustering? Two more species of Bignoniaceae with LSI: *Dolichandra cynanchoides* and *Tabebuia nodosa*. *Annals of Botany*, 84: 449-457.
- Gomes, A.M.S. 2016. *Bionomia e comportamento de nidificação da abelha Epanthidium tigrinum (Hymenoptera - Megachilidae) em ninhos-armadilha*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará. 54p.
- Gressler, E.; Pizo, M.A. & Morellato, L.P.C. 2006. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(4): 509-530.

- Hogendoorn, K.; Bartholomaeus, F. & Keller, M.A. 2010. Chemical and sensory comparison of tomatoes pollinated by bees and by a pollination wand. *Journal of Economic Entomology*, 103(4): 1286-1292.
- Imperatriz-Fonseca, V.L.; Gonçalves, L.S.; Jong, D.; Freitas, B.M.; Castro, M.S.; Alves dos Santos, I. & Venturieri, G.C. 2005. *Abelhas e desenvolvimento rural no brasil*. In: Mensagem Doce. Disponível em: <http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/abelhas1.htm>. 2005. Acesso em: 05 jan 2019.
- IPBES, 2016. *Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Germany: Secretariat of IPBES, 30p.
- Junqueira, C.N.; Hogendoorn, K. & Augusto, S.C. 2012. The use of trap-nests to manage carpenter bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), pollinators of passion fruit (Passifloraceae: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Annals of the Entomological Society of America*, 105: 884-889.
- Junqueira, C.N. & Augusto, S.C. 2017. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. *Apidologie*, 48:131-140.
- Koh, I.; Lonsdorf, E.V.; Williams, N.M.; Brittain, C.; Isaacs, R.; Gibbs, J. & Ricketts, T.H.. 2016. Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113:140-145.
- Krombein, K.V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests and associates*. Washington: Smithsonian Press, 570p.
- Mader, E.; Spivak, M. & Evans, E. 2010. *Managing Alternative Pollinators: A Handbook for Beekeepers, Growers, and Conservationists*. New York: SARE and NRAES, 162p.
- Marques, M.F. & Gaglianone, M.C. 2013. Biologia de nidificação e variação altitudinal na abundância de *Megachile (Melanosarus) nigripennis* Spinola (Hymenoptera, Megachilidae) em um inselbergue na Mata Atlântica, Rio De Janeiro. *Bioscience Journal*, 29(1): 198-208.

- Marinho, D.; Muniz, D.B. & Azevedo, G.G. 2018. Nesting biology of three *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae) species from Eastern Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 62: 97-106.
- Mello, B.N.S. 2014. *Nicho de abelhas Megachilidae (Hymenoptera, Apidae) em floresta ombrófila na Mata Atlântica: dinâmica temporal, relações tróficas e uso de recursos de nidificação*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 78p.
- Menezes, G.B. 2011. *Abelhas coletoras de óleos florais na Reserva Biológica União-RJ: composição e diversidade de espécies, nidificação em ninhos-armadilha e utilização de fontes polínicas*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 85p.
- Mesquita, T.M.S. 2009. *Diversidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em ninhos-armadilha em áreas de Cerrado, MG*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. 43p.
- Miashike, R.L. 2010. *Inventário de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) com o auxílio de ninhos-armadilha no campus da UNESP de Rio Claro - SP*. Monografia (Graduação em Ecologia), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro-SP. 50p.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*, 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 992p.
- Ollerton, J.; Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321-326.
- Oliveira-Filho, J.H.O. & 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, M.O. 2015. Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. *ACTA Apicola Brasilica*, 3(2): 1-6.
- Parizotto, D.R. 2011. *Filogenia dos Anthidiini Neotropicais (Apidae, Megachilinae)*. Tese (Doutorado em Entomologia), Universidade Federal do Paraná. 131p.

- Pereira, M. 2002. *Biologia de nidificação de Xylocopa frontalis e Xylocopa grisescens (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos armadilha*. Tese (Doutorado), Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, USP, Ribeirão Preto-SP.
- Pitts-Singer, T.L. 2013. Intended Release and Actual Retention of Alfalfa Leafcutting Bees (Hymenoptera: Megachilidae) for Pollination in Commercial Alfalfa Seed Fields. *Journal of Economic Entomology*, 106(2): 576-586.
- Pitts-Singer, T.L. & Cane, J.H. 2011. The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, 56: 221-237.
- Potts, S.G.; Biesmeijer, J.C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 345-353.
- RCPol. 2016. *Rede de Catálogos Polínicos online*. Coordenado por Antonio Mauro Saraiva e Cláudia Inês da Silva - USP. Disponível em: <<http://chaves.rcpol.org.br/>>. Acesso em: 05 jan 2019.
- Richards, A.J. 2001. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*, 88: 165-172.
- Ricklefs, R & Relyea, R. 2018. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 606p.
- Santos, A.M. & Garófalo, C.A. 2006. *Biologia da Nidificação de Epanthidium tigrinum (Hymenoptera, Megachilidae) em Ninhos Armadilha*. In: 14º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP SIICUSP, Ribeirão Preto.
- Sheffield, C.S. 2014. Pollination, Seed Set And Fruit Quality In Apple: Studies With *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) In The Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *Journal of Pollination Ecology*, 12(13): 120-128.
- Sedivy, C. & Dorn, S. 2014. Towards a sustainable management of bees of the subgenus *Osmia* (Megachilidae; *Osmia*) as fruit tree pollinators. *Apidologie*, 45: 88-105.
- Silva-Júnior, J.L.P. 2008. *Nidificação de abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) em ninhos-armadilha em uma área antrópica em Campos dos Goytacazes, RJ*. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). UENF, Campos dos Goytacazes-RJ. 78p.

- Silva-Neto, J.M. 2008. *Comunidade de abelhas (Hymenoptera; Apidae) e principais fontes de recursos florais no campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ*. Monografia. (Graduação em Ciências Biológicas). UENF, Campos dos Goytacazes-RJ. 39p.
- Silveira, F.A.; Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 253p.
- Staab, G.P.; Tschardtke, T. & Klein, A.M. 2018. Trap nests for bees and wasps to analyse trophic interactions in changing environments - a systematic overview and user guide. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 2226-2239.
- Steffan-Dewenter, I; & Westphal, C. 2008. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, 45(3): 737-741.
- Strohm, E. & Linsenmair, K.E. 2000. Allocation of parental investment among individual offspring in the European beewolf *Philantus triangulum* F. (Hymenoptera: Sphecidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 69: 173-192.
- Teixeira, F.M.; Schwartz, T.A.C. & Gaglianone, M.C. 2011. Biologia de nidificação de *Megachile (Moureapis) benigna* Mitchell. *EntomoBrasilis*, 4(3): 92-99.
- Vicens, N. & Bosch, J. 2000. Weather-Dependent Pollinator Activity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29(3): 413-420.
- Vilhena, A.M.G.F.; Rabelo, L.S.; Bastos, E.M.A.F. & Augusto, S.C. 2012. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. *Apidologie*, 4: 51-62.
- Watanabe, M.E. 2008. Colony collapse disorder: many suspects, no smoking gun. *BioScience*, 58(5), 384-388.
- Yamamoto, M.; Barbosa, A.A.A. & Oliveira, P.E.A.M. 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: 174-192.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de informações obtidas nesse trabalho contribuiu para a análise e avaliação das características favoráveis ao manejo de abelhas Megachilidae, onde diversos critérios foram selecionados para orientação na seleção de espécies potenciais para manejo. A capacidade de descrever e de relacionar o desempenho de cada espécie com base em seus aspectos de biologia de nidificação configura uma importante ferramenta para o delineamento de estratégias apropriadas para promover um incremento na densidade desses polinizadores nas áreas de interesse.

A indicação para potencial de manejo de *Epanthidium tigrinum* com base na comparação da biologia de nidificação de espécies de Megachilidae amostradas neste estudo (**Capítulo 1**), corrobora com os resultados verificados em relação às características favoráveis envolvidas nos aspectos populacionais e comportamentais dessa espécie (**Capítulo 2**). A partir da descrição e avaliação desses critérios, o potencial para manejo de *Epanthidium tigrinum* é demonstrado pela alta atratividade em ninhos-armadilha, aumento populacional a partir de fêmeas transferidas, ausência de sazonalidade e baixa taxa de parasitismo.

Desta forma, o desenvolvimento, aperfeiçoamento e aplicação de técnicas de manejo de abelhas nativas solitárias, a fim de garantir a polinização, de manter a biodiversidade em comunidades naturais e auxiliar na produtividade agrícola, poderá beneficiar a conservação dos polinizadores nativos em diversos habitats. Estudos futuros devem proceder de forma a compreender o nicho trófico dessas abelhas, além de seu potencial de polinização, principalmente de *Epanthidium tigrinum*, em plantas de interesse para áreas nativas e agrícolas.